

# Projet Glâne

—

## Rapport final 2015–2018



ETAT DE FRIBOURG  
STAAT FREIBURG

Service des forêts et de la nature SFN  
Amt für Wald und Natur WNA



La Maison  
de la Rivière

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève



—  
Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts DIAF  
Direktion der Institutionen und der Land- und Forstwirtschaft ILFD

---

# Impressum

---

## **Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts DIAF**

Juin 2019

---

## **Editeur**

Service des forêts et de la nature **SFN**

Rte du Mont Carmel 1

Case postale 155

1762 Givisiez

---

## **Auteurs:**

hepia

Jean-François Rubin, La Maison de la Rivière

Aurélié Rubin, La Maison de la Rivière

Sébastien Lauper, Service des forêts et de la nature **SFN**

---

## **Mise en page et relecture**

Pierrette Baeriswyl **SFN**

---

## **Photos**

La Maison de la Rivière

---

## **Copyright**

Service des forêts et de la nature **SFN**

---

## **Remerciements**

Nous remercions vivement toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, nous ont aidés et soutenus lors de ce projet:

- > les gardes-faune
- > les sociétés de pêche
- > Adrian Aebischer, Gérard Andrey, Pierrette Baeriswyl, Pierre-Alain Bossy, Martina Breitenstein, Damien Robert Charrue, Sylvain Chartier, André Fragnière, Georges et l'équipe du WAM, Julien Girardier, Sandra Lepori, La Maison de la Rivière et son équipe, Eric Margueron, Marc Mettraux, Regina Monney, Valentin Moulin, Caterina Penone, Sébastien Péquegnat, Elias Pesenti, Michel Pharisa, René Progin, Pascale Ribordy, Michel Roch, Olivier Rosset, Léo Sapia, Tabea Schutter, Michel Spicher, Pascal Sonnenwyl, Jean-Daniel Wicky...  
et ceux et celles que nous aurions oubliés.

---

# Table des matières

---

<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>
1.1 Contexte administratif	5
1.2 Contexte scientifique	5
1.3 Objectifs de l'étude	7
<hr/>	
<b>2. Matériel et méthodes</b>	<b>9</b>
2.1 Description de la rivière	9
2.1.1 La rivière en général	9
2.1.2 Ecomorphologie	10
2.1.3 Qualité physico-chimique de l'eau	12
2.1.4 Pollutions	13
2.1.6 Pêche	14
2.2 Secteurs d'étude	16
2.2.1 Localisation	16
2.2.2 Capacité d'habitats	21
2.2.3 Température	22
2.3 Qualité biologique	23
2.3.1 Prélèvements IBCH	23
2.4 Suivi piscicole	23
2.4.1 Pêches électriques	23
2.4.2 Biométrie	25
2.4.3 Densité de truites	25
2.5 Marquage	26
2.5.1 Types de marquage	27
2.5.2 Choix du marquage	27
2.5.3 Nombre	27
2.5.4 Processus de marquage par PIT Tag	29
2.5.5 Lot témoin	34
2.5.6 Tracking mobile	35
2.6 Détermination d'âge	37
2.7 Etude de la maladie rénale proliférative (MRP)	39
<hr/>	
<b>3. Résultats</b>	<b>41</b>
3.1 Qualité de l'environnement de la rivière	41
3.1.1 Habitat	41
3.1.2 Température	42
3.1.3 IBCH	46
3.1.4 Biomasse des macroinvertébrés	47
3.1.5 Synthèse qualité de l'environnement	50
3.2 Suivi piscicole	51
3.2.1 Inventaires par pêches électriques	51
Salmonidés	53
Cyprinidés	54
Autres familles	54

---

3.2.2	Peuplement de truites	54
	Histogrammes	54
	Détermination de l'âge des truites et croissance	54
	Densité de truites	57
3.3	Repeuplement	63
3.3.1	Lot témoin	63
	Mortalité	63
	Croissance	63
	Perte de marque	65
3.3.2	Marquage à la pisciculture	65
3.3.3	Recapture des poissons marqués	66
3.3.4	Efficacité du repeuplement	68
	Situation une année après l'alevinage	68
	Situation deux ans après l'alevinage	69
3.3.5	Comparaison de la longueur des poissons natifs et alevinés	71
3.4	Tracking mobile	73
3.5	Maladie rénale proliférative (MRP)	74
<hr/>		
<b>4.</b>	<b>Discussion</b>	<b>76</b>
4.1	Qualité de l'eau et de l'habitat	76
4.2	Suivi piscicole	76
	4.2.1 Peuplement et captures d'ombres de rivière	76
	4.2.2 Captures de truites	79
	4.2.3 Détermination de l'âge	80
	4.2.4 Densité des populations de truites	81
	4.2.5 Repeuplement	82
	Taux de recapture	82
	Part de poissons alevinés dans la population et croissance	83
	4.2.6 Maladie rénale proliférative	84
<hr/>		
<b>5.</b>	<b>Conclusions et perspectives</b>	<b>85</b>
5.1	Aspects environnementaux de la Glâne	85
5.2	Population piscicole	86
	5.2.1 Ombre de rivière	86
	5.2.2 Autres espèces	86
	5.2.3 Population de truites	86
	5.2.4 Repeuplement	87
<hr/>		
<b>6.</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>89</b>
<hr/>		
<b>7.</b>	<b>Annexes</b>	<b>92</b>
<hr/>		

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte administratif

En 2015, le Service des forêts et de la nature (anciennement le Service des forêts et de la faune) du canton de Fribourg a mandaté hepia et la Fondation de la Maison de la Rivière afin d'effectuer une étude sur le peuplement piscicole et une évaluation du succès de l'alevinage et de la reproduction naturelle de la Glâne, une des rivières majeures du canton de Fribourg. Le présent rapport fait état de l'étude sur une durée de quatre ans (2015 / 2016 / 2017 / 2018) qui a compris quatre campagnes de pêches électriques, deux sessions de marquage et trois campagnes de tracking mobile, permettant ainsi le suivi des poissons marqués en 2015 et 2016.

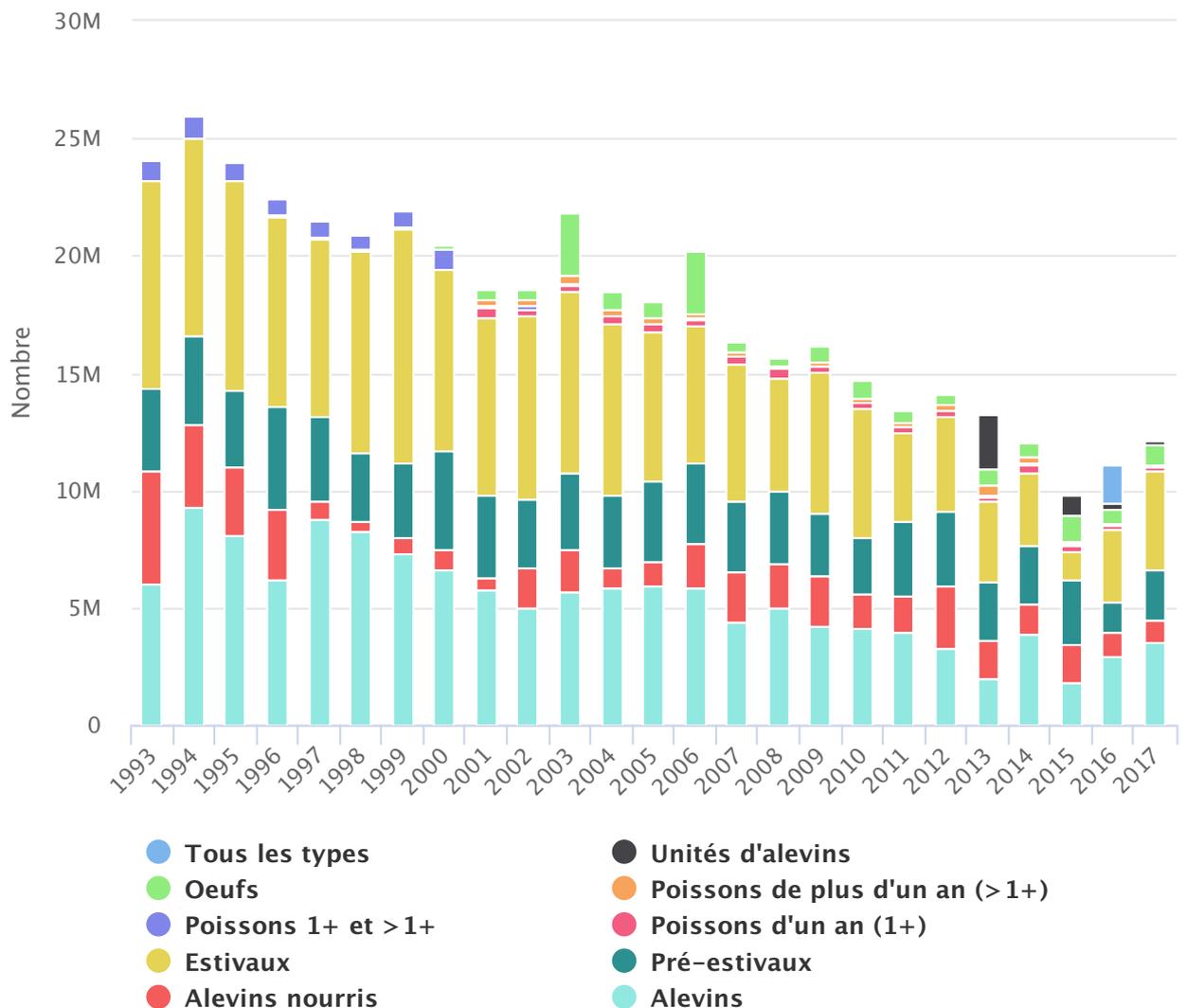


Fig. 1: Evolution des mises à l'eau de truites en Suisse (OFEV, section des Milieux aquatiques, 2019)

---

## 1.2 Contexte scientifique

—

Depuis de nombreuses années, des poissons élevés en pisciculture sont remis à l'eau dans les rivières, souvent sans que la question de la nécessité écologique de cette pratique ne soit réellement considérée. Dès lors, des plans de repeuplement sont en vigueur dans la plupart des cantons suisses, visant à déverser de nombreux poissons dans les cours d'eau, la plupart du temps sans déterminer réellement l'état de la population sauvage, ni l'efficacité de telles actions.

Même si l'on observe une tendance à la baisse depuis quelques années, le nombre de truites, provenant de piscicultures et remises à l'eau annuellement dans les cours d'eau suisses reste néanmoins très élevé (fig. 1).

Bien que parfois nécessaires, après des pollutions par exemple, ces actions peuvent également être à minima inutiles s'il y a déjà suffisamment de poissons en place naturellement, soit même néfastes si les poissons mis à l'eau ont par exemple des caractéristiques génétiques différentes de la population sauvage (provenant d'un autre bassin versant p. ex.) et s'ils s'hybrident avec les individus sauvages (Bams 1966, Phillips et al. 1985, Berg and Jorgensen 1991, Hauser et al. 1991, Beaudou et al. 1993, Youngson et al. 1993, Beaudou et al. 1994, Largiadèr and Scholl 1995, Skaala et al. 1996, Almodovar et al. 2001, Gmünder 2002, Largiadèr and Hefti 2002, Ostergaard et al. 2003, Ayllon et al. 2004, Ruzzante et al. 2004).

Dès lors, des repeuplements non adaptés peuvent signifier une perte d'argent et/ou une mortalité inutile de poissons issus de pisciculture, non adaptés à un environnement peut-être déjà saturé et/ou une dérive génétique de la population sauvage. C'est pour ces raisons que les inspectorats de la pêche lancent maintenant, dans la plupart des cantons, des projets visant à déterminer si la politique de repeuplement telle que pratiquée actuellement est efficace, utile et nécessaire afin, si besoin est, d'ajuster celle-ci en fonction des résultats obtenus.

Ces ajustements peuvent parfois signifier l'arrêt du repeuplement là où la population sauvage est suffisante, ou l'accroissement de celui-ci dans des rivières où cela s'avère nécessaire (manque d'effectif sauvage), en attendant que les actions de renaturation permettent à nouveau aux peuplements piscicoles sauvages de se développer naturellement. Tous ces ajustements nécessitent *de facto* une bonne communication afin d'être bien compris par l'ensemble des acteurs impliqués.

---

Cependant, on ne peut pas tirer de généralités à partir des expériences précédentes réalisées ailleurs. En effet, chaque région, et *a fortiori* chaque rivière, est unique avec des conditions écologiques propres permettant ou non l'établissement à long terme d'une population sauvage de poissons. C'est la raison pour laquelle il est indispensable d'effectuer des recherches sur le terrain afin de définir pour chaque rivière des actions adaptées et spécifiques à chaque situation.

C'est dans ce sens par exemple que des études ont été menées dans le canton de Vaud (Richard et al. 2014). Sur la base de ces résultats notamment, le plan de repeuplement a été entièrement revu et adapté. Le présent projet vise à terme le même objectif dans le canton de Fribourg. C'est la raison pour laquelle une expérience pilote a été proposée sur la Glâne, une des rivières emblématiques du canton.

Par ailleurs, diverses observations démontrent que les populations naturelles de truites sont menacées en Suisse (Zimmerli et al. 2007). En effet, plusieurs hypothèses à ce déclin ont été formulées (Fischnetz 2004), dont la qualité de l'eau, la dégradation de l'habitat, l'augmentation de la température de l'eau ainsi que le développement de certaines maladies, comme la maladie rénale proliférative (ci-après MRP), mortelle pour les truites. Cette infection, dépendante de la température, semble, avec d'autres facteurs, à l'origine de la quasi disparition de nombreuses populations de truites, notamment dans le cours aval des rivières, occasionnant de ce fait une perte massive de biodiversité, ainsi que des impacts économiques (frais liés au repeuplement) et sociaux (perte de possibilité de pratiquer la pêche) importants. Aujourd'hui, la maladie est répandue dans toute la Suisse (Wahli et al. 2002, Hari et al. 2006, Schager et al. 2007, Wahli et al. 2007, Zimmerli et al. 2007, Burkhardt-Holm 2008), mais semble plus fréquente dans les endroits à haute température estivale, spécialement à basse altitude en dessous de 800 m (Hari et al. 2006).

Pour toutes ces raisons, des prélèvements de truites ont également été effectués lors des pêches électriques sur la Glâne, afin de déterminer si la MRP était présente et pourrait donc avoir un impact sur la dynamique des populations de truites ainsi que sur le succès de l'alevinage.

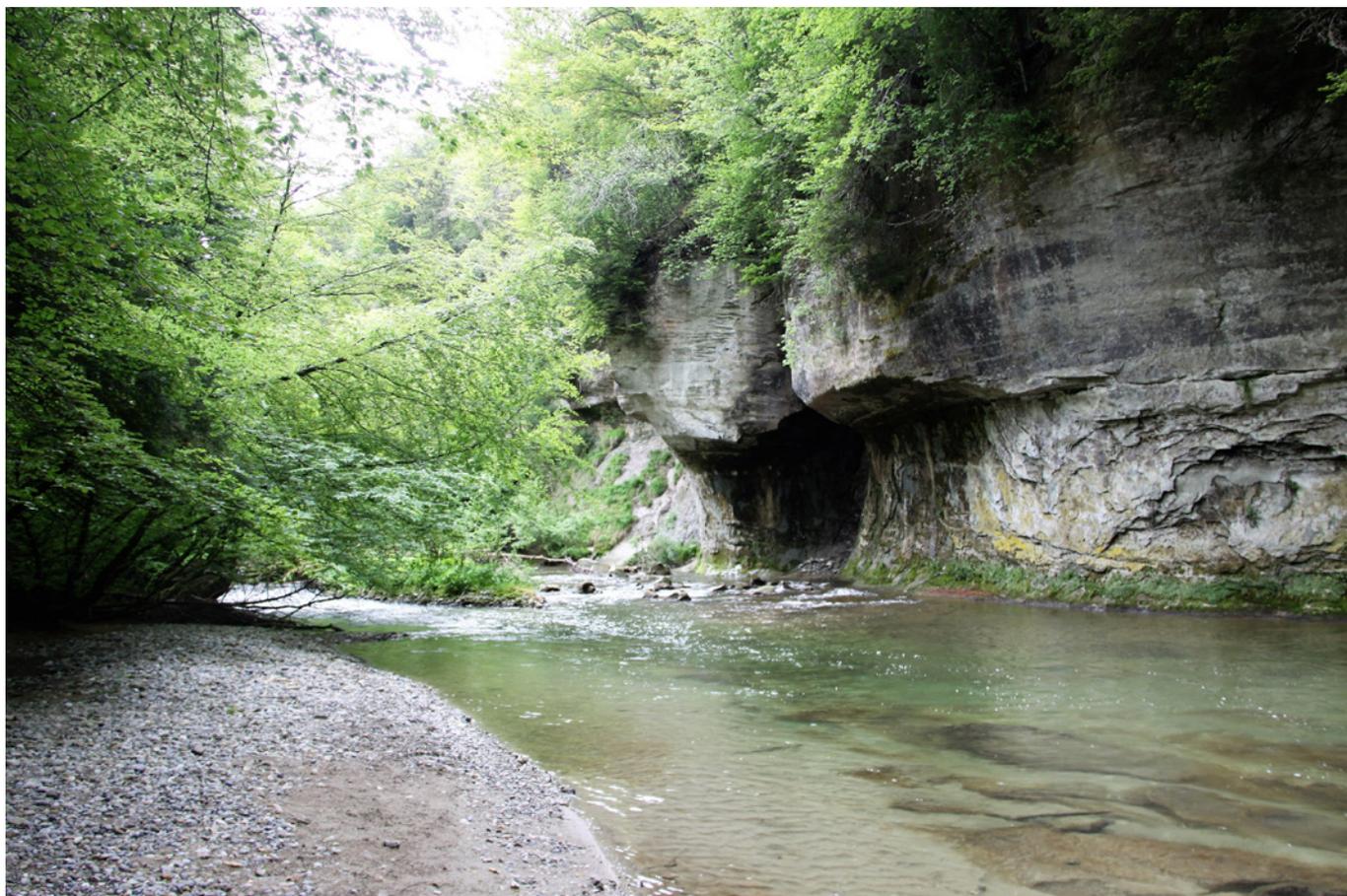
### 1.3 Objectifs de l'étude

Le présent projet a pour but de réaliser une étude sur les peuplements piscicoles de la Glâne et un suivi scientifique du succès de l'alevinage de la truite, *Salmo trutta* L. Cette étude détermine également le succès de reproduction naturelle de la truite en divers secteurs et permet de justifier, ou non, le repeuplement effectué. De plus, elle permet d'obtenir un état écologique du cours d'eau avant le rétablissement de la migration (création de passes à poissons) et les revitalisations planifiées. Finalement, l'étude démontre si la population piscicole de la Glâne s'est rétablie depuis la pollution de 2011.

---

L'étude doit spécifiquement répondre aux questions suivantes:

1. La structure des populations est-elle équilibrée?
2. Quelle est la dynamique de ces populations?
3. L'alevinage pratiqué actuellement est-il adapté à la Glâne ? Quelles propositions pour le futur?
4. Quel est le succès de la reproduction naturelle? Quelles sont les difficultés?
5. La Glâne s'est-elle rétablie depuis la pollution de mars 2011?
6. Quelle est l'influence des stations d'épuration sur les populations piscicoles de la Glâne?



## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Description de la rivière

#### 2.1.1 La rivière en général

La Glâne est une rivière fribourgeoise qui prend sa source sur la commune de « Le Flon » (alt. 845 m). Elle s'écoule sur 35 km et se jette dans la Sarine à Villars-sur-Glâne (alt. 560 m). La principale ville qui la côtoie est Romont (5200 habitants). Son bassin versant a une superficie de 195 km<sup>2</sup>. Le régime hydrologique de la Glâne est de type pluvial jurassien. Ses principaux affluents sont (fig. 2):

- > Le Fochau
- > Le Glaney
- > La Neirigue
- > Le ruisseau du Glèbe
- > La Longivue
- > Le ruisseau de Cottens
- > La Bagne

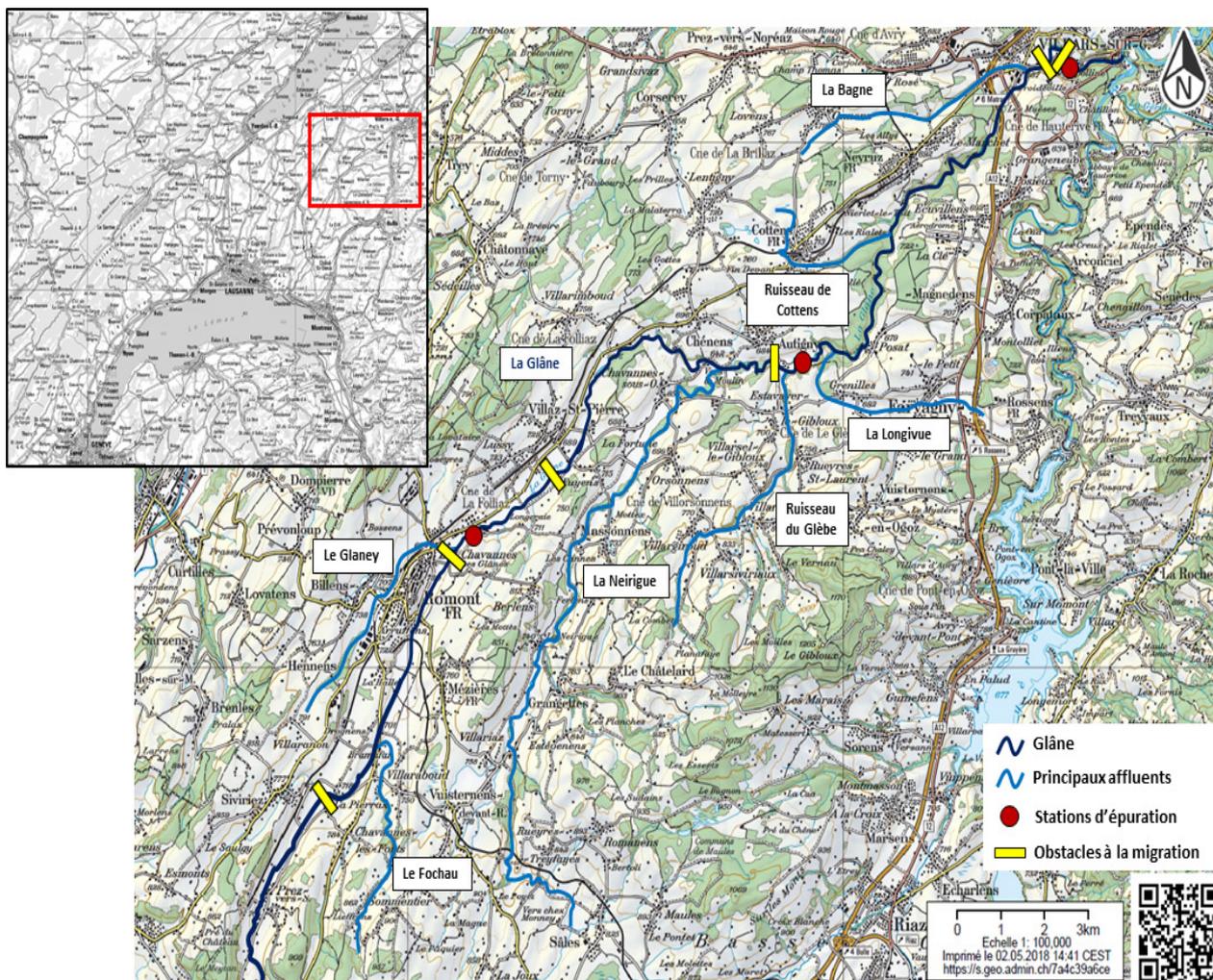


Fig. 2: Carte générale de la Glâne (source: map.geo.admin.ch)

---

Trois stations d'épuration rejettent leurs eaux après traitement dans la rivière: la STEP de Romont, d'Autigny et de Villars-sur-Glâne (fig. 2).

Six obstacles à la migration sont recensés sur la Glâne (La Pierraz, Fille-Dieu, Moulin Waeber, Moulin de Chavannes, Moulin Neuf et Matelec) (fig. 2). Le rétablissement de la migration dans la partie basse est une priorité au niveau cantonal. Les principaux obstacles sont situés proche de sa confluence avec la Sarine, à savoir le barrage de Matelec et celui de Moulin Neuf. Ces deux barrages déconnectent la Sarine de la Glâne. D'ailleurs, le frai d'une quinzaine d'ombres est observé chaque année en aval de ces barrages, alors qu'en amont ce poisson semble avoir disparu (Lauper, pers. comm.).

Certains affluents (la Bagne, le Glaney, le ruisseau de Ste-Anne à Romont) hébergent encore des écrevisses à pattes blanches *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet 1858) (Lauper, pers. comm.).

### 2.1.2 Ecomorphologie

Les données sur l'écomorphologie relevées selon la méthodologie du système modulaire gradué au niveau régional (OFEFP 1998) ont été fournies par le Service de l'environnement (SEn) de l'Etat de Fribourg (tableau 1 et fig. 3). Près de la moitié du tracé de la Glâne est naturelle ou semi-naturelle. Le quart de l'ensemble de la rivière, principalement compris entre Siviriez et Villaz-St-Pierre, est très atteint au niveau écomorphologique.

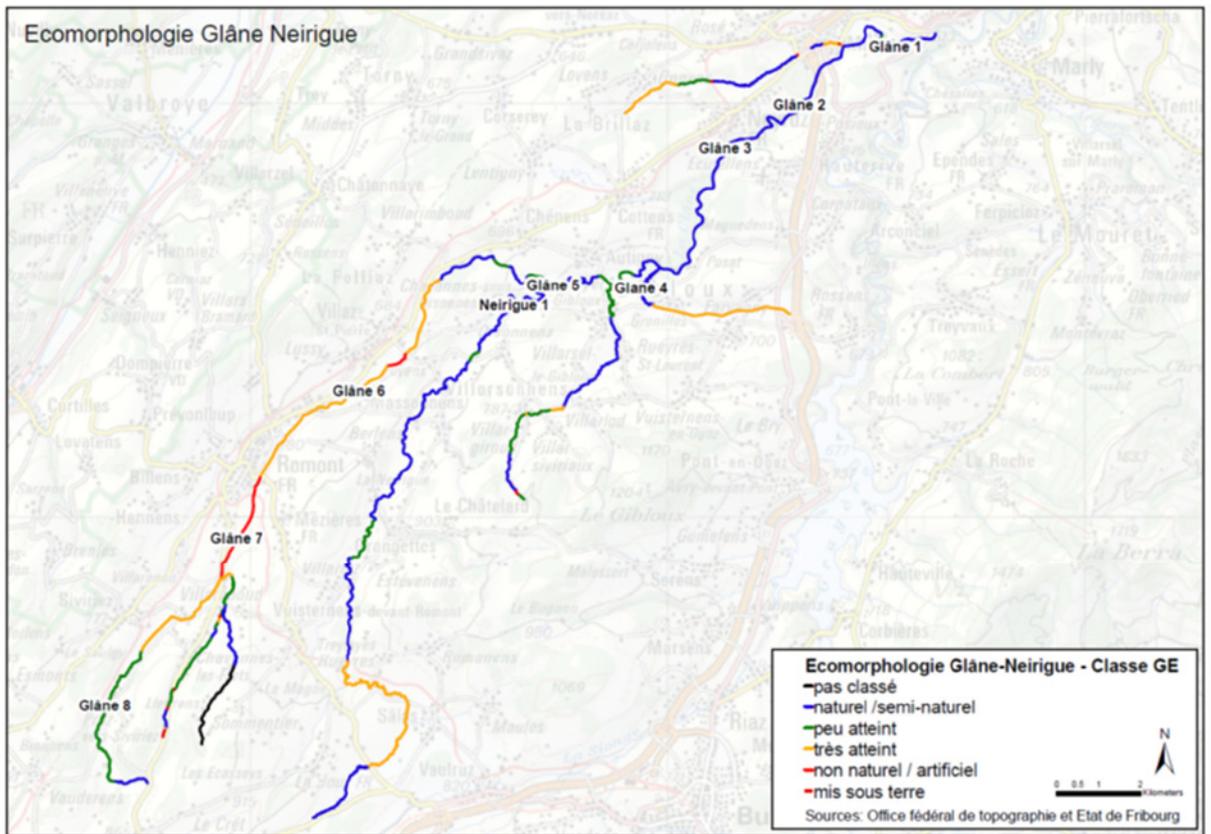


Fig. 3: Carte écomorphologique de la Glâne et une partie de ses affluents

Classe géomorphologique	Longueur [m]	Proportion	
0	Pas classé	2'414	2.8%
1	Naturel/semi-naturel	43'585	49.8%
2	Peu atteint	15'914	18.2%
3	Très atteint	21'480	24.5%
4	Non naturel / Artificiel	3'348	3.8%
5	Mis sous terre	813	0.9%
<b>Total</b>		<b>87'555</b>	

Tableau 1: Classes écomorphologiques de la Glâne et % de rives concernées (évaluées par le SEN)

---

### 2.1.3 Qualité physico-chimique de l'eau

Dans le cadre de cette étude, aucun relevé n'a été réalisé au niveau de la qualité physico-chimique de l'eau. La dernière campagne a été effectuée par le Service de l'environnement en 2006. En synthèse, les conclusions étaient:

- > Taux d'oxygène dissous proche de la saturation.
- > Eaux de bonne à très bonne qualité vis-à-vis de l'ammonium, excepté une station de qualité moyenne et une station de mauvaise qualité.
- > Eaux de bonne qualité vis-à-vis des nitrates, excepté deux stations de qualité moyenne.
- > Eaux de bonne à très bonne qualité vis-à-vis des nitrites, excepté une station de mauvaise qualité et deux stations de qualité médiocre.
- > Eaux de bonne à très bonne qualité vis-à-vis du carbone organique dissous.
- > Eaux de qualité moyenne à très bonne vis-à-vis du phosphore total, excepté une station de mauvaise qualité et une station de qualité médiocre.
- > Eaux de bonne à très bonne qualité vis-à-vis des orthophosphates, excepté deux stations de mauvaise qualité et trois stations de qualité moyenne.

Evolution (1981/ 1993/ 2006)

- > Qualité stable vis-à-vis du carbone organique dissous.
- > Amélioration globale de la qualité de l'eau.
- > Quantité d'orthophosphates encore trop élevée.

Insuffisances et recommandations

- > Contrôle et optimisation du fonctionnement de la STEP de Cottens: mise en place d'une nitrification et d'une dénitrification indispensables, raccordement à la STEP d'Autigny en 2010.
  - > Recherche de l'origine du phosphore dans le Ruisseau des Chavannes, identifier les causes de la dégradation constatée.
  - > Raccorder les rejets d'eaux usées et de lessive observés.
  - > Contrôler les rejets «suspects».
- Depuis 2006, la STEP de Cottens a été désaffectée.

---

#### 2.1.4 Pollutions

Au printemps 2011, une pollution de grande ampleur a détruit la population piscicole de la Glâne, depuis Autigny jusqu'à Villars-sur-Glâne. 2415 poissons morts ont été retrouvés après la pollution, dont 2246 truites, soit 120 kg. Ces chiffres ne sont pas exhaustifs, de nombreux poissons n'étant pas retrouvés après une pollution. Des pêches électriques ont été faites après la pollution et ont mis en évidence que, à la hauteur de Villars-sur-Glâne, la Glâne n'hébergeait que 6 vairons sur 100 mètres de cours d'eau pêché; en amont de Moulin Neuf, 10 vairons sur 100 mètres; à la hauteur de Neyruz, aucun poisson pêché sur 100 mètres; en amont de la STEP d'Autigny, aucun poisson pêché et en amont de la Nerigue, soit 350 mètres en amont de la pollution 108 truites, 124 chevaines, 14 chabots, 451 vairons et 45 ablettes sur 100 mètres également.

De 2012 à 2015, un alevinage a été mis en place pour repeupler ce tronçon, la principale espèce concernée pour le repeuplement étant la truite. Les autres espèces n'ont pas été repeuplées par un alevinage, la recolonisation a été naturelle.

Le contrôle des rejets suspects a été effectué avec le Service des forêts et de la nature, sur un mandat du Service de l'environnement au bureau Pronat, entre 2014 et 2015. Cette étude se concentrait sur les pollutions visibles constatées. Les pollutions dites «invisibles ou silencieuses» telles que les micropolluants (PCB, hormones, etc.) n'ont pas été étudiées.

L'étude a permis de répertorier au total 40 sites de pollutions chroniques potentielles dans le secteur de la Glâne supérieure (dont 12 sur les affluents).

Parmi les 28 objets recensés dans la Glâne:

- > 12 sont considérés comme assainis (ou inactifs);
- > 11 représentent des cas de pollution ponctuelle;
- > 5 sont des pollutions chroniques.

### 2.1.5 Pêche

La Glâne est un ruisseau ouvert à la pêche à permis. Chaque année, les pêcheurs retournent leur permis où sont inscrites leurs captures. Un dépôt de 50 francs est rendu lors du retour à la fin de la saison de pêche. Chaque permis (environ 6000) est ensuite saisi dans une base de données. Le Service des forêts et de la nature gère cette statistique depuis 2009 (fig. 4). Avant cette date, la Fédération fribourgeoise des sociétés de pêche s'en occupait.

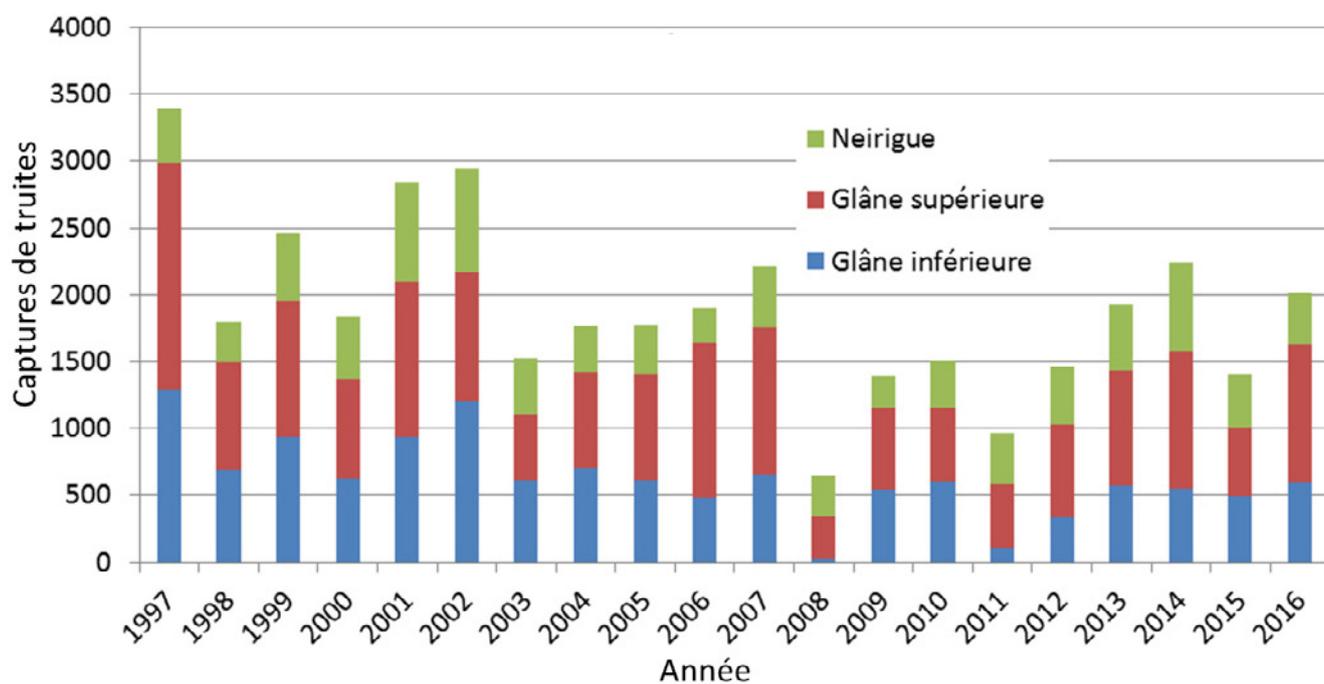


Fig. 4: Captures de truites dans la Neirigue, la Glâne supérieure et inférieure de 1997 à 2016 (20 ans) (Source: SFN)

Dans la Neirigue et la Glâne supérieure, les captures de truites sont restées relativement stables au cours du temps. Des variations annuelles sont difficilement explicables, sauf en 2008, année où la pêche fut fermée pour une saison à cause d'une contamination en PCB et en 2011, année de la pollution décrite précédemment.

Un alevinage est effectué depuis plusieurs années sur la Glâne (fig. 5). Le nombre de poissons remis à l'eau varie d'une année à l'autre. La figure 5 montre l'évolution des unités d'alevinage (UA) en fonction du temps. Elle représente la quantité de poissons mis à l'eau indépendamment de leur stade de développement (10 alevins = 1UA, 1 estivaux = 1UA) et permet ainsi de comparer les années.

L'important alevinage de 2012 à 2014 découle de l'alevinage pratiqué après la pollution de 2011. L'absence d'alevinage en 2008 est due à la fermeture du tronçon aval cette année-là.

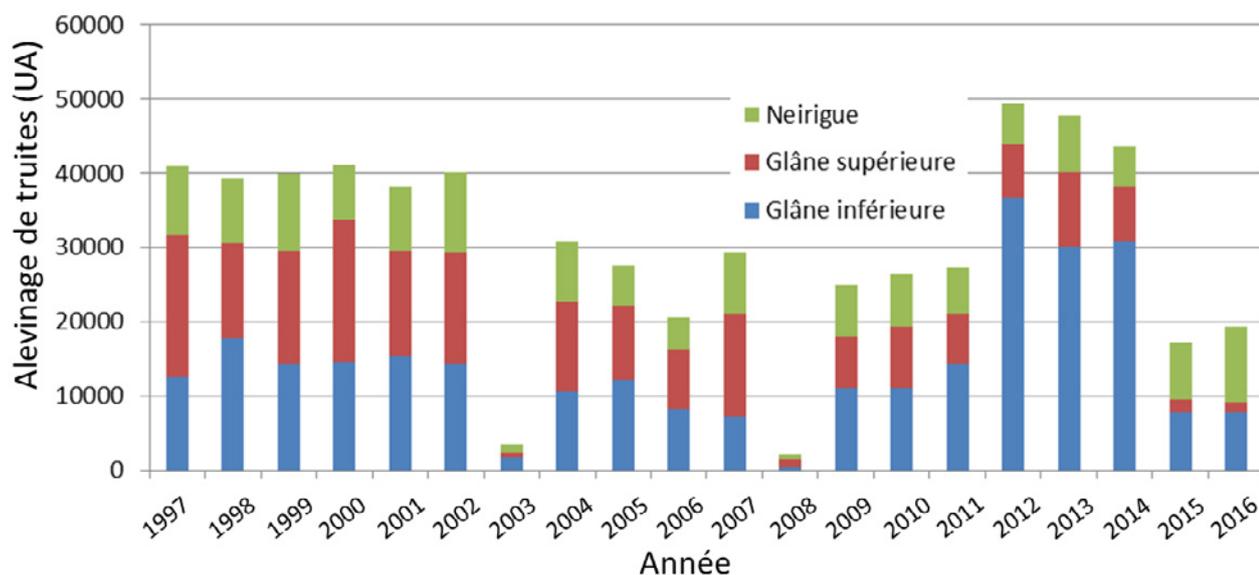


Fig. 5: Alevinage de truites (en UA) dans la Neirigue, la Glâne supérieure et inférieure de 1997 à 2016 (20 ans) (Source: SFN)

## 2.2 Secteurs d'étude

### 2.2.1 Localisation

Neuf tronçons de 100 mètres (huit sur la Glâne et un sur la Neirigue, fig. 6) ont été sélectionnés pour cette étude. Les huit stations sur la Glâne et le site de la Neirigue sont représentatifs de la diversité des faciès de la rivière.

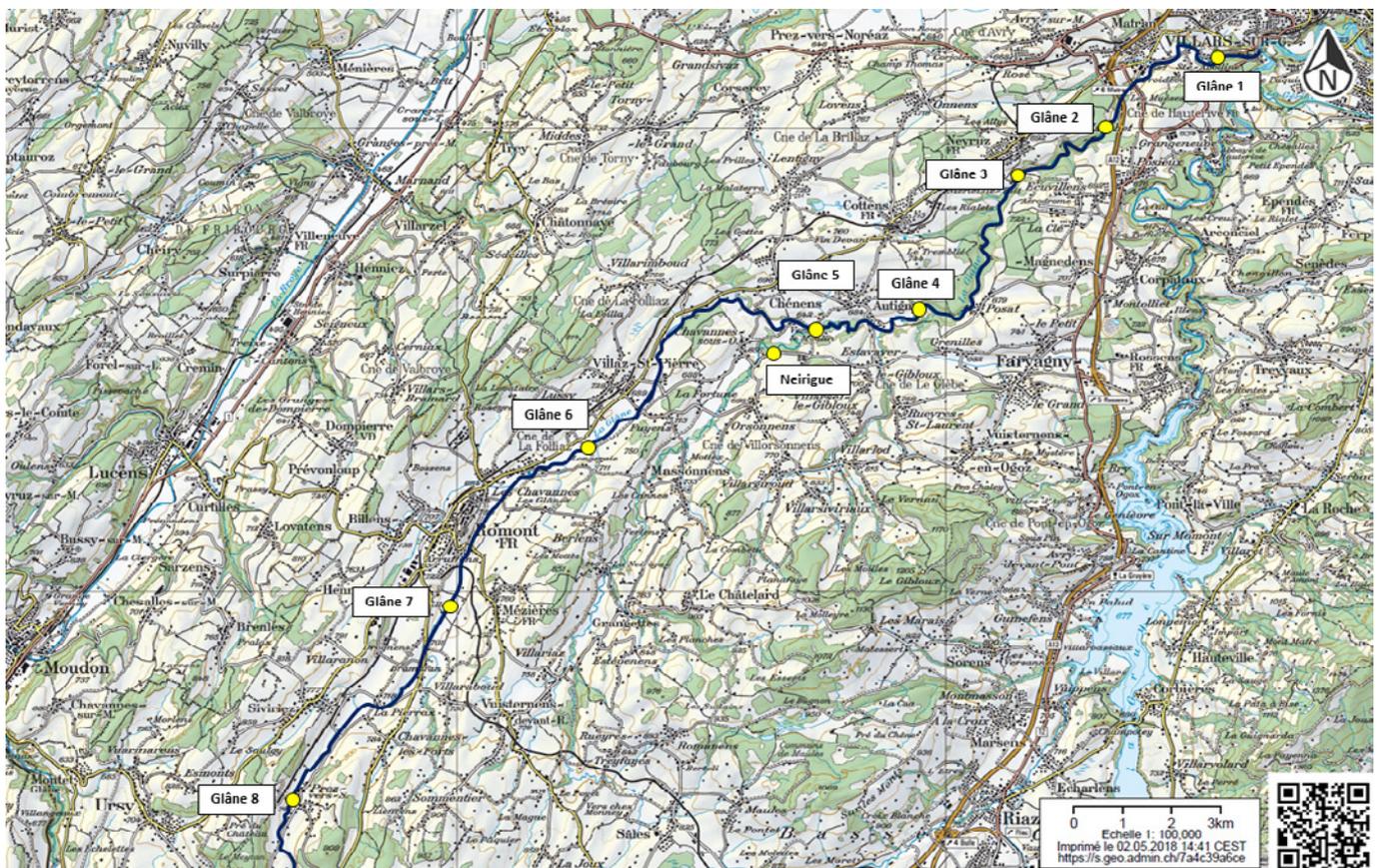


Fig. 6: Carte avec localisation des sites de pêches électriques sur la Glâne et la Neirigue (source: map.geo.admin.ch)

Le début (marque à la peinture jaune, à l'aval) et la fin (marque à la peinture rouge, à l'amont) de chaque station sélectionnée ont été délimités sur le terrain. La largeur, ainsi que la profondeur au centre et la profondeur maximale ont été relevées tous les 10 mètres, ceci sur les 100 mètres de chacune des stations (11 relevés par station au total).

Secteur	Lieu-dit	Coordonnée X amont	Coordonnée Y amont	Coordonnée X aval	Coordonnée Y aval	Longueur [m]	Largeur moyenne [m]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Glâne 8	Prez-vers-Siviriez	556 589	165 474	556 632	165 551	100	2.73	273
Glâne 7	Amont Romont	559 728	169 519	559 778	169 602	100	3.13	313
Glâne 6	Aval STEP Romont	562 647	173 090	562 705	173 169	100	4.41	441
Neirigue	Neirigue	566 406	175 205	566 462	175 160	100	6.59	659
Glâne 5	Amont STEP Autigny	567 293	175 688	567 393	175 694	100	10.5	1050
Glâne 4	Aval STEP Autigny	569 357	175 906	569 338	175 991	100	10.98	1098
Glâne 3	Moulin de Neyruz	571 450	178 958	571 474	179 043	100	12.45	1245
Glâne 2	Autoroute	573 218	180 006	573 276	180 071	100	11.8	1180
Glâne 1	Ste-Appoline	575 494	181 407	575 595	181 509	100	15.65	1565

Tableau 2: Coordonnées des sites d'étude

Les figures suivantes (fig. 7 à fig. 15) donnent un aperçu de l'aspect de chacune des stations (de l'amont vers l'aval):

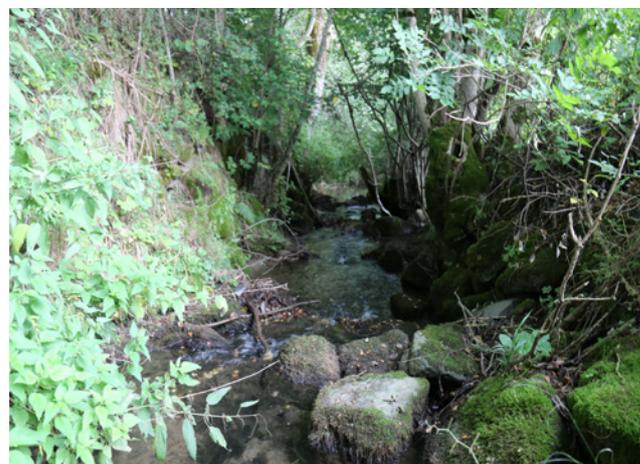


Fig. 7: Glâne 8, Prez-vers-Siviriez



Fig. 8: Glâne 7, Amont Romont



Fig. 9: Glâne 6, Aval STEP Romont



Fig. 10: Neirigue, Chavannes-sous-Orsonnens



Fig. 11: Glâne 5, Amont STEP Autigny



Fig. 12: Glâne 4, Aval STEP Autigny

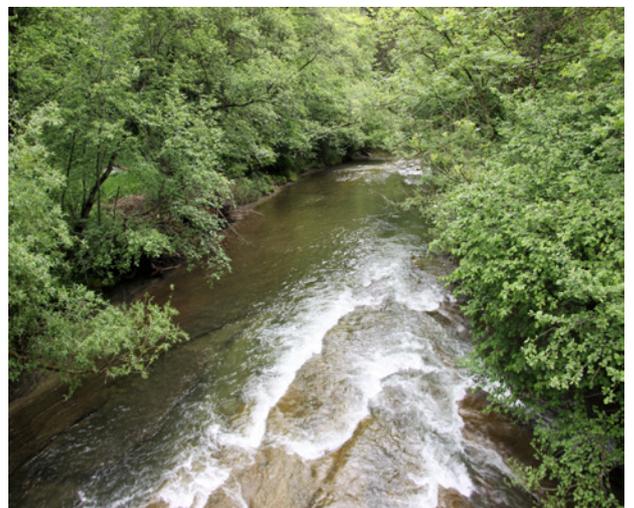


Fig. 13: Glâne 3, Moulin de Neyruz



Fig. 14: Glâne 2, Autoroute



Fig. 15: Glâne 1, Sainte-Apolline

---

### 2.2.2 Capacité d'habitats

La profondeur du lit, sa largeur, l'observation de la végétation et d'autres facteurs écomorphologiques ont permis de calculer un facteur d'habitat  $k_2$  pour chaque station (Vuille, 1997; Theler, Hofmann and Patthey, 2014). Ce facteur permet d'estimer la capacité biogénique, soit l'espace vital des poissons. Il tient compte de la variabilité morphologique du tronçon étudié, de même que de la diversité d'habitats disponibles et de la connectivité migratoire. Ce facteur se calcule selon la formule suivante:

$$k_2 = 2.54 - (0.34 \cdot \text{VAR}) - (0.26 \cdot \text{HAB}) - (0.06 \cdot \text{LIB})$$

Où VAR est le coefficient de variabilité,  
HAB représente le coefficient d'habitats piscicoles et végétation riveraine,  
LIB correspond au coefficient de libre migration piscicole.

Si les valeurs de variabilité VAR et d'habitat HAB sont élevées, alors elles sont proches de 1 et si elles sont faibles, elles se rapprochent de 4. Pour le coefficient  $k_2$ , plus la valeur est élevée, meilleure est l'habitabilité.

Ces paramètres sont définis comme suit:

Coefficient de variabilité (VAR):

$$\text{VAR} = (a+b+c+d+e)/5$$

La valeur «a» représente la variabilité de la largeur et est calculée en divisant l'écart type ( $\sigma_l$ ) de la largeur du cours d'eau (mesurée tous les 10 mètres sur les 100 mètres de chaque station) par la largeur moyenne ( $\mu_l$ ), et en multipliant par 10. Cette valeur est ensuite soustraite de 5, afin que les valeurs les plus petites numériquement représentent une variabilité élevée, et inversement, comme indiqué par Theler, Hofmann et Patthey (2014). Mathématiquement, dans le cadre de cette étude, nous avons traduit cela par:

$$a = 5 - (\sigma_l / \mu_l) \cdot 10$$

La valeur «b» représente la variabilité des profondeurs. Afin d'avoir une meilleure représentativité de la variabilité de la profondeur, deux valeurs ont été mesurées tous les 10 mètres sur le transect de chaque station de pêche: la profondeur maximale (PM), et la profondeur au centre du lit mouillé (PC). Le calcul se fait en divisant l'écart type ( $\sigma_p$ ) de toutes les profondeurs (PC et PM) par la moyenne ( $\mu_p$ ) de toutes les profondeurs, et en multipliant par 10. Le tout est ensuite soustrait de 5, comme pour la valeur «a». Mathématiquement, cela se traduit par:

$$b = 5 - (\sigma_p / \mu_p) \cdot 10$$

---

Les indices a et b nécessitant d'être attribués à un nombre entier allant de 1 à 4, les valeurs obtenues avec les calculs ci-dessus ont été arrondies au nombre entier correspondant (c'est-à-dire si  $0 < a < 1.5$ , alors  $a=1$ ; si  $1.5 \leq a < 2.5$ , alors  $a=2$ , etc.).

Les valeurs c, d et e, de même que le coefficient HAB (habitats piscicoles et végétation riveraine) ont été estimés selon les indications de Theler, Hofmann et Patthey (2014).

La libre migration piscicole (LIB) est garantie dans une seule station, Glâne 1. Un coefficient LIB de 1 lui a donc été attribué. Un coefficient de 2 a été attribué à toutes les autres stations, qui sont déconnectées principalement par les barrages de Matelec et de Moulin Neuf et d'autres barrages intermédiaires.

### 2.2.3 Température

Des enregistreurs de température (HOBO® Water Temp Pro v2 Data Logger, Onset, fig. 16) ont été placés dans quatre stations (Glâne 8, Glâne 6, Glâne 1 et Neirigue). Ceux-ci ont mesuré la température de l'eau toutes les 15 minutes, tout au long de l'étude. Une fois par année, ces enregistreurs ont été relevés. Lors de cette démarche, la température de l'eau a également été mesurée à l'aide d'un thermomètre de référence, qui a ensuite permis de corriger les valeurs obtenues.



Les mesures débutent en mars 2015 pour le secteur Glâne 1 et en mai pour les sites Glâne 6 et Glâne 1. L'année 2016 est complète. En mars 2017, la station Neirigue a également été équipée. Il existe un «trou» dans les données entre le 26 février et le 8 mars 2017, correspondant au changement de la sonde. Les dernières données ont été relevées en décembre 2018.

Fig. 16: Enregistreur de température

## 2.3 Qualité biologique

### 2.3.1 Prélèvements IBCH

Afin de quantifier la qualité biologique de l'eau, des prélèvements IBCH (méthode standardisée au niveau suisse par Stucki, 2010, fig. 17) ont été effectués dans chacune des neuf stations, les 12, 15 et 22 avril 2016.



Fig. 17: Prélèvements IBCH

Le matériel récolté sur le terrain a ensuite été trié et déterminé au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire. L'abondance des taxons a également été relevée. Finalement, l'indice IBCH, une note comprise entre 0 (très mauvais) et 20 (excellent), a été calculé en fonction de la diversité des taxons observés et de leur sensibilité, permettant ainsi d'attribuer pour chaque site une classe de qualité allant de mauvais à très bon (tableau 3, Stucki, 2010).

Etat biologique	IBCH	Couleur
très bon	17–20	bleu
Bon	13–16	vert
Moyen	9–12	jaune
Médiocre	5–8	orange
Mauvais	0–4	rouge

Tableau 3: Classes de qualité biologique en fonction de la note IBCH (Stucky, 2010)

## 2.4 Suivi piscicole

### 2.4.1 Pêches électriques

La capture des poissons dans le milieu naturel a été effectuée par pêche électrique (Büttiker 1992, Crozier and Kennedy 1994, Hayes and Baird 1994, Crozier and Kennedy 1995, Kruse et al. 1998, Carline 2001, Scholten 2003, Young and Schmetterling 2004, Cucherousset et al. 2006, Richard et al. 2013a). Cette méthode est préconisée pour ce type d'étude par toutes les

instances de la pêche des cantons et de la Confédération. Si elle est pratiquée correctement, c'est la méthode la moins dommageable pour les poissons et la meilleure en termes de récolte d'informations. Pour cette étude, nous bénéficions également d'une autorisation d'expérimentation animale, délivrée par les services vétérinaires cantonaux (n° d'autorisation 27388).

Pour la présente étude, des pêches électriques effectuées par le Service des forêts et de la nature (SFN) du canton de Fribourg ont eu lieu à trois reprises (fin du mois d'août 2015, 2016, et 2017, fig. 18). Des pêches additionnelles sur les secteurs 2, 5, 6, 7, 8 et Neirigue ont été effectuées en août 2018. Ces pêches ont permis d'estimer la densité de poissons sur chaque site (pour les quatre années d'étude) et de déterminer la proportion de poissons marqués issus du repeuplement (pour 2016, 2017 et 2018). Pour chaque station, au moins deux passages successifs de pêches ont été effectués. Une à trois anodes ont été utilisées en fonction de la largeur du cours d'eau. Le nombre d'anodes utilisées par station est resté identique sur les trois ans.



Fig. 18: Pêches électriques effectuées dans la Glâne dans le cadre de ce projet par le Service des forêts et de la nature du canton de Fribourg



Fig. 19: Mesure de la longueur d'un chevine

## 2.4.2 Biométrie

Les poissons capturés ont ensuite été amenés à la table de tri et ont été anesthésiés préalablement à toute manipulation, à l'aide d'une solution d'eugénol (3.5 ml d'eugénol à 10 % dans 10 l d'eau, soit une concentration de 40 mg/l). Le temps pour obtenir une anesthésie suffisante pour la manipulation des poissons a été de 1 à 3 minutes environ (en fonction de la température de l'eau et de la taille du poisson).



Fig. 20: Prélèvement d'écaillles

Une fois endormis, les poissons ont été mesurés (fig. 19) et pesés. Un prélèvement d'écaillles a également été effectué en 2015 chez les truites, au-dessus de la ligne latérale à la hauteur de la nageoire adipeuse (fig. 20), afin de déterminer leur âge au laboratoire. Les poissons ont finalement été placés dans un bac de réveil avec de l'eau fraîche à forte concentration d'oxygène. Une fois la pêche terminée, tous les poissons ont été remis à l'eau.

## 2.4.3 Densité de truites

Le nombre total d'individus estimé dans le secteur par catégories d'âge (plus élevé que le nombre d'individus capturés, car bien qu'efficace, la pêche électrique ne permet pas la capture du 100 % des poissons présents) peut ensuite être calculé. Cette estimation est réalisée à l'aide du programme microfish 3.0. Cette méthode fait office de référence pour la Confédération. Le logiciel estime, en fonction du nombre de poissons capturés au premier, au deuxième, voire au troisième passage, le nombre d'individus présents dans la population, selon un intervalle de confiance de 95 %. La densité par hectare peut ensuite être déterminée en divisant le nombre de poissons estimé par la surface du secteur (273 m<sup>2</sup> pour Glâne 8, 313 m<sup>2</sup> pour Glâne 7, 441m<sup>2</sup> pour Glâne 6, 659 m<sup>2</sup> pour la Neirigue, 1050 m<sup>2</sup> pour Glâne 5, 1098 m<sup>2</sup> pour Glâne 4, 1245 m<sup>2</sup> pour Glâne 3, 1180 m<sup>2</sup> pour Glâne 2 et 1565 m<sup>2</sup> pour Glâne 1), puis en multipliant le résultat par 10 000.

---

De plus, les individus alevinés ont une croissance plus importante que les poissons natifs. Dès lors, en se basant sur leur taille, certains de ces animaux entraient dans la catégorie d'âge 2+, bien qu'étant des poissons 1+. Les données ont donc été corrigées afin de compter ces individus dans la bonne catégorie d'âge.

## 2.5 Marquage

### 2.5.1 Types de marquage

De nombreuses méthodes de marquage pour les poissons sont possibles (Prentice et al. 1990, Ombredane et al. 1998, Cucherousset et al. 2005, Bateman and Gresswell 2006, Cucherousset et al. 2006, Acolas et al. 2007, Archdeacon et al. 2009, Bateman et al. 2009, Dieterman and Hoxmeier 2009, Skalski et al. 2009, Richard et al. 2013b). Il existe ainsi des marquages de groupe par ablation de nageoire (Ombredane et al. 1998, Bateman et al. 2009, Dieterman and Hoxmeier 2009, Skalski et al. 2009), colorations diverses externes (Skalski et al. 2009) ou internes, comme l'alizarine qui colore les otolithes et nécessite donc la mort de l'individu pour être détectée (Ruhlé and Winecki-Kühn 1992, Mahapatra et al. 2001, Skalski et al. 2009, Richard et al. 2013c) ou la calcéine qui rend certains os fluorescents en les observant avec une lumière adéquate, et qui ne nécessite donc pas la mort des poissons pour être détectée (Skalski et al. 2009, Rey 2010, Richard et al. 2013d, e). Des implants divers peuvent encore être utilisés (Knudsen et al. 2009, Skalski et al. 2009).

D'autres marquages sont individuels et permettent ensuite de distinguer chaque poisson. Toutes les méthodes de marquages individuels sont invasives, comme par exemple la pose de marques externes (bague, drapeau ou autre) (Iversen et al. 2009), l'identification génétique qui nécessite de prélever un morceau de tissu animal, ou la pose de marques internes comme les PIT (Passive Integrated Transponder) Tags (Prentice et al. 1990, Ombredane et al. 1998, Mahapatra et al. 2001, Gries and Letcher 2002, Cucherousset et al. 2005, Bateman and Gresswell 2006, Cucherousset et al. 2006, Acolas et al. 2007, Archdeacon et al. 2009, Dieterman and Hoxmeier 2009, Richard et al. 2013b).

Ces PIT Tags sont maintenant très largement utilisés dans de nombreuses études piscicoles, sur plusieurs espèces comme les truites (Ombredane et al. 1998, Cucherousset et al. 2005, Cucherousset et al. 2006, Acolas et al. 2007, Kennedy et al. 2007, Bateman et al. 2009, Dieterman and Hoxmeier 2009, Richard et al. 2013b), les saumons (Prentice et al. 1990, Gries and Letcher 2002, Bateman and Gresswell 2006, Dieterman and Hoxmeier 2009, Knudsen et al. 2009, Skalski et al. 2009) ou les cyprinidés (Archdeacon et al. 2009). Des études montrent que, dès que le poisson a atteint une certaine taille ( $\geq 55$  mm pour les truites), le marquage par PIT Tag est sans influence sur la mortalité, le comportement ou la croissance (Prentice et al. 1990, Ombredane et al. 1998, Mahapatra et al. 2001, Gries and Letcher 2002, Bateman and Gresswell 2006, Cucherousset et al. 2006, Acolas et al. 2007, Archdeacon et al. 2009, Dieterman and Hoxmeier 2009, Skalski et al. 2009, Richard et al. 2013b).

---

Un effet sur la mortalité n'a été démontré que sur le saumon Chinook, *Oncorhynchus tshawytscha* Walbaum 1792, dans le cadre d'une étude à long terme où la survie de poissons de l'âge de 1 an (1+) à adultes (4 à 5+) remontant la rivière pour frayer était de 10 % plus faible pour les poissons marqués avec un PIT Tag. Les poissons marqués étaient également significativement plus petits (Knudsen et al. 2009). Les auteurs mentionnent aussi des pertes de marques à long terme (quelques %) dont il faut tenir compte pour les estimations de survie sur la durée. A cet égard, le point précis d'implantation de la marque peut jouer un rôle important. En effet, les seuls auteurs qui mentionnent des pertes relativement importantes sont ceux qui implantent le PIT Tag dans la cavité abdominale en aval des nageoires pelviennes et, qui plus est, sur des poissons adultes alors que la plupart des autres études se réfèrent à des juvéniles (Dieterman and Hoxmeier 2009).

### 2.5.2 Choix du marquage

Le projet nécessitait de pouvoir identifier chaque poisson issu de pisciculture mis à l'eau (distinction des lieux de mise à l'eau, variation de croissance, migration, mortalité). C'est la raison pour laquelle un marquage individuel par PIT Tag a été effectué. Ainsi, chaque animal peut être identifié, et les poissons issus du repeuplement peuvent être distingués de ceux issus de frai naturel. De plus, la nageoire adipeuse, nageoire qui ne repousse pas, a également été coupée pour faire un double marquage.

Pour ce faire, de jeunes truitelles (0+) provenant de la pisciculture Bossy de Belfaux ont été marquées en novembre 2015 et 2016 afin d'évaluer le succès de l'alevinage. Les poissons ont ensuite été relâchés dans les secteurs d'étude.

Finalement, afin de déterminer un possible impact sur la mortalité, la croissance ou la perte de marques, un petit lot témoin (270 poissons, voir chapitre 2.5.5) a été conservé en pisciculture tout au long de l'étude.

### 2.5.3 Nombre

Pour chaque secteur, la densité de poissons marqués a été d'un individu pour 4 m<sup>2</sup>. Les animaux marqués par PIT Tag ont été relâchés dans les secteurs de pêche de 100 mètres de long (tableau 4). Par ailleurs, des truites issues du même lot de pisciculture ont également été marquées par ablation de la nageoire adipeuse (ADC) et ont été relâchées avec les mêmes densités sur les 200 mètres en amont et en aval des secteurs proprement dits (tableau 4 et fig. 21).

Secteur	Lieu-dit	Largeur moyenne [m]	Longueur [m]	Surface [m <sup>2</sup> ]	Nombre poissons PIT-Tag	Nombre poissons ADC	Nombre poissons total
Glâne 8	Prez-vers-Siviriez	2.73	100	273	68	273	341
Glâne 7	Amont Romont	3.13	100	313	78	313	391
Glâne 6	Aval STEP Romont	4.41	100	441	110	441	551
Neirigue	Chavannes-sous-Orsonnens	6.59	100	659	164	659	823
Glâne 5	Amont STEP Autigny	10.5	100	1050	263	1050	1313
Glâne 4	Aval STEP Autigny	10.98	100	1098	275	1098	1373
Glâne 3	Moulin de Neyruz	12.45	100	1245	311	1245	1556
Glâne 2	Autoroute	11.8	100	1180	295	1180	1475
Glâne 1	Ste-Appoline	15.65	100	1565	391	1565	1956
<b>Total</b>					<b>1955</b>	<b>7824</b>	<b>9779</b>

Tableau 4: Nombre de truites marquées et mises à l'eau en 2015 et 2016

Ces mises à l'eau de poissons marqués issus de pisciculture ont été effectuées à la fin du mois d'octobre 2015 et en novembre 2016. Deux années consécutives ont été nécessaires afin d'obtenir des résultats statistiquement plus robustes. Aucun autre repeuplement ne devait être effectué dans la Glâne durant ces trois années d'étude.

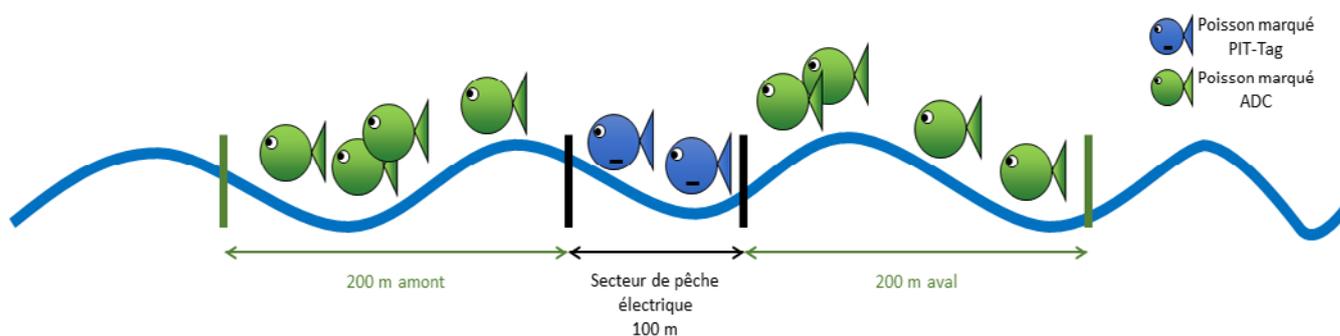


Fig. 21: Schéma de la mise à l'eau des poissons marqués

#### 2.5.4 Processus de marquage par PIT Tag



Fig. 22: La pisciculture Bossy à Belfaux où les truitelles destinées à l'alevinage sont élevées.



Fig. 23: Les poissons destinés au marquage sont maintenus dans la pisciculture.



Fig. 24: Les bassins sont dûment étiquetés, prêts à recevoir les différents lots de poissons marqués.



Fig. 25: Avant manipulation, les poissons sont endormis dans un bain d'eugénoï (Clou de girofle).



Fig. 26: Une fois endormis, les poissons sont mesurés (longueur totale, mm) et pesés (poids plein, g).



Fig. 27: Chaque poisson reçoit un PIT Tag de 12 mm de long avec un numéro unique.



Fig. 28: Le PIT Tag est injecté dans la cavité générale du poisson, au-dessus des nageoires pelviennes, grâce à une seringue stérilisée. Au préalable, une petite incision au scalpel permet de faciliter l'injection de la puce.



Fig. 29: Une fois la puce à l'intérieur, il ne reste sur le poisson qu'une petite cicatrice qui se referme rapidement.



Fig. 30: La nageoire adipeuse est également coupée afin d'avoir un double marquage.



Fig. 31: Le numéro unique de la marque est ensuite lu grâce à un détecteur.



Fig. 32: Finalement, les poissons sont réveillés dans un bain d'eau fraîche oxygénée. Ils restent ensuite une nuit dans la pisciculture en observation, avant d'être mis à l'eau dans les secteurs d'étude.

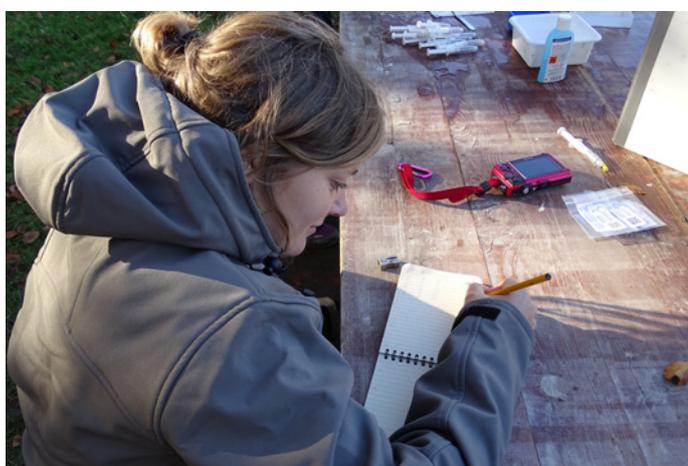


Fig. 33: Toutes les informations concernant chaque individu sont consignées dans un carnet avant d'être transférées sur ordinateur.



Fig. 34: En se basant sur la même densité, des poissons sont également mis à l'eau 200 m en amont et en aval de chaque secteur. Pour ceux-ci, la nageoire adipeuse est coupée afin de pouvoir les distinguer des individus issus de frai naturel.

### 2.5.5 Lot témoin

Bien que toutes les méthodes proposées soient maîtrisées et éprouvées, un lot témoin a été constitué pendant les campagnes de marquage de 2015 et de 2016. Ce lot a été conservé à la pisciculture d'Estavayer-le-lac (fig. 35) afin de pouvoir évaluer (1) la mortalité liée à la manipulation, (2) la perte de marques, (3) une différence de croissance. Pour ce faire, un lot témoin a été constitué pour chaque secteur, selon trois types:

- > 10 poissons marqués par PIT Tag et ablation de la nageoire adipeuse (PIT Tag)
- > 10 poissons dont la nageoire adipeuse a été coupée (ADC)
- > 10 poissons sans marquage (Rien)

Ce lot de trois types de poissons a été effectué pour chaque secteur, soit un total de 90 poissons «PIT Tag», 90 poissons «ADC» et 90 poissons «Rien», pour un lot témoin final de 270 individus.

Le lot témoin de 2015 a été conservé à la pisciculture pendant six mois et celui de 2016 pour une durée de dix mois. Les poissons de chaque lot témoin ont été échantillonnés à deux reprises, à savoir le 16 mars 2016 et le 2 mai 2017 (échantillonnage intermédiaire), ainsi que le 10 mai 2016 et le 21 septembre 2017 (échantillonnage final). Lors de ces étapes, le poids et la taille de chaque individu ont été mesurés.



Fig. 35: Lot témoin 2015 à la pisciculture d'Estavayer-le-Lac

### 2.5.6 Tracking mobile

En complément aux pêches électriques, deux campagnes de tracking mobile (fig. 36) ont été effectuées en août 2016 et en avril 2017. Une troisième campagne additionnelle a été effectuée en septembre 2018 sur les sites Glâne 6 et 7. Cette méthode consiste à remonter le cours d'eau avec des antennes mobiles, afin de détecter les poissons ainsi que les marques qui reposent sur le fond, ces dernières ayant été perdues par les truites marquées ou provenant de poissons morts. Par ailleurs, cette méthode permet d'affiner les résultats concernant les migrations en identifiant des poissons qui se seraient déplacés dans les secteurs adjacents. Ce tracking a été effectué à chaque site sur environ 200 mètres en aval du secteur, les 100 mètres du secteur, ainsi que 200 mètres en amont, voire sur des distances plus longues en 2017 et 2018 (annexe 6).

Lors des campagnes de 2017 et 2018, le tracking mobile a été couplé avec une pêche électrique (fig. 37). Ainsi, lorsqu'un PIT Tag était détecté, un passage avec l'anode était effectué à cet endroit, ce qui délogeait les poissons présents. Ceci a permis de faire la différence entre poisson marqué vivant et puce qui repose sur le fond du lit, provenant donc d'un poisson mort.



Fig. 36: Tracking mobile sur la Glâne en août 2016

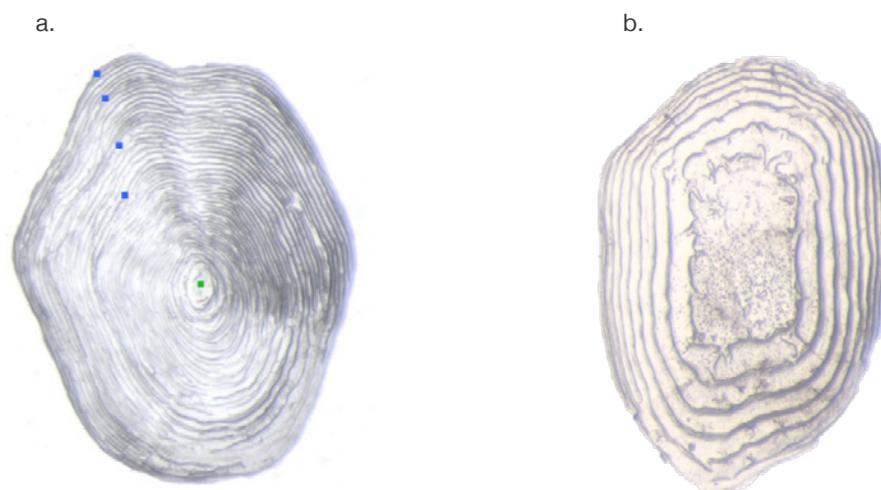


Fig. 37: Tracking mobile et pêche électrique en avril 2017

## 2.6 Détermination d'âge

La scalimétrie est considérée comme une technique performante dans l'étude de la croissance de nombreux poissons, en particulier chez les salmonidés. C'est la méthode la plus couramment utilisée en région tempérée où les relations cycliques de croissance sont facilement observables grâce aux saisons bien tranchées. Le nombre d'écailles d'une truite est toujours constant. L'écaille grandit donc en même temps que le poisson, formant sur l'écaille des marques annuelles par l'alternance de bandes de stries de croissance largement espacées (en été) ou resserrées (en hiver) plus communément appelées annulus (fig. 38a).

Attention toutefois, car les salmonidés sont susceptibles de mobiliser le calcium de leurs écailles, ce qui provoque la destruction d'une partie des structures. Ce phénomène de structure endommagée apparaît également lors de la reconstruction d'une écaille perdue. Le noyau central n'est ainsi plus visible. Ces écailles sont dites régénérées et ne permettent pas la détermination de l'âge du poisson (fig. 38b).



Echelle: 500 um

Fig. 38: a) une écaille non régénérée, (b) une écaille régénérée

(a) Le point vert correspond au nucleus central et les points bleus aux limites des annuli. Ce poisson est donc un 3+ sur le point de finir sa troisième année.

La récolte d'écailles a été effectuée durant les pêches de 2015, ainsi que sur quelques poissons capturés en 2016. Au total, des écailles ont été analysées pour 354 truites (44 pour Glâne 8, 48 pour Glâne 7, 20 pour Glâne 6, 55 pour la Neirigue, 53 pour Glâne 5, 29 pour Glâne 4, 27 pour Glâne 3, 46 pour Glâne 2, 32 pour Glâne 1). De plus, des écailles ont également été prélevées sur 53 autres individus, dont les écailles se sont révélées être régénérées, donc inexploitable.

Après prélèvements sur le terrain, les écailles ont été préparées et montées en laboratoire pour la détermination de l'âge. Nettoyées à l'eau savonneuse, cinq écailles par poisson ont été montées entre deux lames de verre. Les plus déterminantes ont été photographiées sous la loupe binoculaire afin de faciliter la lecture par agrandissement sur ordinateur (fig. 39). Une fois les annuli de chaque écaille identifiés, la croissance des truites a été reconstituée à l'aide de rétro-calcul (Bagliniere & Ombredane, 1990; Beall & co, 1991).

Pour ce faire, tous les annuli et la longueur totale des écailles ont été mesurés. La taille des individus à chaque hiver peut ensuite être rétro-calculée à l'aide de la relation entre la longueur totale du poisson lors de sa capture ( $L_T$ ), la taille des différents annuli ( $E_{1,2}, \dots$ ) et le rayon total de l'écaille ( $E_T$ ). Ainsi, la formule suivante a été appliquée pour chaque poisson:

$$L_x = (E_x / E_T) * L_T$$

Avec,  $L_x$  = Longueur du poisson à l'âge x (1 an, 2 ans, ...)

$E_x$  = Rayon total de l'écaille

$E_T$  = Rayon de l'annulus à l'année x (1 an, 2 ans, ...)

$L_T$  = Longueur totale du poisson lors de sa capture

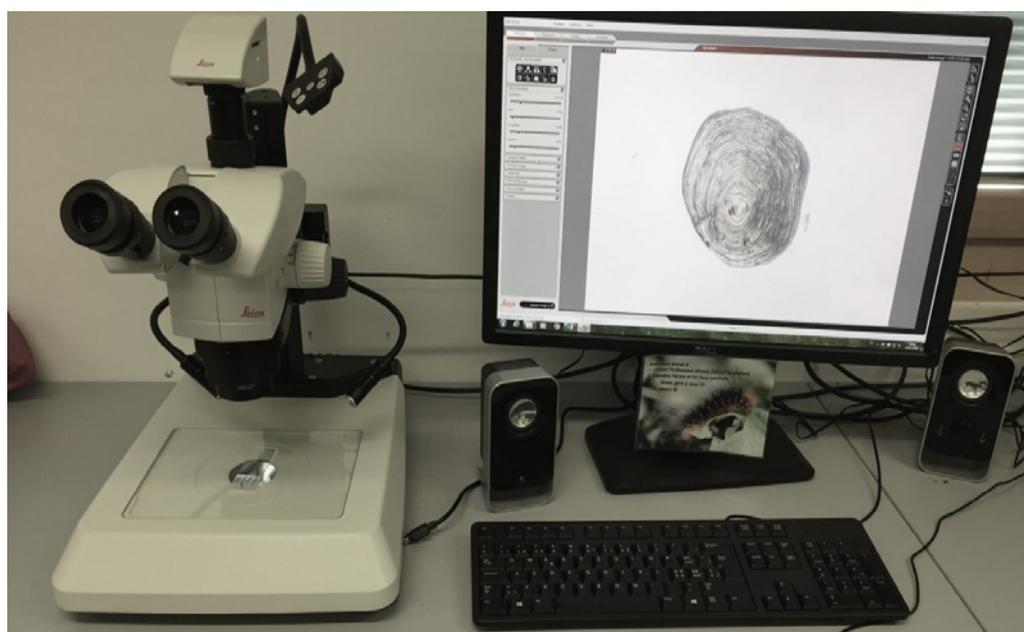


Fig. 39: Système de lecture d'écaille à la Maison de la Rivière

## 2.7 Etude de la maladie rénale proliférative (MRP)

Afin d'analyser l'état sanitaire des populations de truites, des prélèvements de juvéniles (0+) issus de frai naturel ont été effectués par pêche électrique en 2015 dans cinq sites (Glâne 1, 5, 6, 7 et Neirigue), en 2017 dans deux stations (Glâne 1 et 8) et en 2018 dans quatre sites (Glâne 2, 6, 7 et Neirigue). Ceci a permis de déterminer si la MRP était présente dans cette rivière. En principe, 25 poissons sont échantillonnés par site, mais parfois ce nombre n'a pas été atteint.

Le protocole utilisé pour le prélèvement des truites en vue d'analyses sur la MRP est un protocole standardisé utilisé au Centre pour la médecine des poissons et des animaux sauvages (FIWI) à Berne (Wahli et al. 2002, Wahli 2005, Wahli et al. 2005, Wahli et al. 2007, Zimmerli et al. 2007, Bettge et al. 2009, Schmidt-Posthaus et al. 2012).

Comme l'infection est très difficilement décelable sur les individus vivants, les poissons capturés ont été euthanasiés en utilisant une forte dose d'eugénol (>100 mg/l). La cavité abdominale a ensuite été ouverte afin de permettre une meilleure fixation des organes internes. Finalement, les poissons ont été conservés dans du formol (solution aqueuse à 4 %) à température ambiante.

Les animaux prélevés ont été analysés au FIWI afin de déceler la présence du parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Tb) (Canning et al. 2002), l'agent responsable de la MRP, par des méthodes histologiques. Pour ce faire, la longueur des truitelles a été mesurée au laboratoire. Le rein a ensuite été ôté afin d'évaluer son état d'infection à l'œil nu à l'aide d'une échelle allant de zéro (aucune prolifération) à six (taille du rein supérieure à plus de trois fois la normale) (fig. 40). Après cela, le matériel a été transféré dans une capsule, puis déshydraté et intégré dans de la paraffine, ce qui a finalement permis la préparation de coupes histologiques, colorées avec de l'hématoxyline et de l'éosine (H&E stain).



Fig. 40: Rein fortement infecté (à gauche), rein sain (à droite)

---

Chaque coupe a été observée au microscope pour évaluer la présence de parasites dans le rein (fig. 41). Le degré d'infection a été relevé selon une échelle graduée de 0 à 6 (0 = absence de parasite, 6 = infection sévère). Une estimation de la prolifération a également été menée. Le pourcentage de prévalence a finalement été obtenu en divisant le nombre de poissons infectés par le nombre total de poissons prélevés dans le site, puis en multipliant le résultat par 100.

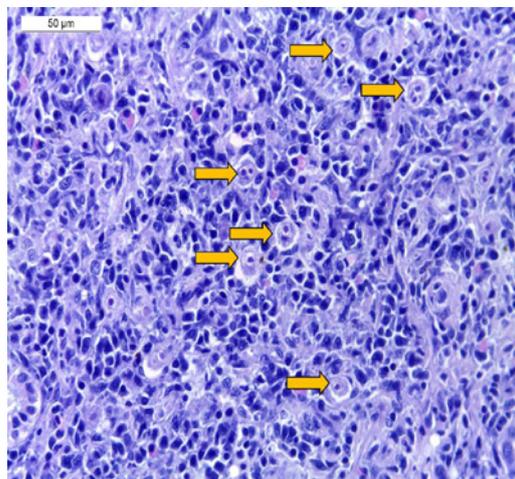


Fig. 41: Vue d'une coupe histologique, avec présence de *Tetracapsuloides bryosalmonae* (flèches orange)

Pour chaque station exempte de MRP, des coupes supplémentaires, en sélectionnant au hasard trois individus, ont été préparées à l'aide d'une coloration immunohistochimique utilisant des anticorps commerciaux monoclonaux contre *T. bryosalmonae* (AquaMab-P01, Aquatic Diagnostics Ltd., Stirling, Ecosse), ceci afin de confirmer les résultats négatifs. Cette méthode a été utilisée en suivant les instructions fournies par le fabricant.

## 3. Résultats

### 3.1 Qualité de l'environnement de la rivière

#### 3.1.1 Habitat

Les variables de variabilité (VAR) et d'habitat (HAB) ont été calculées pour chaque station. Si ces variables sont élevées, alors elles donnent un résultat proche de 1. A l'inverse, si ces deux paramètres sont faibles, alors une note proche de 4 est obtenue. En ce qui concerne le coefficient k2, plus celui-ci est élevé, meilleure est l'habitabilité.

Station	VAR	HAB	k2
Glâne 8	1.4	1	1.684
Glâne 7	3.2	3	0.552
Glâne 6	3.8	3	0.348
Neirigue	1.6	1	1.616
Glâne 5	2.8	1	1.208
Glâne 4	1.8	1.25	1.483
Glâne 3	2.4	3	1.149
Glâne 2	2.6	3	1.081
Glâne 1	1.4	1	1.744

Tableau 5: Evaluation du coefficient k2

Trois stations sont ainsi particulièrement favorables en termes d'habitabilité (tableau 5): la station la plus en amont (Glâne 8), la plus en aval (Glâne 1) et la Neirigue. Toutes trois possèdent une grande variabilité morphologique et une grande diversité d'habitats. A l'opposé, les stations Glâne 6 et Glâne 7 se démarquent par leur très faible valeur k2. Ceci s'explique par l'endiguement important du cours d'eau à ces endroits. Les autres stations présentent des valeurs intermédiaires, mais des variations individuelles sont observables. La station Glâne 5, par exemple, se trouve sur un tronçon rectiligne avec une faible variabilité morphologique, mais possède une grande richesse d'habitats (radier, bancs de sable, végétation riveraine, bois mort, etc.), car elle se trouve à proximité directe de la zone alluviale d'importance nationale d'Autigny.

### 3.1.2 Température

La température moyenne journalière a été calculée pour chaque station. Les régimes thermiques sont donnés dans les graphiques suivants (fig. 42 pour 2015, 42 pour 2016, 43 pour 2017 et 44 pour 2018).

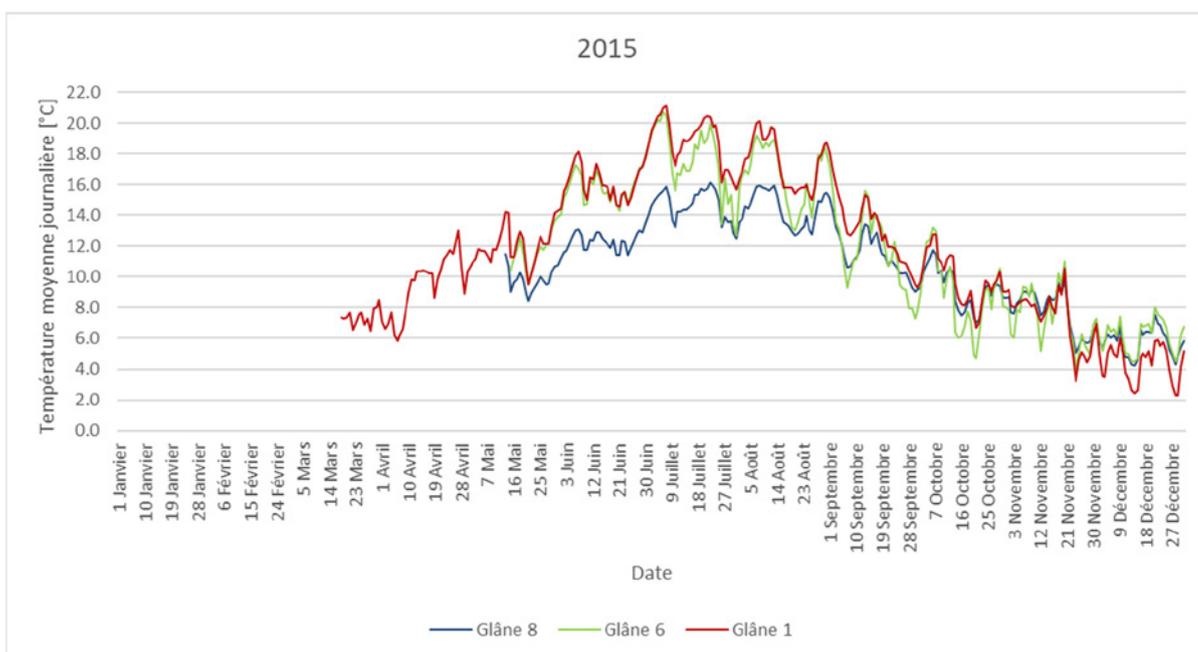


Fig 42: Températures moyennes journalières de 2015

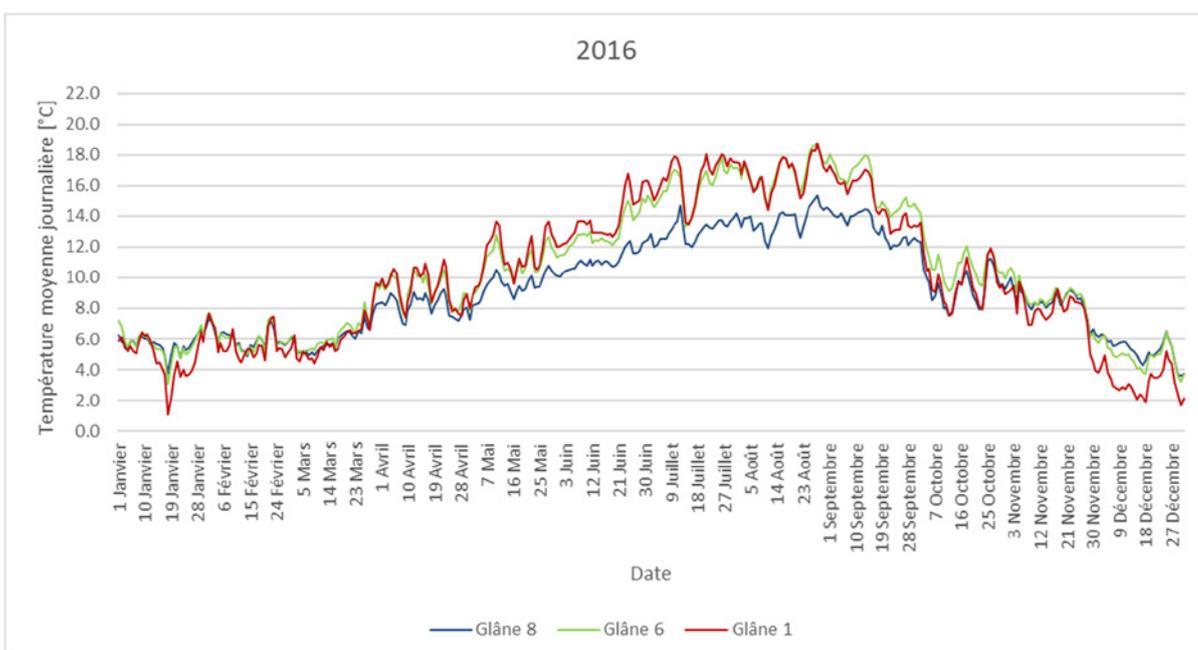


Fig. 43: Températures moyennes journalières de 2016

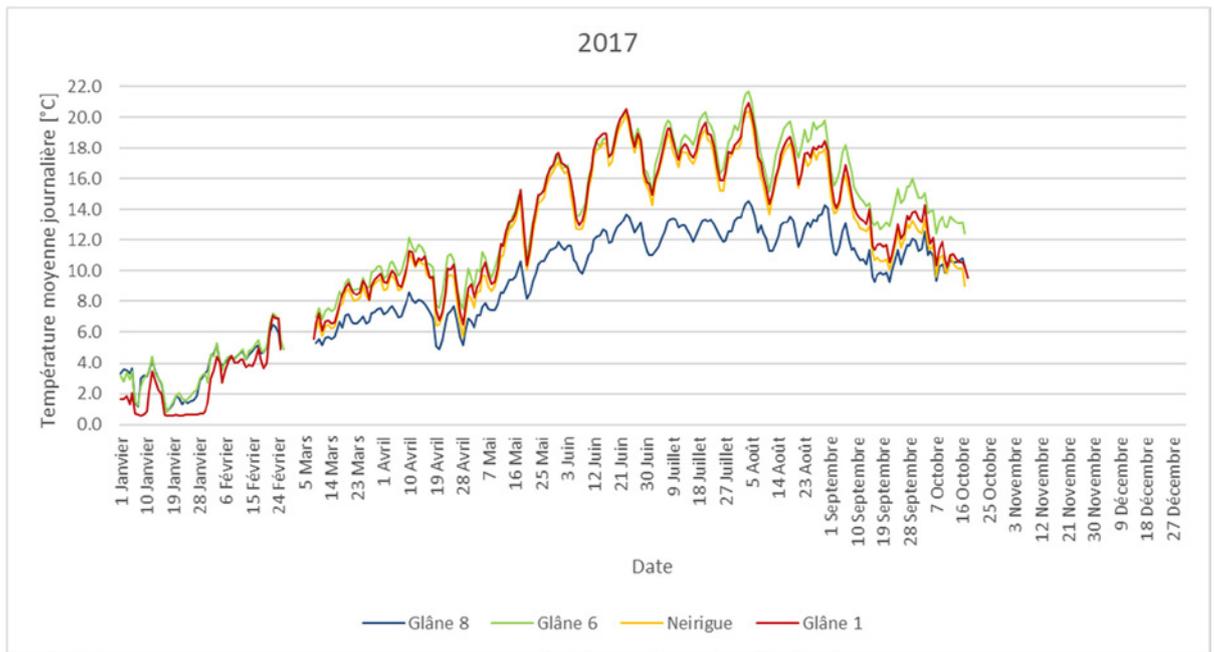


Fig. 44: Températures moyennes journalières de 2017

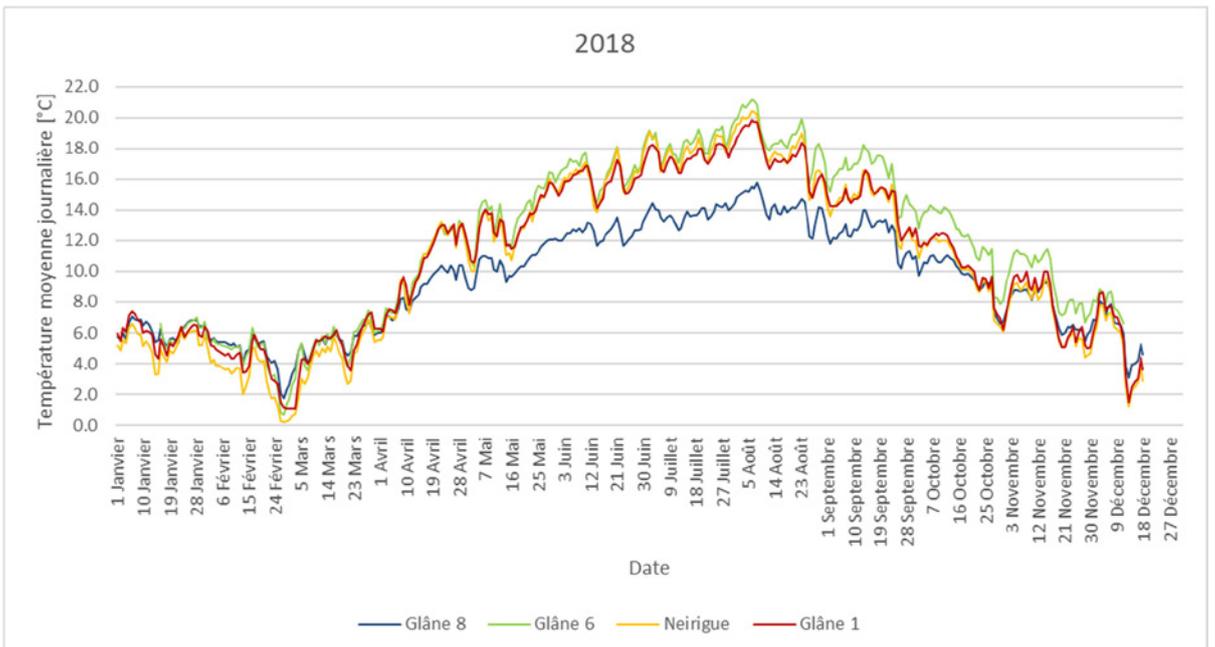


Fig. 45: Températures moyennes journalières de 2018

Les températures ont été dans l'ensemble plus faibles en 2016 que les autres années. La station Glâne 8 est la plus fraîche, avec une moyenne estivale (juin/juillet/août) comprise entre 12.5°C et 13.8°C durant les quatre années d'étude (tableau 6). Les deltas de température sont plus importants pour les stations aval que pour les stations amont. Les températures aux sites Glâne 6 et Glâne 1 se ressemblent et suivent la même tendance. La moyenne estivale est comprise entre 15.3°C et 18.2°C pour Glâne 6 et 15.7°C et 17.6°C pour Glâne 1. La température maximale mesurée (24°C) et la moyenne journalière maximale (21.7°C) ont été atteintes au site Glâne 6.

Des données pour la Neirigue sont disponibles depuis mars 2017. Durant cet été, un écart de près de 6°C a été observé entre la station Glâne 8 et les trois autres sites

*Les valeurs estivales sont données selon la forme «moyenne ± 1 écart type (moyenne journalière min.; moyenne journalière max.)»*

Description	Année	Glâne 8	Glâne 6	Neirigue	Glâne 1
Température minimum - maximum [°C]	2015	3.5 - 18.7	2.1 - 23.1	-	1.2 - 23.3
	2016	2.9 - 18.8	2.0 - 20.5	-	0.4 - 20.2
	2017	0.6 - 15.3	0.2 - 23.6	3.8 - 23.3	0.4 - 22.5
	2018	1.2 - 16.5	0 - 24.0	0.1 - 23.2	0.7 - 20.3
Moyenne estivale (Juin/Juillet/Août) [°C]	2015	13.8±1.4 (11.2;16.1)	16.7±1.9 (12.7;20.7)	-	17.5±1.8 (14.4;21.1)
	2016	12.7±1.3 (10.1;15.4)	15.3±2.0 (11.4;18.8)	-	15.7±1.9 (12.1;18.7)
	2017	12.5±1.0 (9.8;14.5)	18.2±1.7 (13.5;21.7)	17.1±1.7 (12.7;20.4)	17.6±1.7 (12.9;21.0)
	2018	13.5±1.0 (11.7;15.9)	17.9±1.5 (14.5;21.2)	17.3±1.5 (13.9;20.4)	17.0±1.3 (14.1;19.8)

Tableau 6: Données de température

Les régimes thermiques de chaque station peuvent également être exprimés sous forme de températures classées (fig. 46). Pour ce faire, chaque moyenne journalière a été calculée, puis attribuée à une classe de température (à l'arrondi inférieur, ainsi une moyenne journalière de 14.6°C correspond à la classe de température de 14°C). Le nombre de jours par classe de température a ainsi pu être déterminé.

Durant les quatre années d'étude, le régime thermique en Glâne 8 a toujours été sensiblement plus bas que les trois autres stations. Par contre, les courbes des stations Glâne 6, Glâne 1 et la Neirigue se ressemblent.

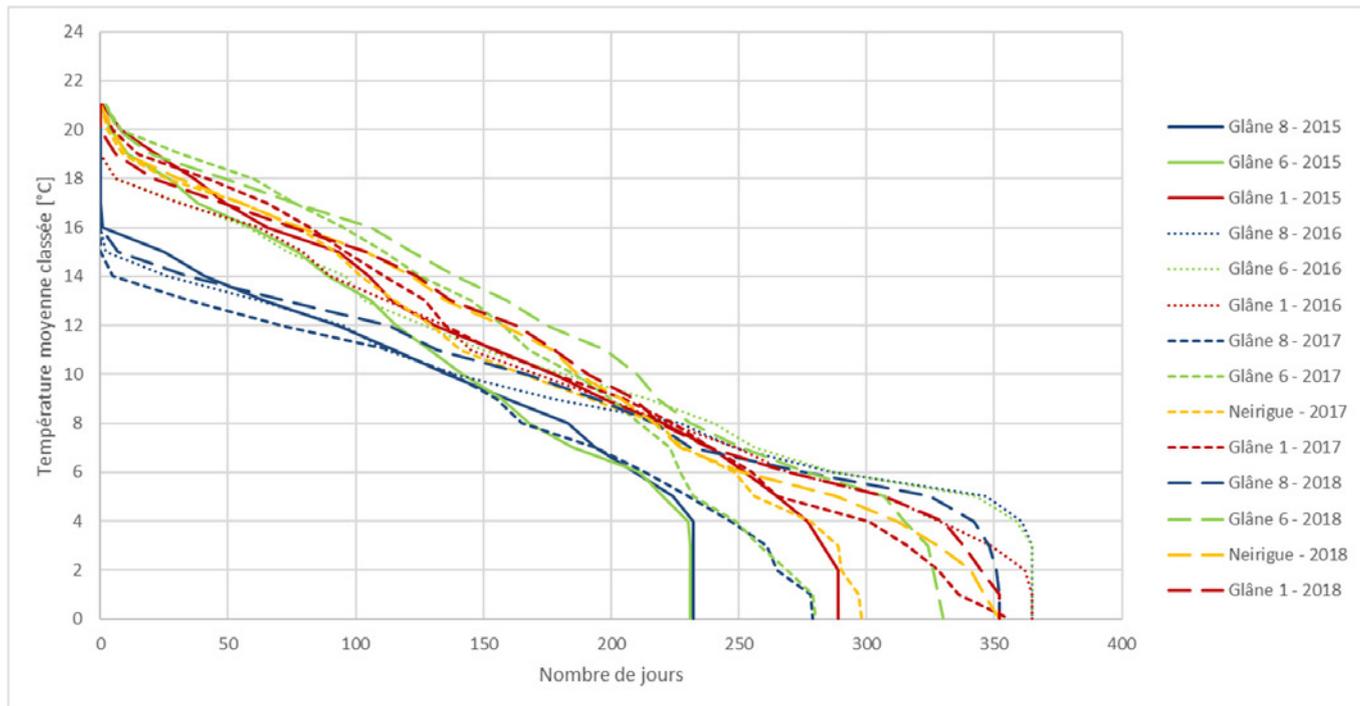


Fig. 46: Températures moyennes classées sur la Glâne et la Neirigue

### 3.1.3 IBCH

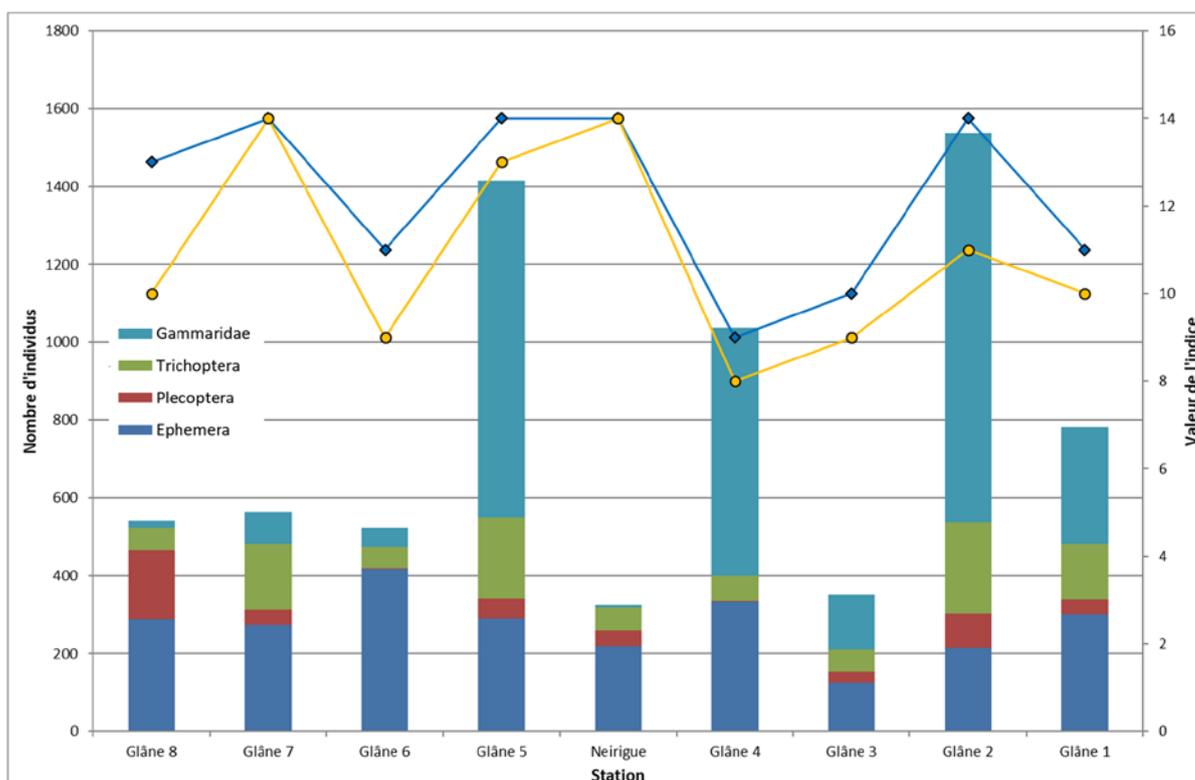


Fig. 47: Comparaison des notes IBCH (courbe bleue) avec son test de robustesse (courbe jaune) et nombre d'individus pour 4 groupes taxonomiques

Les analyses des macroinvertébrés ont donné des résultats allant de 14 (Glâne 7, Glâne 5, Neirigue et Glâne 2) jusqu'à 9 (Glâne 4). Les eaux de la Glâne sont donc considérées comme bon à moyen. La présence d'une station d'épuration peut éventuellement être un facteur pouvant expliquer une dégradation de la qualité de l'eau. Cette situation est d'ailleurs observée entre la station Glâne 7, située en amont de Romont, qui obtient une note IBCH de 14, et la station Glâne 6, en aval de la ville, avec une note de 11. La STEP de Romont se situe en aval de la ville. Elle possède une capacité de 22 500 Equivalents habitants biologiques (EHbio) et 20 117 EHbio y sont raccordés (SEn, 2016, Tableau 7). En période d'étiage, le pourcentage d'eaux usées dans la Glâne représente 30 %, ce qui est considérable. Bien que la STEP respecte les valeurs édictées par la Confédération, il est possible qu'elle soit tout de même l'une des causes expliquant la dégradation de la qualité de l'eau entre les sites Glâne 7 et 6.

Le même phénomène est à l'œuvre entre les stations Glâne 5 (note de 14) et Glâne 4 (note de 9). Entre ces deux sites, la STEP d'Autigny, dimensionnée pour 13 000 EHbio avec 21 451 EHbio raccordés (SEn, 2016) rejette ces eaux dans la Glâne pour un pourcentage de 18 % du débit à l'étiage. A nouveau, il est envisageable que cela influence en partie la diminution de la note IBCH. Bien évidemment, les stations d'épuration ne sont pas le seul facteur expliquant cette dégradation de la qualité de l'eau. D'autres éléments sont aussi à prendre en compte.

Station d'épuration	Dimensionnement [EHbio]	EHbio raccordés en 2016
Romont	22'500	20'117
Autigny	13'000	21'451
Villars-sur-Glâne	47'500	33'203

Tableau 7: Stations d'épuration sur la Glâne

### 3.1.4 Biomasse des macroinvertébrés

A partir des prélèvements IBCH, un calcul de la biomasse pour chaque station et groupe taxonomique a été effectué. Le poids des invertébrés conservés dans de l'alcool à 98 % a été défini pour chaque groupe. Le poids a été déterminé selon Baumann et al (2012), qui mentionnent le temps de séchage des échantillons avant de les peser comme suit : «[...] égouttés pendant un temps court [...]». Le temps d'égouttage est déterminant. Dans le laboratoire du Service de l'environnement du canton de Fribourg, un échantillon de 273 *Baetidae* a été utilisé pour ce test de poids à l'aide d'une balance Mettler Toledo de haute précision. Le poids de l'échantillon a été relevé toutes les minutes après un égouttage de 1 minute et 33 secondes, afin de déterminer l'évaporation de l'alcool dans les conditions du laboratoire en fonction du temps (fig. 48).

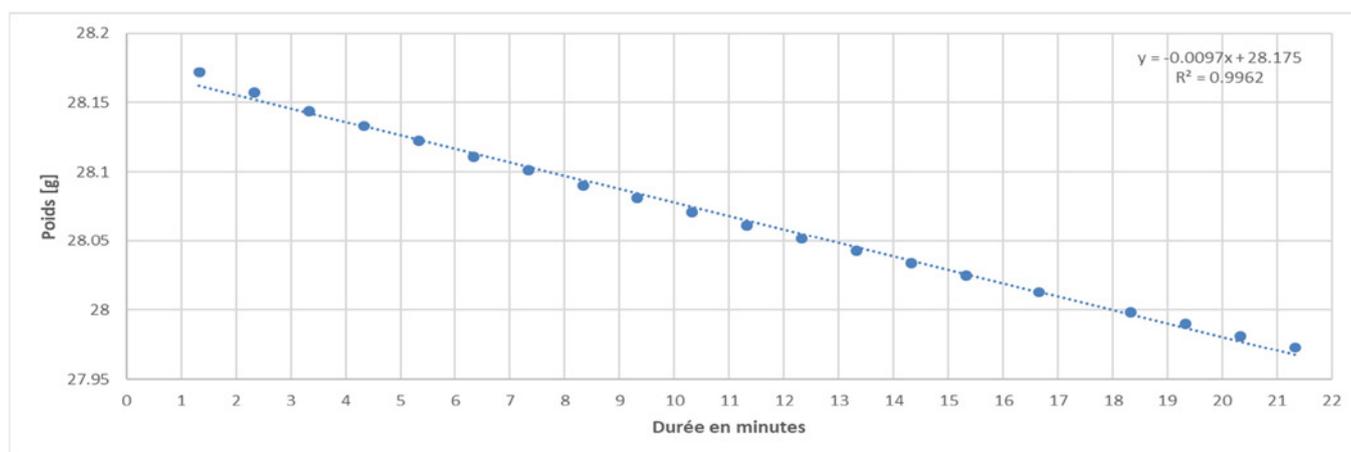


Fig. 48: Perte de poids de l'échantillon de *Baetidae* conservé dans l'alcool en fonction du temps

Taxons	Poids/individu [g]
Tipulidae	0.243
Erpobdellidae	0.120
Limnephilidae	0.096
Odontoceridae	0.092
Oligochaeta	0.065
Heptageniidae	0.036
Rhyacophilidae	0.033
Athericidae	0.024
Gammaridae	0.022
Calopterygidae	0.022
Taeniopterygidae	0.014
Perlodidae	0.014
Hydropsychidae	0.013
Baetidae	0.011
Simuliidae	0.003
Nemouridae	0.003
Chironomidae	0.001

Tableau 8: Poids moyen par individu des principaux taxons pour les neuf stations confondues

La perte de poids par évaporation est linéaire ( $R^2=0.9962$ ) et est fortement corrélée à la durée. Elle est en moyenne de 0.01 g/min. Après 10 minutes sur la balance, la perte de poids était donc de 0.101 g, soit 0.36 % du poids total de l'échantillon. Il a été décidé que l'essorage devait durer 60 secondes, puis l'échantillon serait déposé sur la balance de haute précision, après un court passage sur un support absorbant pour retirer la goutte d'alcool qui pourrait rester sous la passoire. Lorsque le nombre d'individus dans l'échantillon était inférieur à 10, le poids a été mesuré en déposant simplement les organismes dans une boîte de Petri sur la balance. Ce protocole a permis de déterminer avec précision le poids des organismes frais (tableau 8). Chaque groupe taxonomique a été compté et pesé séparément. Ces valeurs ont été utilisées pour définir la biomasse totale d'invertébrés par station.

La surface analysée lors d'un prélèvement correspond à un carré de 25 cm de côté. Etant donné qu'au total huit prélèvements sont effectués par station, la surface analysée pour l'ensemble du site correspond à 0.5 m<sup>2</sup> (0.25\*0.25\*8). Ainsi, pour chaque taxon, le nombre d'individus a été multiplié par le poids moyen d'un organisme, multiplié par 2 pour obtenir le poids par mètre carré et finalement multiplié par la surface du secteur afin d'estimer la biomasse totale de macroinvertébrés sur la station de pêche (fig. 49).

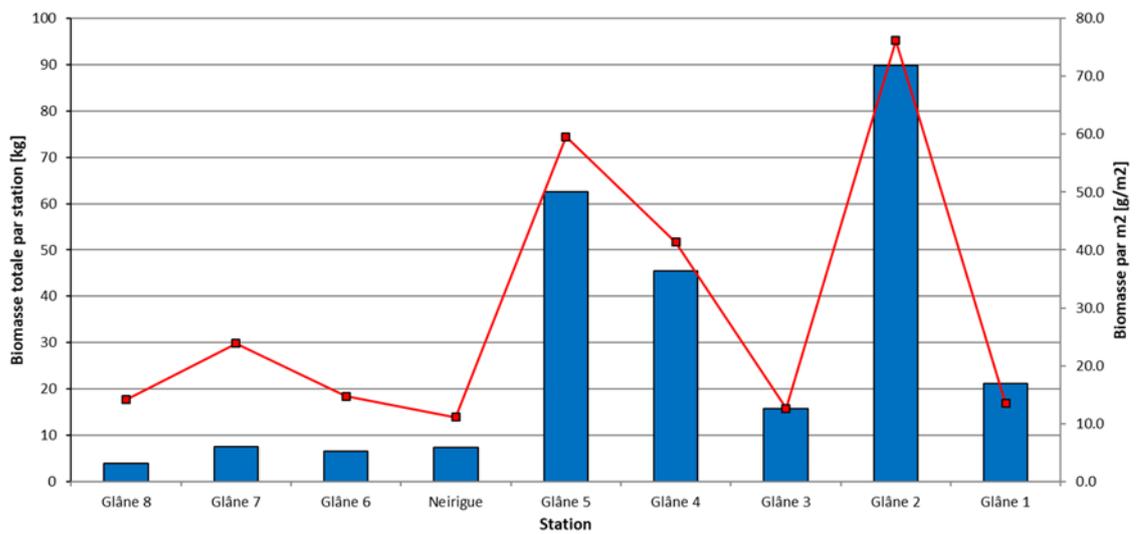


Fig.49: Biomasse totale d'invertébrés [kg] pour chaque station (colonnes bleues) avec une indication de la biomasse par m<sup>2</sup> [g/m<sup>2</sup>] (courbe rouge)

Le poids total de macroinvertébrés dans les stations amont (Glâne 8, Glâne 7, Glâne 6 et Neirigue) est relativement faible par rapport aux valeurs obtenues plus en aval. La station Glâne 2 obtient le poids le plus élevé.

### 3.1.5 Synthèse qualité de l'environnement

La qualité de l'habitat ( $K_2$ ), la qualité de l'eau (note IBCH) et l'éc morphologie ont été analysées dans chacune des stations (fig. 50). Le long du linéaire, la qualité de l'eau ne suit pas une tendance particulière, mais l'on dénote une brusque diminution de la note IBCH à l'aval des stations d'épuration (perte de 3 points entre Glâne 7 et Glâne 6, de 5 points entre Glâne 5 et Glâne 4, et de 3 points entre Glâne 2 et Glâne 1). La qualité de l'habitat demeure moyenne à bonne, à l'exception des stations Glâne 7 et Glâne 6, ce qui se ressent aussi dans la classe écomorphologique.



Fig. 50 : Qualité de l'habitat ( $K_2$ , courbe bleue), qualité de l'eau (note IBCH, courbe orange) et écomorphologie (couleur des classes représentées dans les cercles de la courbe bleue, bleu=1, vert=2, jaune=3, rouge=4). L'emplacement des stations d'épuration est représenté par des flèches roses.

### 3.2 Suivi piscicole

#### 3.2.1 Inventaires par pêches électriques

Au total, onze espèces de poissons ont été observées dans la Glâne (tableau 9), à savoir deux espèces de la famille des Salmonidés: la truite commune *Salmo trutta* L. et l'ombre de rivière *Thymallus thymallus* L., six espèces de Cyprinidés: le barbeau *Barbus barbus* L., le chevaine *Squalius cephalus* L., le goujon *Gobio gobio* L., la loche franche *Barbatula barbatula* L., le spirilin *Alburnoides bipunctatus* Bloch 1782 et le vairon *Phoxinus phoxinus* L., ainsi que trois autres espèces appartenant à des familles différentes: le chabot *Cottus gobio* L., la petite lamproie *Lampetra planeri* Bloch 1784 et la perche *Perca fluviatilis* L.

D'une manière générale, le nombre d'espèces présentes pour chaque station est relativement stable d'une année à l'autre. Classiquement, la biodiversité tend à augmenter de l'amont vers l'aval. La plus grande diversité est observée au secteur Glâne 1, avec un maximum de dix espèces.

Espèce	Glâne 8				Glâne 7				Glâne 6				Neirigue				Glâne 5				Glâne 4				Glâne 3				Glâne 2				Glâne 1							
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
Truite	268	239	522	246	141	76	133	95	36	40	31	39	90	68	46	59	86	36	12	17	49	50	51	-	24	38	43	-	50	69	45	57	38	42	18	-				
Ombre																																					4	5	9	-
Barbeau																																					492	2	21	-
Chevaine													54	17	69	92	111	40	51	201	352	6	125	-	1	5	-	-	7	5	26	-	263	68	126	-				
Goujon																	1	1	-	-																				
Loche					96	126	64	55	858	310	284	754	34	49	80	489	105	88	95	103	62	12	6	-	2	12	7	-	20	37	13	13	212	126	126	-				
Spirilin													30	16	70	99	105	2	67	-	602	1	-	-									6	-	-	-				
Vairon					196	93	440	366	962	931	461	1409	974	232	353	1533	1795	208	191	566	891	157	118	-	49	7	116	-	399	199	59	370	713	767	203	-				
Chabot	28	21	65	46	31	60	258	205					222	25	35	92	19	4	7	7	50	34	98	-	81	18	67	-	60	14	63	27	36	16	40	-				
Lamproie			5	6	17	8	47	3					1	3	12	-	17	28	23	-	17	12	-	-	2	-	-	-	4	27	13	9	25	26	18	-				
Perche																																	1	-	-	-				
Nombre d'espèces	2	2	3	3	5	5	5	5	3	3	3	3	7	6	7	7	6	7	7	8	7	7	5	-	5	4	6	-	6	5	6	6	8	10	7	-				

Tableau 9: Nombre de poissons capturés par secteur et par année

Au sein d'une station, le nombre de poissons capturés en fonction des espèces peut varier d'une année à l'autre. L'importance relative de chaque espèce est déterminée comme le pourcentage de l'effectif de l'espèce considérée divisé par le nombre total de poissons capturés sur une station pour les trois premières années (2015, 2016 et 2017, fig. 51).

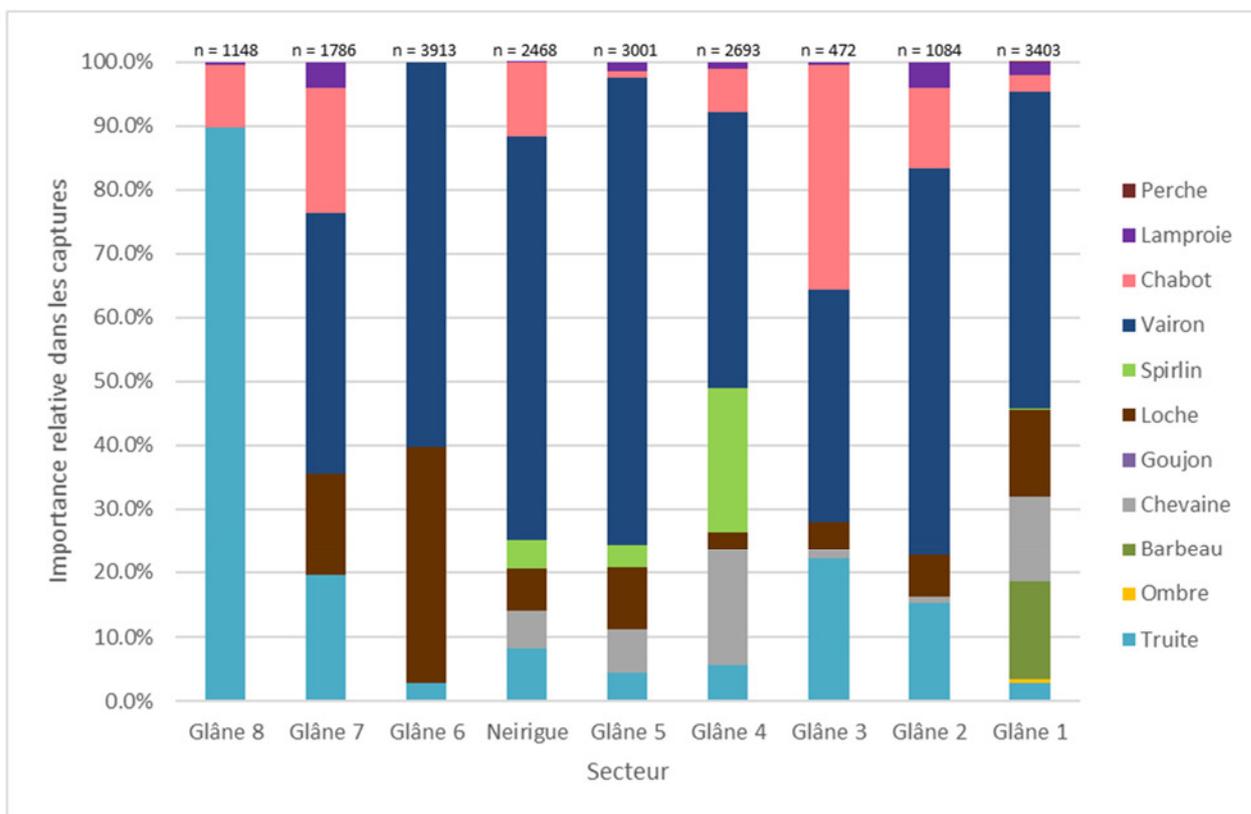


Fig. 51: Importance relative en % de chaque espèce par rapport au nombre total de poissons capturés par station, indiqué au sommet des histogrammes, de 2015 à 2017

Le poids de chaque individu est également mesuré sur le terrain, ce qui permet d'estimer la biomasse totale par espèce dans chaque station (Tableau 10). La biomasse la plus importante a été observée à la station Glâne 5, avec plus de 41 kilos de poissons, toutes espèces confondues. A l'inverse, la biomasse la plus petite (3.7 kg) a été mesurée en Glâne 3 en 2015.

Espèce	Glâne 8				Glâne 7				Glâne 6				Neirigue				Glâne 5				Glâne 4				Glâne 3				Glâne 2				Glâne 1				Total									
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018										
Truite	5969	8169	5071	5200	6003	4564	4944	4491					32495	7666	1173	118	80860	11231	14102	8336	713	10	31					2804	7482	6971					5425	11471	8493	7474	3350	5476	1034	41794	54712	35434	24941	
Ombre																																														
Barbeau																																														
Chevaïne																																														
Goujon																																														
Loche					667	617	692	327	1160	1172	2095	1974	73	229	741	717	212	302	339	186	97	72	34					13	70	48					76	236	41	36	369	482	810	2666	3179	5083	3239	
Spirilin													201	124	676	398	315	1	65	1	715	1																					1232	145	740	463
Vairon					292	262	1582	1538	1110	1631	1188	645	1944	528	904	1385	3691	286	423	365	1786	323	63					99	21	105					802	578	178	588	639	1333	381	10364	4960	5998	4520	
Chabot	399	294	532	297	534	83	786	393					1008	164	113	543	180	50	31	13	500	124	295					769	222	110					831	197	188	281	293	187	70	4599	1300	2376	2127	
Lamproie					30	36	83	42	237	19			4		21	104					94	167	135	98	43																					
Perche																																														
Biomasse totale [g]	7368	8463	5633	5532	7599	5849	8240	7368	4894	5814	5067	4866	21443	15581	5187	7129	41339	14805	16054	17793	6673	5901	3840		3688	7795	7252					6966	12643	9017	8445	8077	16191	7623		108048	93041	74090	51133			

Tableau 10: Biomasse en grammes de chaque espèce capturée en fonction des stations et des années

L'importance relative de la biomasse de chaque espèce est déterminée comme le pourcentage de biomasse de l'espèce considérée divisé par la biomasse totale de poissons capturés sur une station pour les trois premières années (2015, 2016 et 2017, fig. 52).

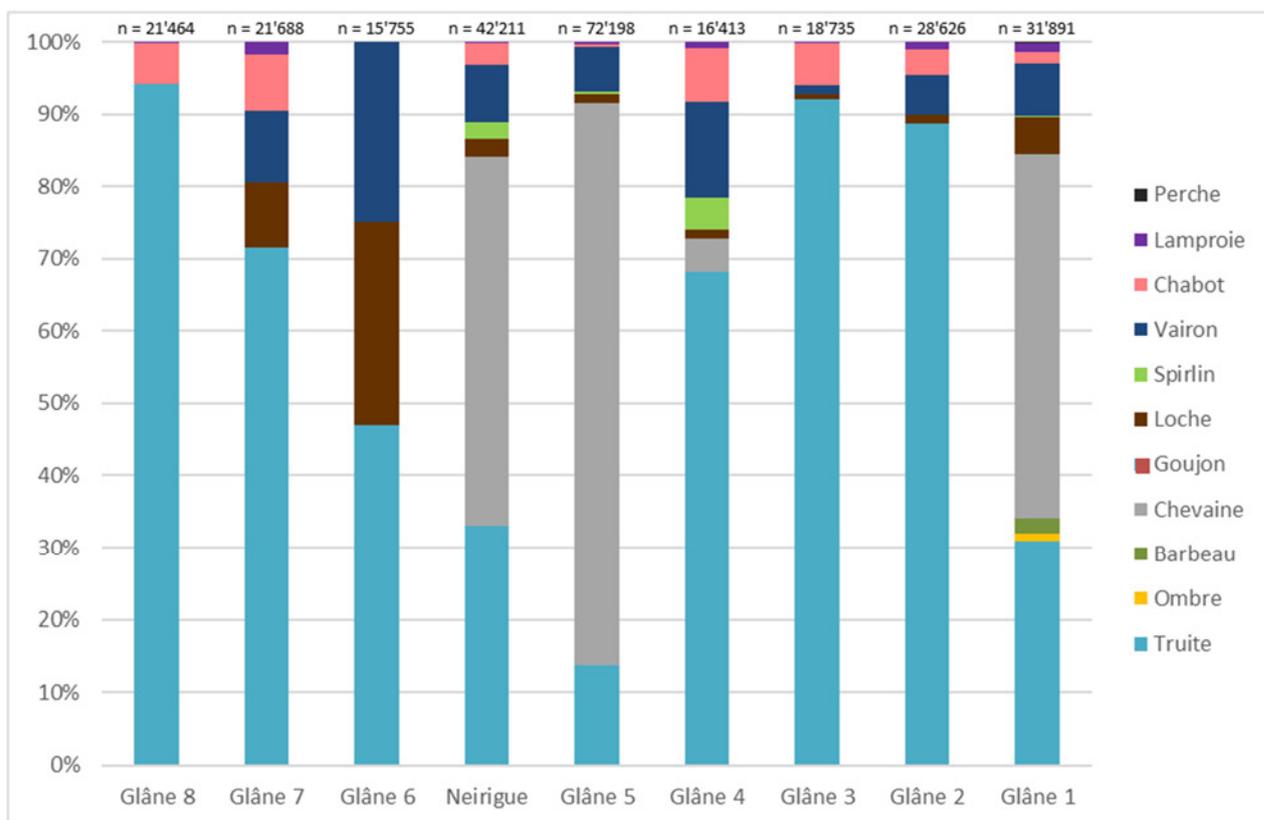


Fig. 52: Biomasse relative en % de chaque espèce par rapport à la biomasse totale de poissons capturés par station, indiqué au sommet des histogrammes, de 2015 à 2017

### Salmonidés

La truite est la seule espèce présente sur chacun des secteurs. Plus de 200 truites ont été capturées dans le secteur Glâne 8 en 2015 et 2016 (tableau 9). 522 captures y ont été réalisées en 2017, ce qui en fait la station avec la plus grande abondance de truites. A l'inverse, 12 individus ont été capturés en Glâne 5 lors des pêches de 2017.

Les effectifs de truites représentent moins du 23 % des poissons capturés dans chaque station, sauf dans le secteur Glâne 8, où cette espèce représente près du 90 % des individus observés (fig. 51). Cette station semble donc nettement plus favorable à la truite, probablement en raison de son écomorphologie et des caractéristiques physico-chimiques de ses eaux. Au total, 2854 truites ont été capturées sur l'ensemble des secteurs, durant les quatre années d'étude.

En termes de biomasse, les truites représentent près du 95 % de la biomasse capturée dans la station Glâne 8. Elles représentent également plus de 50 % du poids mesuré dans les sites Glâne 7, 4, 3, et Glâne 2. Par contre, en Glâne 5, la biomasse de truites capturées ne correspond qu'au 14 % de la biomasse totale de la station. Une brusque diminution de la biomasse de truites est rencontrée entre les secteurs.

---

Le second salmonidé observé sur la Glâne est l'ombre de rivière, présent seulement en Glâne 1 avec des effectifs de respectivement 4, 5 et 9 individus capturés en 2015, 2016 et 2017. Ils ne représentent que le 1 % de biomasse de la station.

### Cyprinidés

Le barbeau n'est observé qu'en Glâne 1. Le vairon et la loche franche sont présents dans tous les secteurs sauf en Glâne 8. Le vairon est l'espèce ayant la plus grande importance relative dans les captures puisqu'il représente jusqu'à 73 % des effectifs dans le secteur Glâne 5. Par contre, il ne représente globalement que peu de biomasse dans les différentes stations. Le spirilin est peu présent dans la rivière. Le chevaine est observé dans les stations aval. Sa biomasse représente une part importante du poids total dans les stations Glâne 5 et 1, ainsi que la Neirigue. En 2016, une nouvelle espèce, le goujon, a été pêchée dans le secteur Glâne 5.

### Autres familles

Le chabot et la lamproie ont été observés dans toutes les stations sauf en Glâne 6. Une perche a été capturée en 2016 en Glâne 1. La petite lamproie est bien présente dans la Glâne, alors que cette espèce est relativement rare dans le reste de la Suisse. La capture d'individus lors de pêches électriques nécessite une méthode de pêche différente que pour les autres poissons. Ceci est confirmé par le fait qu'un peu plus de 40 % des individus pêchés l'étaient lors du deuxième passage, contre 32 % pour les autres espèces (et même 20 % pour la truite). Les informations quant à la densité des lamproies dans les tronçons pêchés sont donc à considérer avec précaution.

## 3.2.2 Peuplement de truites

### Histogrammes

Toutes les truites capturées ont été mesurées et pesées. La longueur des poissons a ensuite été exprimée en classe de taille (une longueur comprise entre 160 et 169 mm correspond à la classe de taille de 160 mm p. ex.). Le peuplement de truites pour chaque station et chaque année est donné sous forme d'histogrammes (l'annexe 1 correspond aux résultats de 2015, l'annexe 2 pour ceux de 2016, l'annexe 3 pour 2017 et l'annexe 4 pour 2018), représentant le nombre d'individus par classe de taille.

### Détermination de l'âge des truites et croissance

Les prélèvements d'écaillés ont été effectués durant les pêches de 2015, avec un ajout en 2016. Les deux plus vieux individus observés, mesurant respectivement 458 mm (Glâne 2) et 471 mm (Glâne 3), ont été déterminés comme étant âgés de 6 ans (6+). Cinq poissons ont ensuite été déterminés comme étant âgés de 5 ans (5+), six comme 4 ans (4+), 26 comme 3 ans (3+), 125 comme 2 ans (2+), 166 comme 1 an (1+) et 24 comme étant des jeunes de l'année (0+). Ces résultats sont donnés dans l'annexe 4.

Afin d'estimer l'âge d'une truite en fonction de sa taille, ces données ont été reportées dans des matrices par secteur, représentant la détermination de l'âge du poisson en fonction de sa longueur (annexe 5). Ensuite, pour chaque classe de taille, le pourcentage du nombre d'individus de la classe d'âge x par rapport au nombre total de poissons de cette classe de taille a été déterminé, ce qui a donné les mêmes matrices, mais exprimées en pourcentage. Finalement, en instaurant par station des limites de taille pour chaque âge à l'aide des matrices, l'âge d'un poisson peut être estimé en fonction de sa taille (pour une capture à la fin de l'été), sans faire de scalimétrie (tableau 11).

		Âges			
		0+	1+	2+	> 2+
Secteurs	Glâne 8	0 - 89	90 - 159	160 - 239	≥ 240
	Glâne 7	0 - 119	120 - 179	180 - 249	≥ 250
	Glâne 6	0 - 109	110 - 209	210 - 249	≥ 250
	Neirigue	0 - 129	130 - 209	210 - 289	≥ 290
	Glâne 5	0 - 109	110 - 199	200 - 239	≥ 240
	Glâne 4	0 - 119	120 - 179	180 - 249	≥ 250
	Glâne 3	0 - 109	110 - 219	220 - 269	≥ 270
	Glâne 2	0 - 119	120 - 189	190 - 269	≥ 270
Glâne 1	0 - 129	130 - 199	200 - 309	≥ 310	

Tableau 11: Matrice de l'âge des truites capturées à la fin de l'été en fonction de leur taille (mm)

Ainsi, dans le secteur Glâne 8, un individu mesurant moins de 90 mm est considéré comme étant un poisson de l'année (0+). Un animal de longueur comprise entre 90 mm et 159 mm est âgé d'un an. Si une truite mesure de 160 mm à 239 mm, elle aura un âge estimé de deux ans. A partir de 240 mm, l'individu aura donc plus que deux ans dans ce secteur. Le même principe est appliqué aux autres sites.

Ces limites sont singulièrement plus basses dans le secteur Glâne 8. En effet, la croissance des individus est liée à différents paramètres, dont la température de l'eau. Plus celle-ci est froide, plus la croissance est limitée. En observant les données de température, il s'avère que l'eau est effectivement plus fraîche dans cette station (tableau 6), ce qui peut expliquer une croissance ralentie. A l'inverse, les taux de croissance de la Neirigue sont supérieurs, bien que les températures ne soient pourtant pas plus élevées (moyenne estivale 2017 de 17.1°C pour la Neirigue contre 18.2°C pour le secteur Glâne 6 ; tableau 6). D'autres paramètres peuvent donc expliquer cette différence, comme la quantité de nourriture disponible par exemple. En effet, la biomasse totale mesurée en Glâne 8 est la plus faible de toutes les

stations. De même, le poids de macroinvertébrés dans la Neirigue n'est pas très important par rapport aux stations aval. La croissance des truites dans les stations aval s'avère également plus élevée que pour les secteurs amont.

En utilisant le rétro-calcul (voir chapitre 2.6), la taille que le poisson avait après un, deux, etc. hivers peut être déterminée (fig. 53). La croissance est plus ou moins similaire sur tous les secteurs pour les jeunes poissons. Par contre, la croissance semble accrue pour les individus plus âgés dans les secteurs aval (Glâne 1, 2 et 3).

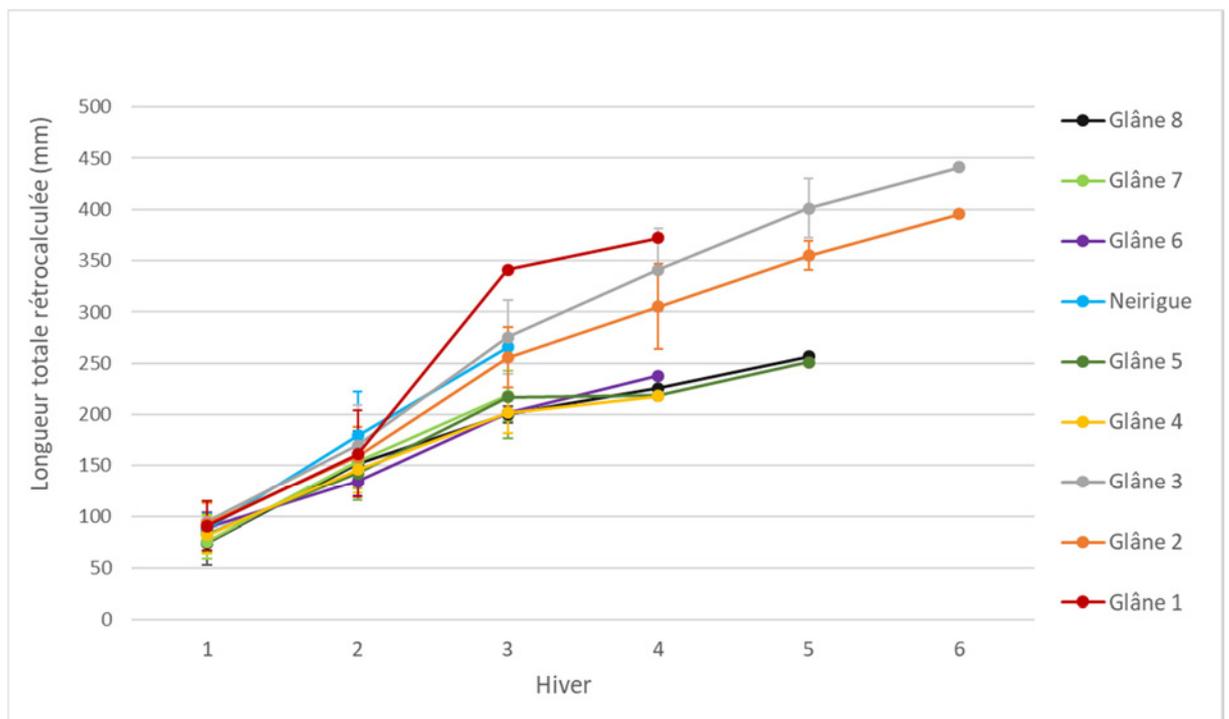


Fig. 53: Croissance des truites à l'hiver 1, 2, etc.

### Densité de truites

Les densités de truites ont été calculées pour chaque station, en fonction du nombre de poissons capturés aux premier et deuxième passages. Pour une meilleure visualisation des résultats, les densités des tronçons Glâne 8 et 7 ont été exprimées dans une figure séparée (fig. 54) des autres secteurs (fig. 55).

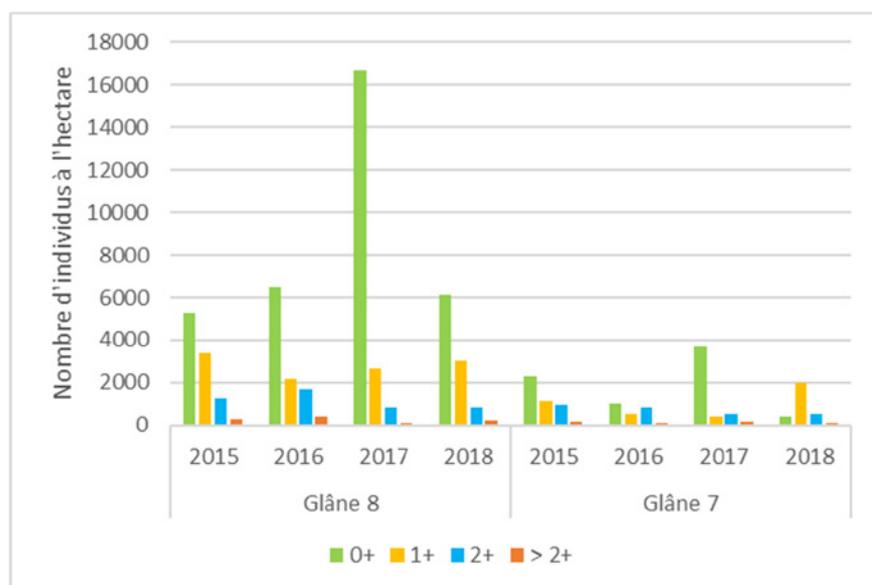


Fig. 54: Nombre d'individus estimés à l'hectare par catégorie d'âge pour les secteurs 8 et 7

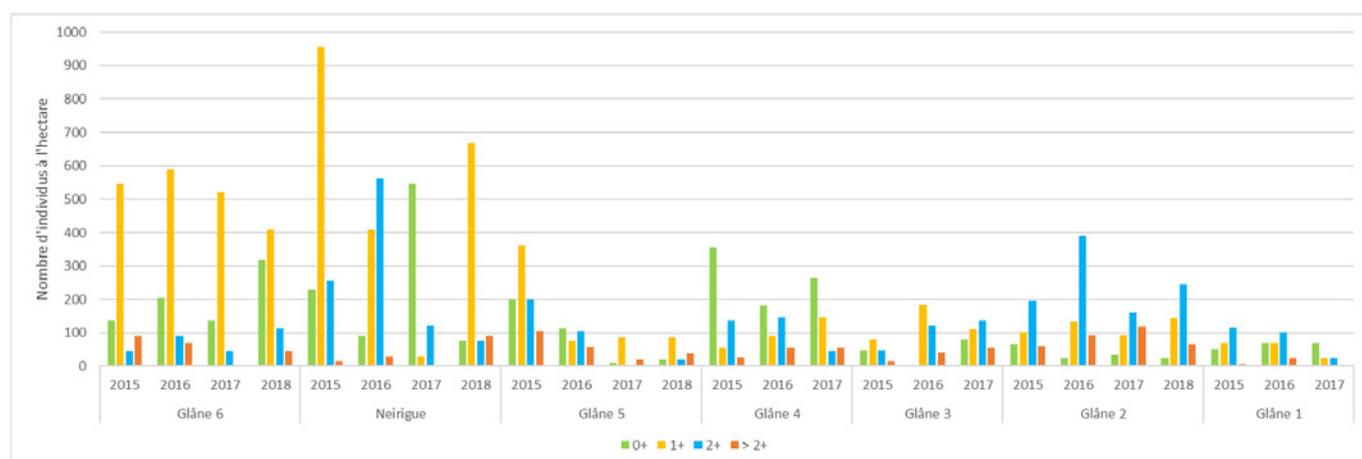


Fig. 55: Nombre d'individus estimés à l'hectare et par catégorie d'âge pour les secteurs 6 à 1 ainsi que la Neirigue

---

Les densités de truites diminuent de l'amont à l'aval. Les plus grandes densités sont définies en Glâne 8 (fig. 54). Plus de 16 000 individus ont été estimés en 2017. La densité diminue en Glâne 7, mais reste importante, avec plus de 1000 0+ estimés à l'hectare. Les densités chutent ensuite pour les secteurs aval, avec quelques centaines d'individus au plus (fig. 55).

Tous les 0+ capturés lors des trois années d'étude devraient être issus de frai naturel. En effet, aucun autre repeuplement ne devait avoir lieu durant cette période, si bien que les individus 0+ issus de pisciculture mis à l'eau en novembre, donc après les pêches électriques d'août, devaient entrer dans la catégorie 1+ l'année suivante. Tous les 0+ observés en août devaient donc bel et bien être des individus natifs. Néanmoins, malgré l'autorisation du Service des forêts et de la nature qui stipulait qu'un alevinage ne devait en aucun cas être réalisé dans la Glâne et la Neirigue durant les trois années d'étude, des poissons ont tout de même été mis à l'eau en 2016. Il se peut donc éventuellement que certains 0+ capturés en 2016 proviennent de cet alevinage et aient donc faussé quelque peu les analyses, mais il ne sera pas possible de faire la distinction entre ces individus et les juvéniles sauvages. Néanmoins, ce chiffre reste faible.

Particulièrement en Glâne 8 et également en Glâne 7, un peuplement bien structuré avec de nombreux jeunes (0+) apparaît, dénotant une forte réussite de la reproduction naturelle. Un substrat favorable et une bonne qualité d'eau pourrait expliquer cette observation. La Neirigue et le secteur Glâne 4 dénombrent quelques centaines de 0+ à l'hectare. Par contre, pour les secteurs Glâne 3, 2 et 1, le nombre de 0+ estimés à l'hectare passe sous la barre des 100 individus. Aucun 0+ n'a même été capturé en Glâne 3 en 2016. Le frai naturel dans ces secteurs s'avère donc très faible.

Une certaine variabilité annuelle apparaît dans la population de truitelles 0+ issues de frai naturel (fig. 56). En effet, dans le secteur Glâne 8, la population de 0+ estimée par hectare varie de 5280 individus en 2015 à plus de 16 000 en 2017. Par contre, les densités des stations Glâne 6, 5, 4, 3, 2, 1 et la Neirigue restent en dessous des 500 individus.

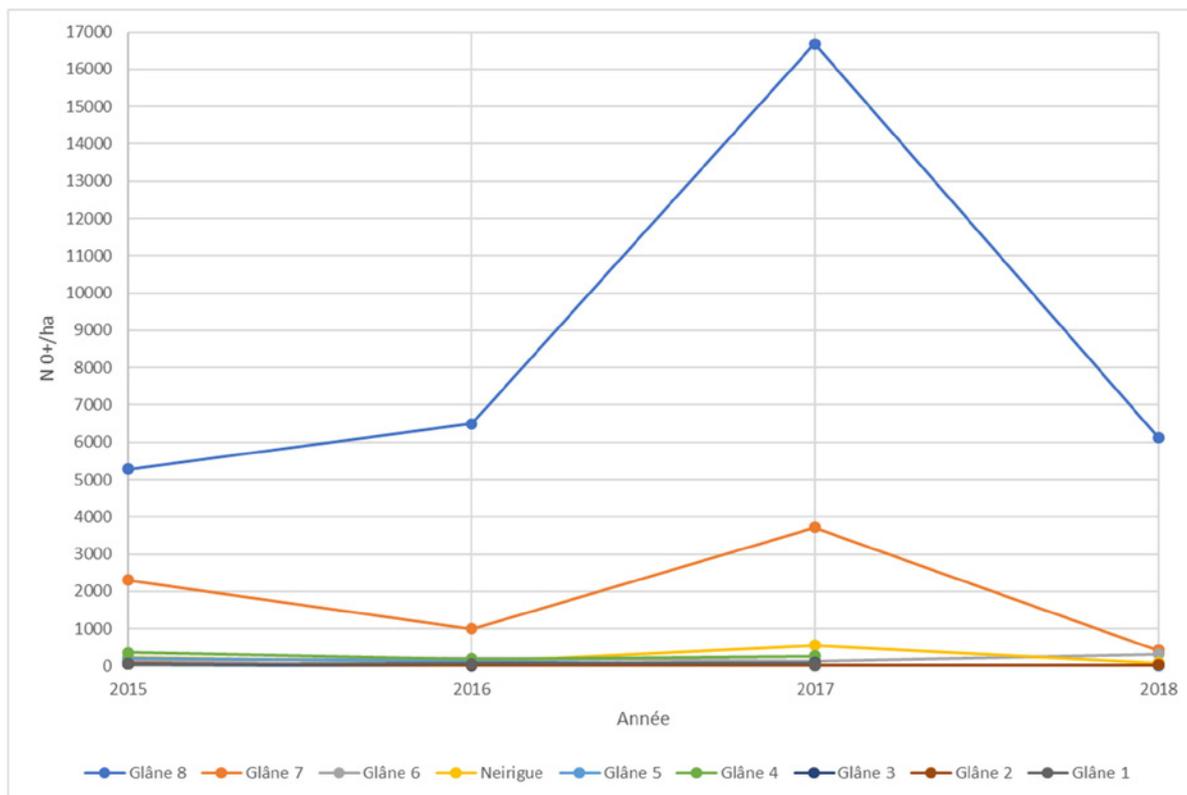


Fig. 56: Variabilité annuelle de la densité de 0+ par hectare

Concernant les classes d'âge plus grandes, on observe que la densité de 1+ est importante en Glâne 6, bien que le nombre de 0+ reste plus faible. Ce phénomène est également observé sur la Neirigue en 2015 et 2016, ainsi que sur Glâne 5 en 2015. Pourtant, ces stations ne bénéficient pas d'un stock élevé de 0+. Un phénomène de migration des jeunes peut éventuellement être à l'œuvre, ce qui accroît donc la cohorte 1+ l'année suivante. En effet, le frai naturel est efficace dans les deux secteurs amont, mais la capacité d'accueil de ces milieux est restreinte, ce qui pourrait ainsi provoquer de la dévalaison.

Plusieurs centaines d'individus 2+ sont estimés sur La Neirigue et Glâne 2 en 2016. Les individus plus âgés se rencontrent finalement dans chaque station, avec des densités allant de 0 (Glâne 6 et 1 et Neirigue en 2017) à 403 individus à l'hectare (Glâne 8 en 2016).

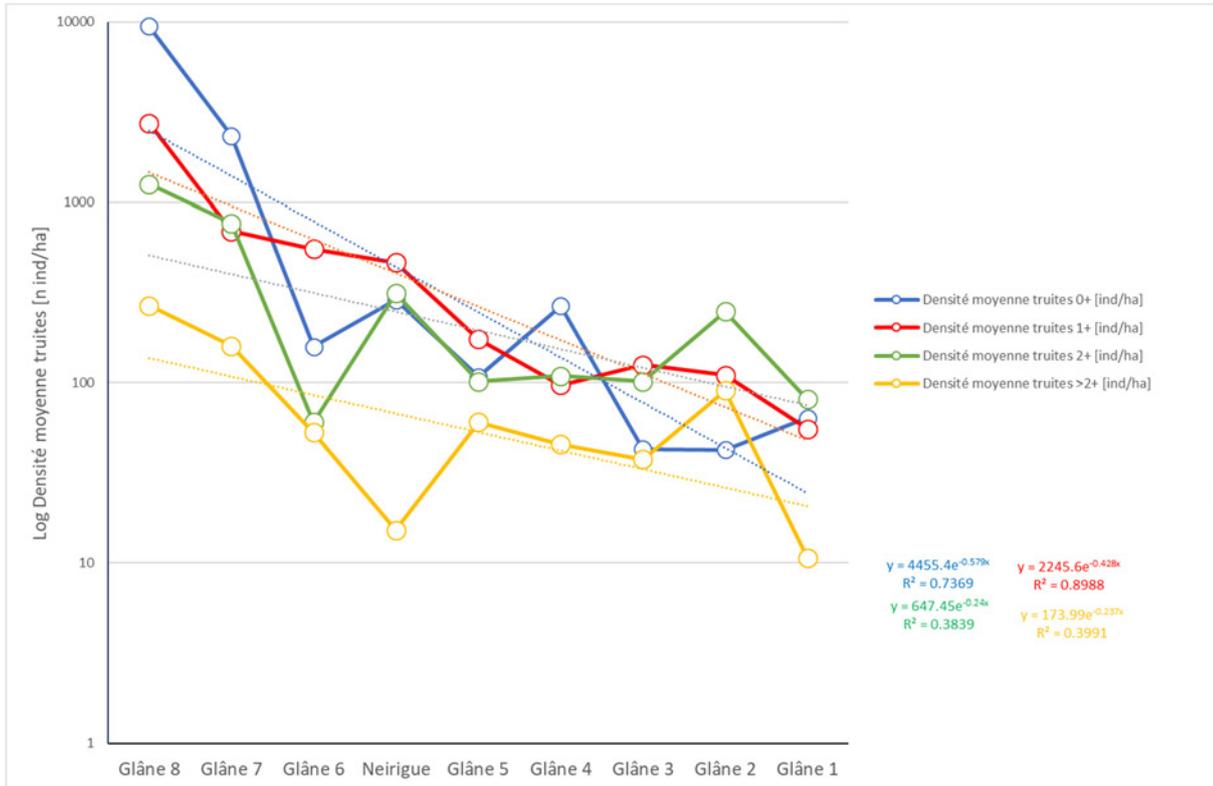


Fig. 57: Logarithme des densités moyennes de truites aux différentes classes d'âge

En calculant le logarithme de la moyenne des quatre années d'étude des densités des différentes classes d'âge (fig. 57), il ressort que, de manière générale, les densités de toutes les classes d'âge diminuent de l'amont vers l'aval, la diminution la plus accrue étant celle de la densité de 0+.

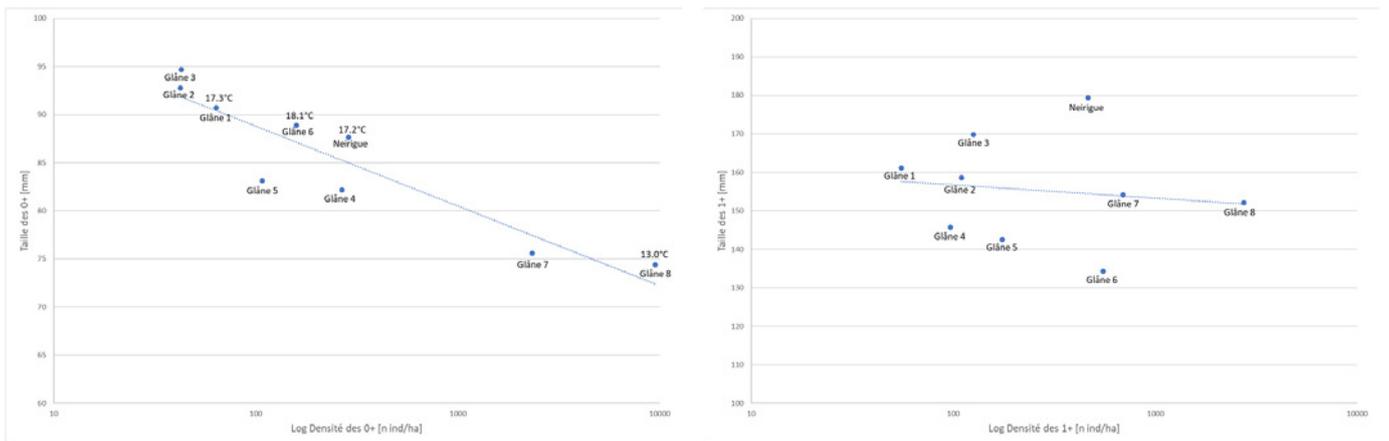


Fig. 58: Relation entre le logarithme des densités de 0+ et la taille au premier hiver (gauche) et relation entre le logarithme des densités 1+ et la taille au deuxième hiver (droite), avec mention des stations et températures moyennes 2017-2018 inscrites au-dessus des stations ayant des loggers

En observant la relation entre la taille des individus au premier hiver et le logarithme de la densité des truites 0+, il en ressort une corrélation négative (fig. 58 gauche). Ainsi, plus la densité est élevée, plus les individus sont petits, ce qui pourrait évoquer un mécanisme de densité-dépendance. Néanmoins, il convient également de prendre en compte la température, car une eau froide freinera la croissance des poissons. Ces deux processus semblent être à l'œuvre chez les individus 0+. Par contre, l'année suivante, cette corrélation n'est plus observée (fig. 58 droite).

A titre de comparaison, ces densités peuvent être classifiées en les reportant dans le Module Poisson des Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse édité par la Confédération (OFEFP, 2004). Ce module évalue sur une échelle de 0 (très bon) à 4 (mauvais) la qualité d'une station en fonction de différents paramètres, dont la présence de certaines espèces, la densité des classes d'âges, etc. Le paramètre 2 permet de rendre compte de la structure de la population, et notamment de l'évaluation de la reproduction naturelle. Ce paramètre se calcule selon la densité de 0+ par hectare et à l'aide du rapport de la densité de 0+ divisé par la densité des autres catégories d'âge. Une classe est ensuite donnée pour chacun de ces deux attributs (rapport et densité) (tableau 12). La classe attribuée à chaque station correspond à la note la plus élevée obtenue pour ces deux éléments.

Notation	Rapport 0+ / >0+	Densité de 0+ (ind./ha)		
		Plateau/Jura	Préalpes	Alpes
0	>1.59	>2500	>2000	>400
1	1.20-1.59	1500-2500	1000-2000	300-400
2	0.80-1.19	1000-1500	500-1000	200-300
3	0.40-0.79	250-1000	250-500	100-200
4	<0.40	<250	<250	<100

Tableau 12: Evaluation de la reproduction naturelle de la truite fario sur la base du rapport des poissons 0+ sur les poissons >0+ et de la densité de 0+ dans les différentes écorégions suisses (OFEFP, 2004)

Le calcul de ce paramètre a été appliqué aux différentes stations de la Glâne pour les quatre ans d'étude. Les résultats de densités de 0+ par hectare sont donnés dans le tableau 13. La station Glâne 8 est donc très favorable en termes de densité de 0+. Le frai naturel y est efficace. Le site Glâne 7 est également relativement bon. Par contre, les autres stations se situent dans la classe «mauvais».

Les résultats sont donnés selon la forme: densité de 0+ par hectare/classe attribuée.

Année	Glâne 8	Glâne 7	Glâne 6	Neirigue	Glâne 5	Glâne 4	Glâne 3	Glâne 2	Glâne 1
2015	5280 / 0	2302 / 1	136 / 4	227 / 4	200 / 4	355 / 3	48 / 4	68 / 4	51 / 4
2016	6490 / 0	991 / 3	204 / 4	91 / 4	114 / 4	182 / 4	0 / 4	25 / 4	70 / 4
2017	16683 / 0	3709 / 0	136 / 4	546 / 3	10 / 4	264 / 3	80 / 4	34 / 4	70 / 4
2018	6123 / 0	415 / 3	317 / 3	76 / 4	19 / 4	-	-	25 / 4	-

Tableau 13: Résultats et classes des stations de la Glâne pour la densité de 0+ par hectare

Les résultats concernant le rapport de densité 0+ / >0+ sont donnés dans le tableau 14. La station Glâne 8 obtient également des bons scores, ainsi que la Glâne 7 et la Glâne 4. Les autres sites n'obtiennent pas de bons résultats.

Les résultats sont donnés selon la forme: rapport densité 0+ divisé par la densité des âges >0+ / classe attribuée

Classe d'âge	Glâne 8	Glâne 7	Glâne 6	Neirigue	Glâne 5	Glâne 4	Glâne 3	Glâne 2	Glâne 1
2015	1.06 / 2	1.03 / 2	0.20 / 4	0.19 / 4	0.30 / 4	1.63 / 0	0.33 / 4	0.19 / 4	0.27 / 4
2016	1.51 / 1	0.67 / 3	0.27 / 4	0.09 / 4	0.48 / 3	0.63 / 3	0 / 4	0.04 / 4	0.35 / 4
2017	4.69 / 0	3.22 / 0	0.24 / 4	3.60 / 0	0.09 / 4	1.07 / 2	0.26 / 4	0.09 / 4	1.38 / 1
2018	1.49 / 1	0.16 / 4	0.56 / 3	0.09 / 4	0.13 / 4	-	-	0.06 / 4	-

Tableau 14 : Résultats et classes des stations de la Glâne pour le rapport de densité 0+ / >0+

Chaque station se voit finalement attribuer une seule classe représentée par le plus mauvais chiffre obtenu lors des deux calculs précédents (tableau 15). La station Glâne 8 est donc favorable au frai naturel. La densité de 0+ par rapport aux poissons plus âgés est bonne. Cette station bénéficie donc d'une bonne structure de la population, ainsi que d'un bon succès du frai naturel. La station Glâne 7 est aussi favorable. Cependant, les données de ces deux stations peuvent passablement varier d'une année à l'autre. Les autres sites obtiennent des mauvaises valeurs, ce qui signifie donc que la structure de la population n'est pas équilibrée et qu'il y a un déficit de 0+. Le frai naturel y fait donc défaut.

Classe d'âge	Glâne 8	Glâne 7	Glâne 6	Neirigue	Glâne 5	Glâne 4	Glâne 3	Glâne 2	Glâne 1
2015	2	2	4	4	4	3	4	4	4
2016	1	3	4	4	4	4	4	4	4
2017	0	0	4	4	4	3	4	4	4
2018	1	4	3	4	4	-	-	4	-

Tableau 15: Classes finales attribuées à chaque station pour le paramètre deux du Module Poisson

Ces données caractérisent les rôles des différents tronçons de la Glâne pour la truite, son développement, sa croissance et sa reproduction. En effet, on observe donc que les stations amont (Glâne 8 et Glâne 7) sont typiquement des zones de reproduction, alors que les zones aval, qui comportent un plus grand nombre d'individus 2+, sont plutôt des zones de vie et de croissance. La Glâne semble présenter une alternance de ces milieux. En effet, on retrouve une zone relativement favorable à la reproduction en Glâne 4, avec une plus forte représentation de 0+.

### 3.3 Repeuplement

#### 3.3.1 Lot témoin

##### Mortalité

En 2015, un individu est mort à la pisciculture trois jours après le marquage. Quatre truites étaient manquantes lors de l'échantillonnage de mars 2016. En mai 2016, suite à un problème d'arrivée d'eau survenu à la pisciculture, 248 truites parmi les 265 présentes sont mortes «artificiellement» des suites du manque d'eau. Les 17 individus toujours vivants ont été relâchés dans le lac. L'échantillonnage final a ainsi eu lieu sur des individus congelés. De plus, lors de la décongélation, certains poissons ont perdu leur marque, ce qui a rendu la distinction compliquée entre le lot « PIT Tag » et le lot «ADC».

En 2016, le lot témoin marqué a été conservé dans la nouvelle pisciculture d'Estavayer-le-Lac. Trois individus sont morts deux jours après le marquage. Un premier échantillonnage intermédiaire a été effectué le 2 mai 2017. A ce stade, une mycose s'était développée dans le bassin, ce qui a induit le décès de 32 poissons entre le 20 avril et le 2 mai 2017. 28 truites n'ont pas été retrouvées lors de cet échantillonnage. La dernière observation de ce lot témoin a été effectuée le 21 septembre 2017. 25 poissons étaient morts entre l'échantillonnage intermédiaire et le final. 10 individus étaient manquants.

Ainsi, pour la première campagne de 2015, un individu est mort à la pisciculture trois jours après le marquage. En 2016, trois individus ont succombé deux jours après le marquage. Les individus morts ultérieurement n'étaient pas dus au marquage proprement dit. Ainsi, quatre individus sur les 180 marqués ( $4/180 = 2.2\%$ ) ou les 540 manipulés ( $2 \times 270$  individus du lot témoin) ( $4/540 = 0.7\%$ ), sont décédés des suites du marquage.

##### Croissance

Les informations relevées lors des échantillonnages sont données dans le tableau 6 pour le lot témoin de 2015.

*Données exprimées selon la forme: Longueur moyenne  $\pm$  écart type (longueur minimale - longueur maximale) nombre d'individus*

Echantillonnage	Lot	Longueur totale (mm)	Poids total (g)	Coefficient K
Initial	PIT-Tag	88 $\pm$ 8 (71-109) n= 90	6.5 $\pm$ 1.9 (3.2-12.7) n=90	0.936 $\pm$ 0.066 (0.723-1.104) n=90
	ADC	-	-	-
	Rien	-	-	-
Intermédiaire	PIT-Tag	122 $\pm$ 12 (98-150) n= 88	20.7 $\pm$ 6.4 (9.7-38.4) n=88	1.101 $\pm$ 0.070 (0.940-1.270) n=88
	ADC	124 $\pm$ 11 (100-151) n= 87	21.0 $\pm$ 5.4 (9.7-37.6) n=87	1.092 $\pm$ 0.086 (0.951-1.477) n=87
	Rien	120 $\pm$ 12 (95-152) n= 90	19.6 $\pm$ 6.1 (8.5-41.2) n=90	1.090 $\pm$ 0.076 (0.774-1.322) n=90
Final	PIT-Tag	132 $\pm$ 12 (100-161) n= 68	24.1 $\pm$ 7.0 (10.3-42.9) n=68	1.023 $\pm$ 0.080 (0.864-1.271) n=68
	ADC	129 $\pm$ 12 (102-167) n= 123	22.4 $\pm$ 6.1 (10.3-40.2) n=123	1.023 $\pm$ 0.089 (0.760-1.258) n=123
	Rien	133 $\pm$ 9 (109-151) n= 57	24.4 $\pm$ 4.9 (13.2-36.9) n=57	1.029 $\pm$ 0.083 (0.849-1.213) n=57

Tableau 16: Croissance des poissons du lot témoin 2015

Les informations relevées lors des échantillonnages du lot témoin de 2016 sont données dans le tableau 17. Cependant, les poissons conservés au congélateur suite au développement de champignons n'ont pas été pris en compte dans ce tableau.

Echantillonnage	Lot	Longueur totale (mm)	Poids total (g)	Coefficient K
Initial	PIT-Tag	81 ± 9 (65-110) n= 90	5.7 ± 2.1 (2.4-13.6) n=90	1.007 ± 0.114 (0.700-1.683) n=90
	ADC	81 ± 10 (60-104) n= 90	5.6 ± 2.1 (1.8-11.7) n=90	1.005 ± 0.090 (0.795-1.288) n=90
	Rien	81 ± 10 (60-108) n= 90	5.6 ± 1.9 (2.3-12.4) n=90	1.027 ± 0.100 (0.758-1.343) n=90
Intermédiaire	PIT-Tag	115 ± 13 (82-142) n= 65	17.7 ± 6.5 (6.0-35.1) n=65	1.114 ± 0.108 (0.776-1.295) n=65
	ADC	116 ± 12 (89-146) n= 62	17.9 ± 5.8 (8.4-36.5) n=62	1.113 ± 0.108 (0.811-1.315) n=62
	Rien	115 ± 12 (90-151) n= 80	17.8 ± 6.8 (8.0-50.0) n=80	1.131 ± 0.102 (0.894-1.452) n=80
Final	PIT-Tag	169 ± 15 (139-204) n= 55	53.4 ± 15.6 (24.4-94.4) n=55	1.080 ± 0.083 (0.909-1.336) n=55
	ADC	168 ± 19 (140-236) n= 57	54.0 ± 22.2 (27.3-149.8) n=57	1.084 ± 0.111 (0.901-1.661) n=57
	Rien	169 ± 17 (136-210) n= 60	53.4 ± 18.4 (24.8-110.7) n=60	1.075 ± 0.075 (0.958-1.286) n=60

Tableau 17: Croissance des poissons du lot témoin de 2016

Des tests de Student ont été effectués afin de comparer les taux de croissance, le poids et le coefficient de condition de Fulton (coefficient K, se calcule en divisant le poids par la taille au cube) des différents lots lors des échantillonnages (tableau 18).

Pour le lot de 2015, il a été choisi de ne faire l'analyse statistique que sur les données récoltées lors de l'échantillonnage intermédiaire. En effet, les données de taille et poids des individus « ADC » et « Rien » n'ont pas été recueillies lors de l'échantillonnage initial, et, comme dit ci-dessus, les données du prélèvement final sont difficilement exploitables. Par contre, pour le lot témoin de 2016, les données des trois échantillonnages sont disponibles.

**Aucune différence significative de croissance liée à l'ablation de la nageoire adipeuse ou au marquage par PIT Tag n'a pu être mise en évidence lors des différents échantillonnages (tableau 18). Le fait de marquer des truites par PIT Tag n'induit donc pas une modification de la croissance.**

T-Test	2015		2016					
	Intermédiaire		Initial		Intermédiaire		Final	
	PIT-Tag	ADC	PIT-Tag	ADC	PIT-Tag	ADC	PIT-Tag	ADC
<b>T-Test Taille</b>								
ADC	0.446	-	0.828	-	0.683	-	0.883	-
Rien	0.280	0.058	0.766	0.938	0.901	0.568	0.929	0.948
<b>T-Test Poids</b>								
ADC	0.768	-	0.884	-	0.856	-	0.877	-
Rien	0.215	0.100	0.893	0.985	0.920	0.934	0.992	0.889
<b>T-Test Coeff K</b>								
ADC	0.415	-	0.920	-	0.947	-	0.846	-
Rien	0.288	0.867	0.219	0.135	0.359	0.329	0.747	0.634

Tableau 18: Résultats statistiques (*p-value*) des tests de Student pour le lot témoin de 2016

### Perte de marque

Sur l'ensemble des deux lots témoin (2\*270 poissons, soit un total de 540 individus), un unique poisson a perdu sa marque en 2015 (cicatrice visible lors de l'échantillonnage mais pas de marque détectée). Ceci représente donc un taux de perte de marque de 0.2 %.

**Au vu des résultats, aucune modification des taux de croissance n'a été observée. De plus, la mortalité due au marquage et la perte de PIT Tag peut être considérée comme négligeable et n'induit donc pas d'effets sur les poissons remis à l'eau.**

### 3.3.2 Marquage à la pisciculture

En novembre 2015 et 2016, 1955 truitelles ont été marquées chaque année à la pisciculture de Belfaux. Avant d'être répartis sur les différents secteurs, ces poissons ont été pesés et mesurés individuellement. La longueur moyenne, le poids moyen et la moyenne du coefficient K des poissons de chaque station ont été calculés pour les deux années de marquage (tableau 19 et tableau 20).

*Avec les indications: Moyenne ± écart type (Maximum - Minimum) nombre d'individus*

Secteur	Longueur totale (mm)	Poids total (g)	Coefficient K
Glâne 8	87 ± 7 (70-112) n=68	6.2 ± 1.7 (3.0-13.2) n=68	0.913 ± 0.066 (0.809-1.106) n=68
Glâne 7	89 ± 9 (63-116) n=78	6.8 ± 2.0 (2.7-14.2) n=78	0.910 ± 0.044 (0.770-1.043) n=78
Glâne 6	87 ± 9 (61-118) n=110	6.3 ± 2.0 (2.2-15.7) n=110	0.916 ± 0.047 (0.801-1.032) n=110
Neirigue	88 ± 8 (68-116) n=164	6.6 ± 1.9 (2.8-12.6) n=164	0.959 ± 0.065 (0.735-1.277) n=164
Glâne 5	87 ± 7 (66-105) n=263	6.4 ± 1.6 (2.7-11.3) n=263	0.965 ± 0.102 (0.668-1.517) n=263
Glâne 4	86 ± 6 (70-111) n=275	6.4 ± 1.5 (3.1-13.5) n=275	0.974 ± 0.066 (0.635-1.230) n=275
Glâne 3	89 ± 8 (61-121) n=311	6.6 ± 2.0 (2.0-15.9) n=311	0.922 ± 0.080 (0.651-1.660) n=311
Glâne 2	91 ± 9 (69-117) n=295	7.0 ± 2.1 (2.8-14.5) n=295	0.918 ± 0.070 (0.648-1.091) n=295
Glâne 1	89 ± 8 (68-117) n= 391	6.5 ± 2.0 (2.6-15.0) n=391	0.910 ± 0.066 (0.610-1.291) n=391
	88 ± 8 (61-121) n=1955	6.6 ± 1.9 (2.0-15.9) n=1955	0.934 ± 0.078 (0.610-1.660) n=1955

Tableau 19: Croissance initiale des poissons marqués en 2015 et remis à l'eau

Secteur	Longueur totale (mm)	Poids total (g)	Coefficient K
Glâne 8	83 ± 9 (60-110) n=68	5.7 ± 2.0 (2.3-12.9) n=68	0.985 ± 0.081 (0.653-1.130) n=68
Glâne 7	85 ± 10 (65-112) n=78	6.3 ± 2.4 (2.5-15.3) n=78	0.972 ± 0.084 (0.631-1.150) n=78
Glâne 6	82 ± 8 (61-99) n=110	5.6 ± 1.6 (2.5-9.4) n=110	0.985 ± 0.074 (0.798-1.190) n=110
Neirigue	85 ± 9 (62-110) n=164	6.4 ± 2.1 (2.3-13.9) n=164	1.009 ± 0.075 (0.649-1.197) n=164
Glâne 5	82 ± 9 (60-112) n=263	5.7 ± 2.1 (2.1-14.7) n=263	0.975 ± 0.074 (0.782-1.384) n=263
Glâne 4	82 ± 8 (65-110) n=275	6.0 ± 2.0 (2.6-14.9) n=275	1.069 ± 0.101 (0.864-1.912) n=275
Glâne 3	83 ± 9 (60-112) n=311	6.3 ± 2.2 (2.3-17.0) n=311	1.049 ± 0.085 (0.625-1.752) n=311
Glâne 2	83 ± 9 (60-111) n=295	5.7 ± 2.0 (1.9-15.3) n=295	0.952 ± 0.094 (0.572-1.449) n=295
Glâne 1	82 ± 9 (62-124) n= 391	5.4 ± 2.0 (2.1-17.2) n=391	0.953 ± 0.098 (0.632-1.902) n=391
	83 ± 9 (60-124) n=1955	5.9 ± 2.1 (1.9-17.2) n=1955	0.996 ± 0.099 (0.572-1.918) n=1955

Tableau 20: Croissance initiale des poissons marqués en 2016 et remis à l'eau

### 3.3.3 Recapture des poissons marqués

En 2015, 1955 poissons marqués ont été remis à l'eau dans les secteurs d'étude après le marquage de novembre. 7824 poissons ont également été immergés, 200 mètres en amont et 200 mètres en aval des secteurs, après ablation de la nageoire adipeuse.

Lors du tracking mobile d'août 2016, effectué sur environ 200 mètres en aval de la station, les 100 mètres du secteur ainsi que 200 mètres en amont, 45 PIT Tags ont été détectés (tableau 21).

En 2016, 23 poissons marqués sur les 1955 relâchés (taux de recapture de 1.2 % au total, compris entre 0 et 5.5 % en fonction des stations) ont ensuite été recapturés lors des pêches électriques de fin août 2016. Parmi ceux-ci, trois individus mis à l'eau en Glâne 3 ont été retrouvés en Glâne 2. Les autres individus ont été réobservés dans leur secteur d'origine. 54 individus ADC (sur les 7824 relâchés sur 200 m en amont et en aval des secteurs, soit un taux de recapture de 0.7 %) ont également été retrouvés lors de ces pêches.

Le tracking mobile couplé à une pêche électrique (voir par. 2.5.6) effectués en avril 2017 ont permis la capture de deux individus vivants ainsi que la détection de 37 PIT Tags. Aucune truite marquée issue du marquage de 2015 n'a été capturée lors des pêches électriques d'août 2017. Pour les truites ADC, il n'est pas possible de faire la distinction entre les poissons remis à l'eau en 2015 et en 2016. Néanmoins, lors des pêches de 2017, deux individus mesuraient respectivement 341 millimètres et 352 millimètres. Il est fort probable que ces deux truites ADC proviennent des lots de poissons mis à l'eau en 2015.

En août 2018, les secteurs Glâne 8, 7, 6, 5, 2 et Neirigue ont été analysés. Aucun poisson marqué ou ADC n'a été observé lors de ces pêches. Le tracking de septembre 2018, effectué sur les secteurs Glâne 7 et 6, a permis l'observation d'un individu vivant en Glâne 7, ainsi que la détection de 7 PIT Tags dans cette station, contre 9 en Glâne 6.

*Les chiffres entre parenthèses donnent les pourcentages de recapture*

Station	Nb marqués novembre 2015	Nb ADC novembre 2015	Nb détectés tracking août 2016	Nb marqués capturés pêches août 2016	Nb ADC capturés pêches août 2016	Nb vivants détectés tracking avril 2017	Nb morts détectés tracking avril 2017	Nb marqués capturés pêches août 2017	Nb ADC capturés pêches août 2017	Nb marqués capturés pêches août 2018	Nb ADC capturés pêches août 2018	Nb vivants détectés tracking septembre 2018	Nb morts détectés tracking septembre 2018	Nb de marques non retrouvées
Glâne 8	68	273	9 (13.2%)	1 (1.5%)	1 (0.4%)	0 (0%)	14 (20.6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	52 (76.4%)
Glâne 7	78	313	1 (1.3%)	0 (0%)	7 (2.2%)	0 (0%)	9 (11.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1.3%)	7 (9.0%)	65 (83.3%)
Glâne 6	110	441	11 (10.0%)	6 (5.5%)	10 (2.3%)	0 (0%)	4 (3.6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (8.2%)	87 (79.0%)
Neirigue	164	659	5 (3.0%)	0 (0%)	2 (0.3%)	0 (0%)	3 (1.8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	157 (95.7%)
Glâne 5	263	1050	3 (1.1%)	2 (0.8%)	3 (0.3%)	0 (0%)	4 (1.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	255 (97.0%)
Glâne 4	275	1098	5 (1.8%)	2 (0.8%)	8 (0.7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	268 (97.5%)
Glâne 3	311	1245	4 (1.3%)	7 (2.3%)	9 (0.7%)	1 (0.3%)	1 (0.3%)	0 (0%)	1 (0%)	-	-	-	-	300 (96.5%)
Glâne 2	295	1180	4 (1.4%)	3 (1.0%)	7 (0.6%)	1 (0.3%)	1 (0.3%)	0 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	289 (98.0%)
Glâne 1	391	1565	3 (0.8%)	2 (0.5%)	7 (0.4%)	0 (0%)	1 (0.3%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	385 (98.5%)
<b>Total</b>	1955	7824	45 (2.3%)	23 (1.2%)	54 (0.7%)	2 (0.1%)	37 (1.9%)	0 (0%)	2 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.5%)	16 (8.5%)	1858 (95.0%)

Tableau 21: Taux de recapture des poissons marqués en 2015

En 2016, le même nombre de poissons marqués par PIT Tag et par ablation de la nageoire adipeuse en 2015 a été remis à l'eau en novembre.

20 individus vivants et 61 PIT Tags ont été observés lors du tracking d'avril 2017, sur les 1955 poissons marqués en novembre 2016 (tableau 22).

13 truites ont été recapturées lors des pêches électriques d'août 2017 (taux de recapture de 0.7 % au total, compris entre 0 et 4.5 % en fonction des stations), dont une mise à l'eau en Glâne 5 et recapturée en Glâne 2, ainsi que 52 individus ADC (taux de recapture de 0.7 %). Parmi ceux-ci, deux poissons ayant une grande taille ont été attribués comme étant des individus provenant du marquage de 2015.

Lors des pêches électriques d'août 2018, un individu marqué a été recapturé en Glâne 6, ainsi que deux individus ADC en Glâne 7 et un poisson ADC en Glâne 2. Pendant le tracking de septembre 2018, aucun individu vivant marqué en 2016 n'a été observé. 13 PIT Tags ont été détectés, 8 provenant du secteur Glâne 6 et 4 du secteur Glâne 7. Un PIT Tag mis à l'eau en Glâne 8 a également été détecté en amont du secteur Glâne 7.

Station	Nb marqués novembre 2016	Nb ADC novembre 2016	Nb vivants détectés tracking avril 2017	Nb morts détectés tracking avril 2017	Nb marqués capturés pêches août 2017	Nb ADC capturés pêches août 2017	Nb marqués capturés pêches août 2018	Nb ADC capturés pêches août 2018	Nb vivants détectés tracking septembre 2018	Nb morts détectés tracking septembre 2018	Nb de marques non retrouvées
Glâne 8	68	273	2 (2.9%)	14 (20.6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	1 (1.5%)	51 (75.0%)
Glâne 7	78	313	9 (11.5%)	6 (7.7%)	2 (2.6%)	5 (1.6%)	0 (0%)	2 (0.6%)	0 (0%)	4 (5.1%)	61 (78.2%)
Glâne 6	110	441	6 (5.5%)	6 (5.5%)	5 (4.5%)	7 (1.6%)	1 (0.9%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (7.3%)	89 (80.9%)
Neirigue	164	659	0 (0%)	7 (4.3%)	1 (0.6%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	156 (95.1%)
Glâne 5	263	1050	0 (0%)	13 (4.9%)	1 (0.4%)	4 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	249 (94.7%)
Glâne 4	275	1098	2 (0.7%)	2 (0.7%)	3 (1.1%)	13 (1.2%)	-	-	-	-	266 (96.7%)
Glâne 3	311	1245	0 (0%)	4 (1.3%)	1 (0.3%)	7 (0.6%)	-	-	-	-	299 (96.1%)
Glâne 2	295	1180	1 (0.3%)	7 (2.4%)	0 (0%)	10 (0.8%)	0 (0%)	1 (0.1%)	-	-	285 (96.6%)
Glâne 1	391	1565	0 (0%)	2 (0.5%)	0 (0%)	3 (0.2%)	-	-	-	-	385 (98.5%)
<b>Total</b>	1955	7824	20 (1.0%)	61 (3.1%)	13 (0.7%)	52 (0.7%)	1 (0%)	3 (0%)	0 (0%)	13 (6.9%)	1841 (94.2%)

Tableau 22: Taux de recapture des poissons marqués en 2016

### Synthèse

Ainsi, 1955 truites marquées avec PIT Tags et ADC et 7824 poissons seulement ADC ont été remis à l'eau en 2015, puis à nouveau en 2016. Au total, 19 558 ((1955+7824)\*2) individus issus de pisciculture ont été alevinés dans les neuf secteurs d'étude. Lors des pêches électriques, 148 poissons alevinés ont été recapturés (37 marqués et 111 ADC). Ceci représente **un pourcentage de recapture de 0.9 % pour les individus marqués et de 0.7 % pour les truites ADC**. Ainsi, un grand nombre d'individus doit être remis à l'eau si l'on veut en retrouver quelques-uns dans les peuplements.

### 3.3.4 Efficacité du repeuplement

Après le taux de recapture, la part de poissons alevinés par rapport à la population sauvage correspondant à la même catégorie d'âge peut être mesurée. Ainsi, les truitelles 0+ mises à l'eau en novembre 2015 étaient d'âge 1+ lors des pêches d'août 2016. Le nombre d'individus natifs appartenant à la catégorie d'âge 1+ (déterminé selon les limites de taille par classe d'âge du tableau 11) observés par secteur a été calculé, de même que le nombre de poissons alevinés recapturés (tableau 23). La même méthodologie a été appliquée pour les individus mis à l'eau en 2016 et recapturés lors des pêches de 2017. Des histogrammes représentant ces pourcentages pour les années 2016 et 2017 sont donnés dans la figure 59.

Secteur	Pêches électriques août 2016					Pêches électriques août 2017				
	Nb PIT-Tag recapturés	Nb ADC recapturés	Nb total de 1+ sauvages	Nb alevinés par rapport au nombre total de poissons de la cohorte 1+	% alevinés dans la population totale de 1+	Nb PIT-Tag recapturés	Nb ADC recapturés	Nb total de 1+ sauvages	Nb alevinés par rapport au nombre total de poissons de la cohorte 1+	% alevinés dans la population totale de 1+
Glâne 8	1	1	57	2/59	3%	0	0	72	0/72	0%
Glâne 7	0	7	10	7/17	41%	2	5	6	7/13	54%
Glâne 6	6	10	10	16/26	62%	5	7	11	12/23	52%
Neirigue	0	2	24	2/26	8%	1	1	0	2/2	100%
Glâne 5	2	3	4	5/9	56%	0	4	5	4/9	44%
Glâne 4	2	8	0	10/10	100%	3	13	0	16/16	100%
Glâne 3	4	9	5	13/18	72%	1	7	7	8/15	53%
Glâne 2	6	7	3	13/16	81%	1	10	0	11/11	100%
Glâne 1	2	7	2	9/11	82%	0	3	1	3/4	75%
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>54</b>	<b>115</b>	<b>77/192</b>	<b>40%</b>	<b>13</b>	<b>50</b>	<b>102</b>	<b>63/165</b>	<b>38%</b>

Tableau 23: Part de poissons alevinés 1+ par rapport à la population sauvage en 2016 et 2017

#### Situation une année après l'alevinage

**Lot 2015:** La part de poissons alevinés par rapport à la population native d'âge 1+ varie passablement d'une station à l'autre. En effet, elle atteint respectivement 3 et 8 % dans les stations Glâne 8 et la Neirigue, et monte jusqu'à 100 % en Glâne 4 en 2016. La moyenne est de 40 % (77 individus mis à l'eau pour 115 1+ natifs).

**Lot 2016:** En 2017, aucun individu aleviné n'est retrouvé en Glâne 8 et les 100 % (mais le nombre d'individus est très faible) des poissons de la catégorie 1+ sur la Neirigue (n=2), Glâne 4 (n=16) et Glâne 2 (n=11) sont issus de pisciculture. La moyenne est de 38 % (63 truites alevinées pour 102 1+ natifs).

**Les poissons issus du repeuplement, bien qu'en très faible nombre, occupent donc une part importante dans la population de truites de catégorie d'âge 1+.**

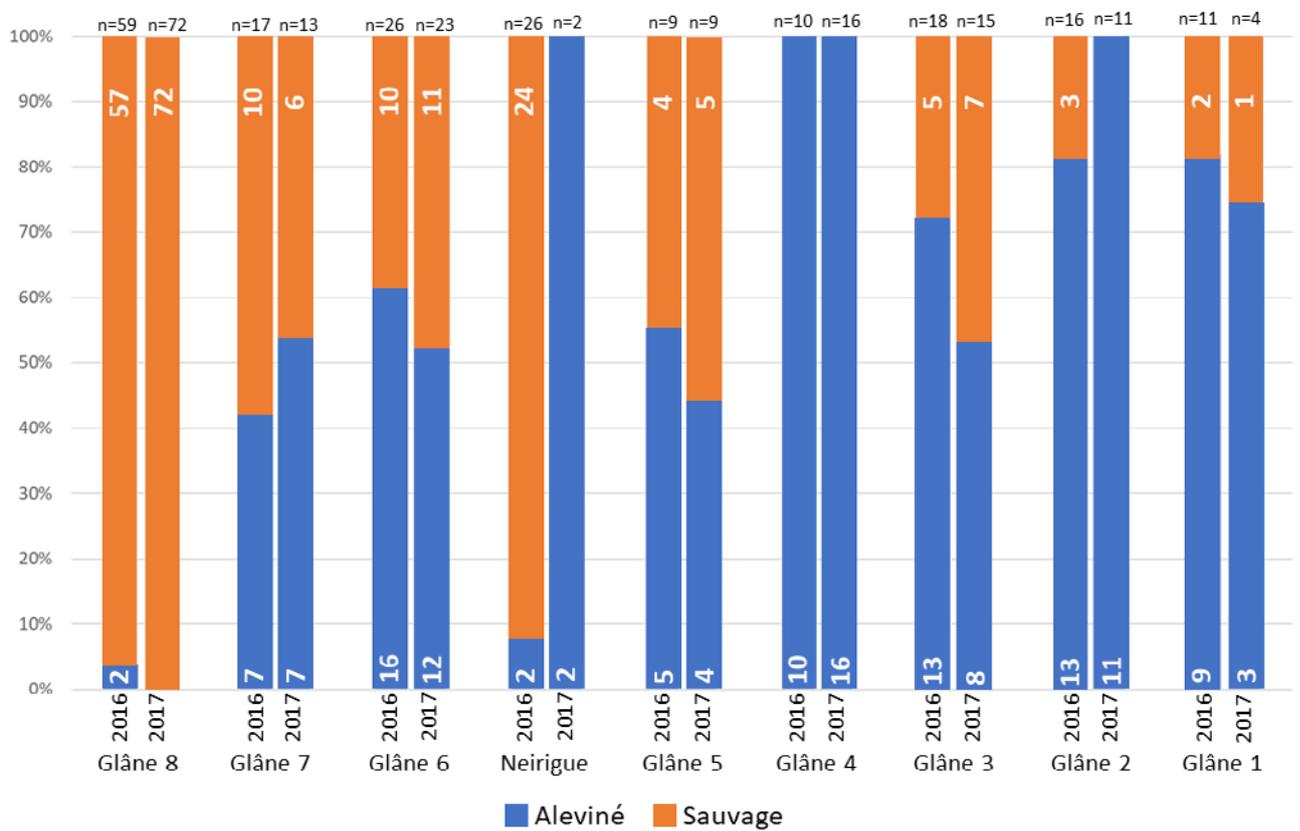


Fig. 59: Histogrammes des pourcentages de poissons alevinés et sauvages dans la population de catégorie d'âge 1+ (le nombre d'individus de chaque catégorie est inscrit dans chaque colonne)

### Situation deux ans après l'alevinage

Les poissons alevinés en 2015 ont également pu être suivis en 2017, de même que ceux issus du repeuplement de 2016 et étudiés en 2018. Ces individus se trouvent donc dans la catégorie 2+ (tableau 24 et fig. 60). Lors des pêches de 2017, aucun poisson marqué en 2015 n'a été observé. Deux individus ADC de grande taille pouvant appartenir à la catégorie 2+ ont été capturés, sur un total de 89 truites sauvages (2 % d'individus alevinés dans la population).

En août 2018, un individu marqué par PIT Tag en 2016 a été capturé en Glâne 6, ainsi que deux truites ADC en Glâne 7 et un poisson ADC en Glâne 2. 77 truites sauvages d'âge 2+ ont été échantillonnées (5 % d'individus alevinés dans la population).

Secteur	Pêches électriques août 2017					Pêches électriques août 2018				
	Nb PIT-Tag recapturés	Nb ADC recapturés	Nb total de 2+ sauvages	Nb alevinés par rapport au nombre total de poissons de la cohorte 2+	% alevinés dans la population totale de 2+	Nb PIT-Tag recapturés	Nb ADC recapturés	Nb total de 2+ sauvages	Nb alevinés par rapport au nombre total de poissons de la cohorte 2+	% alevinés dans la population totale de 2+
Glâne 8	0	0	22	0/22	0%	0	0	23	0/23	0%
Glâne 7	0	0	17	0/17	0%	0	2	15	2/17	12%
Glâne 6	0	0	1	0/1	0%	1	0	4	1/5	20%
Neirigue	0	0	8	0/8	0%	0	0	5	0/5	0%
Glâne 5	0	0	0	0/0	0%	0	0	2	0/2	0%
Glâne 4	0	0	5	0/5	0%	-	-	-	-	-
Glâne 3	0	1	16	1/17	6%	-	-	-	-	-
Glâne 2	0	1	16	1/17	6%	0	1	28	1/29	3%
Glâne 1	0	0	4	0/4	0%	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>89</b>	<b>2/91</b>	<b>2%</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>77</b>	<b>4/81</b>	<b>5%</b>

Tableau 24: Part de poissons alevinés 2+ par rapport à la population sauvage en 2017 et 2018

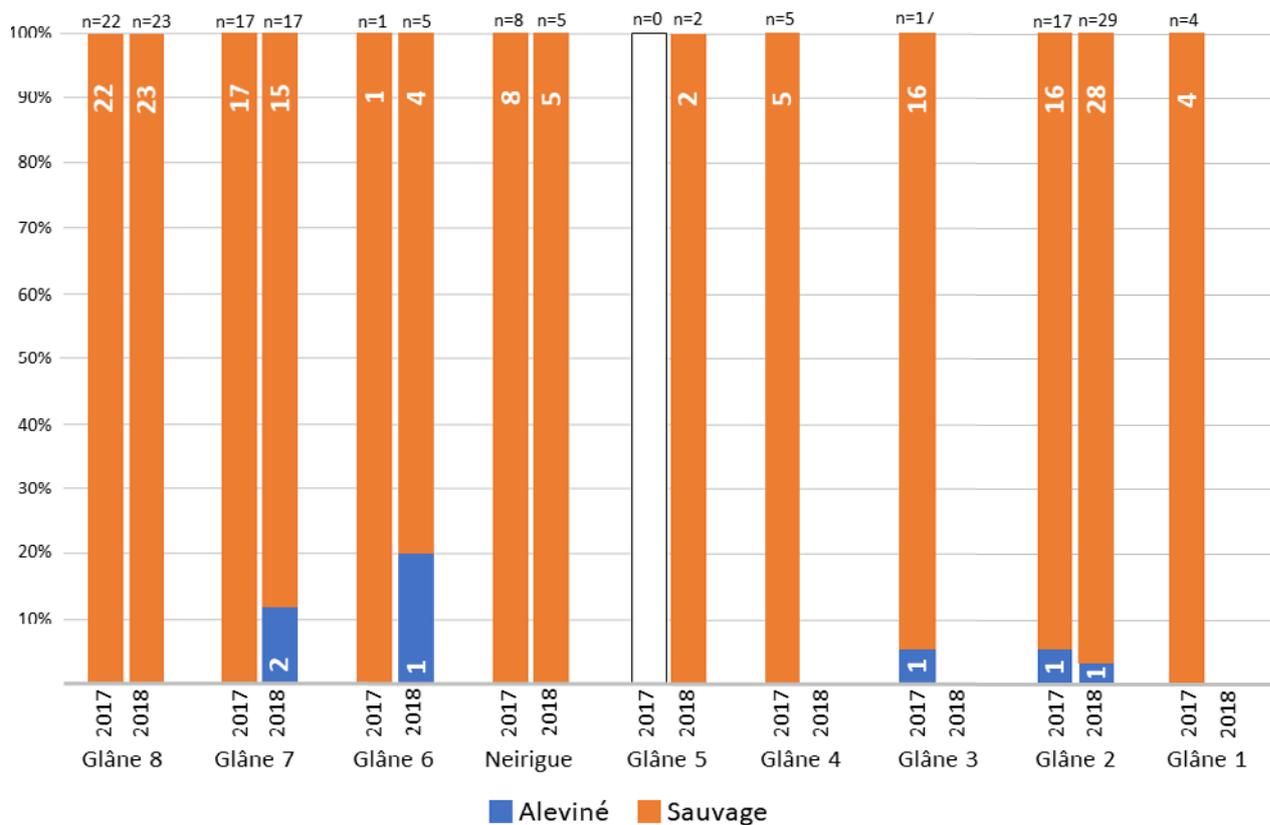


Fig. 60: Histogrammes des pourcentages de poissons alevinés et sauvages dans la population d'âge 2+

Ainsi donc, les poissons issus du repeuplement représentent une part non négligeable (moyenne de 40 %) dans la population des 1+ observés dans les différents secteurs, à l'exception de la station Glâne 8 et de la Neirigue en 2016. Par contre, ces individus disparaissent pratiquement des captures l'année suivante, lorsqu'ils sont d'âge 2+ (moyenne de 2 %).

Les poissons issus de pisciculture semblent donc disparaître du milieu naturel entre la première (1+) et la deuxième (2+) année suivant leur mise à l'eau.

### 3.3.5 Comparaison de la longueur des poissons natifs et alevinés

Durant les pêches électriques de 2016, 2017 et 2018, un total de 1926 truites sauvages et 146 poissons alevinés ont été capturés.

A l'âge 1+, sur 140 individus recapturés au total, la moyenne de taille des individus alevinés recapturés est de 203 millimètres (tableau 25), (min.: 148 mm, max.: 272 mm). En comparaison, la moyenne des 217 truites sauvages est de 147 millimètres (min: 90 mm, max: 216 mm).

A l'âge 2+, la moyenne de longueur est de 277 millimètres pour les six poissons alevinés et de 214 millimètres pour les 166 truites sauvages.

Age	Alevinés	Sauvages
1+	203±24 (148;272) n=140	147±35 (90;216) n=217
2+	277±74 (182;352) n=6	214±28 (160;291) n=166

Tableau 25: Comparaison des tailles des poissons, en mm, alevinés et sauvages aux âges 1+ et 2 +

**La croissance des truites alevinées est donc significativement ( $p$ -value<0.01) plus importante que celle des individus sauvages lors de leur première année.** En effet, la moyenne de taille des poissons à l'âge 1+ diffère de plus de 5 centimètres entre les individus alevinés et natifs. De plus, la longueur de 10 poissons alevinés d'âge 1+ a dépassé les 24 centimètres, ce qui représente une très forte croissance (fig. 61).

Avec une limite de capture à 24 centimètres, certains 1+ issus de l'alevinage peuvent donc être capturés à la pêche. Toutefois, la probabilité de capture entre les individus sauvages et les poissons alevinés est la même. En conséquence, les poissons alevinés ne contribuent que très faiblement à un cheptel de reproducteurs permettant d'assurer la reproduction naturelle dans la mesure où leur capture est possible avant la maturité sexuelle, soit les individus avec un âge généralement supérieur à 2+.



Fig. 61: Individu 1+ marqué dépassant 24 cm

La figure 62 compare le rapport taille-poids des individus 1+ alevinés et sauvages. On observe que les poissons alevinés sont sensiblement plus grands que les animaux natifs pour la même catégorie d'âge.

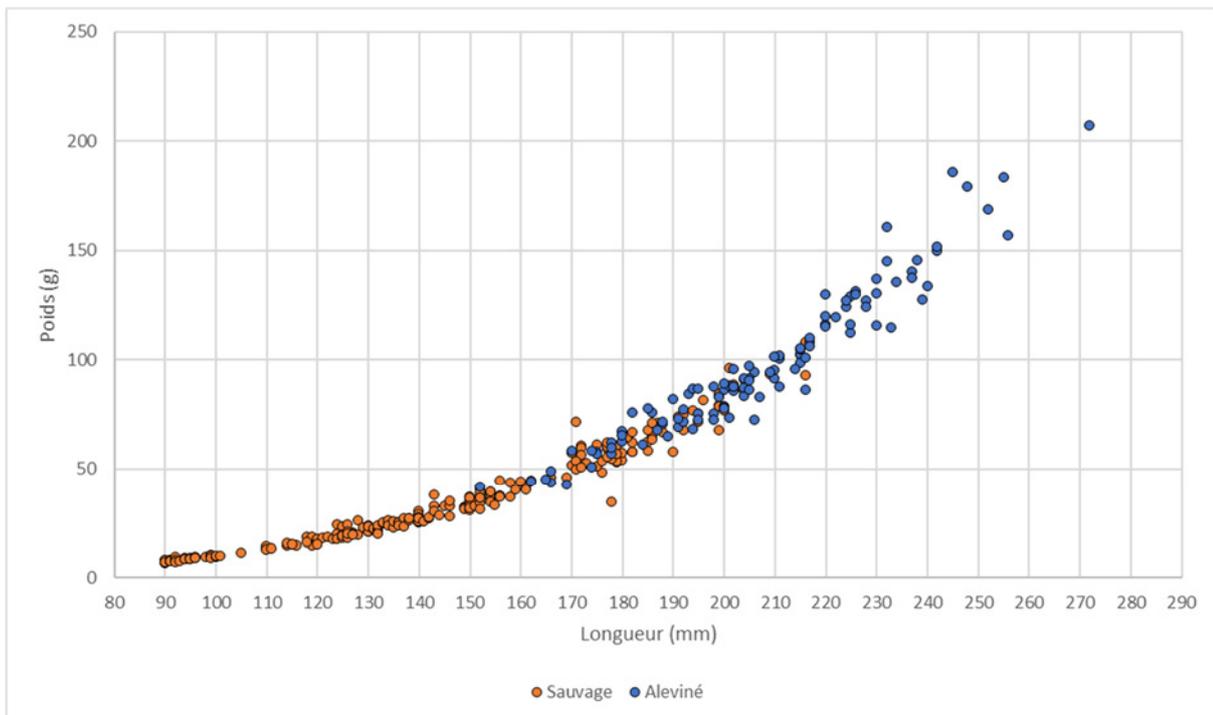


Fig. 62: Rapport taille-poids des poissons 1+ alevinés et sauvages

Sachant que la compétition pour un espace vital dans le cours d'eau dépend en grande partie de la taille des individus, il apparaît donc que les individus issus de pisciculture devraient être fortement favorisés et ainsi prendre la place des individus sauvages.

---

### 3.4 Tracking mobile

---

Les points de départ et de fin de chaque tracking sont donnés en annexe 6. Les résultats détaillés sont donnés en annexe 7.

**Tracking 2016:** Lors du tracking mobile effectué en août 2016, 45 PIT Tags ont été détectés sur les secteurs d'étude ainsi que sur les 200 mètres en amont et en aval. Seuls deux poissons ont changé de secteur: une truite mise à l'eau au secteur Glâne 2 a été détectée en Glâne 3, et la deuxième, mise à l'eau dans la Neirigue, a été observée au secteur Glâne 5.

**Tracking 2017:** En avril 2017, le tracking mobile a été couplé à une pêche électrique, ce qui a permis de faire la distinction entre individus vivants et morts. 39 PIT Tags provenant du lot marqué en novembre 2015 ont été détectés (2 poissons vivants et 37 PIT Tags provenant de poissons morts). L'individu vivant marqué dans le secteur Glâne 2 a été observé en Glâne 3 (ce poisson avait d'ailleurs déjà été observé en Glâne 3 lors du précédent tracking) et le PIT Tag d'une truite mise à l'eau dans la Neirigue a été détecté dans le secteur Glâne 5. Lors de ce même tracking, 81 PIT Tags provenant du lot marqué en novembre 2016 ont été trouvés (20 vivants et 61 morts). Parmi ceux-ci, un PIT Tag provenant de Glâne 3 a été détecté au secteur Glâne 2. De plus, un individu mis à l'eau en Glâne 1 a dévalé le cours d'eau jusqu'à passer par-dessus une antenne fixe construite au niveau de la prise d'eau de l'usine électrique de l'Oelberg, à plusieurs kilomètres de là, le 18 novembre 2016.

**Tracking 2018:** En septembre 2018, il a été choisi d'effectuer un nouveau tracking couplé à une pêche électrique uniquement sur deux secteurs (Glâne 6 et Glâne 7), mais en débutant la campagne très en aval du début du secteur. La prospection a ainsi débuté 1330 mètres en aval pour le premier secteur analysé et 1000 mètres pour le second. Au total, 16 PIT Tags provenant du lot de 2015 et 13 provenant du lot de 2016 ont été détectés. Parmi ceux de 2016, un PIT Tag a été détecté en amont du secteur Glâne 7 mais provenant de Glâne 8. A cela s'ajoute un individu vivant détecté en Glâne 7.

**Synthèse:** Au total, 110 PIT Tags (tous individus vivants ou morts confondus) ont été retrouvés en aval de leur secteur d'origine, 64 PIT Tags ont été détectés dans leur secteur de mise à l'eau et 21 individus ont migré vers l'amont (tableau 26).

Ainsi, de manière générale, la majorité des poissons alevinés qui ont été réobservés par la suite hors de leur secteur d'origine, a tendance à migrer vers l'aval, parfois même sur de grandes distances, comme l'individu détecté à l'usine électrique de l'Oelberg. Ceci peut également être dû au fait qu'un PIT Tag qui repose sur le fond (donc provenant d'un animal mort) peut être emporté par une crue et dériver tout seul vers l'aval.

Des cartes spécifiques des puces détectées dans chaque secteur sont données en annexe 8.

Station	Amont					Station					Aval							
	Août 2016		Avril 2017		Septembre 2018		Août 2016		Avril 2017		Septembre 2018		Août 2016		Avril 2017		Septembre 2018	
	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016	Lot 2015	Lot 2016
Glâne 8	2	3	0	-	-	3	4	7	-	-	4	7	9	-	1			
Glâne 7	0	0	3	1	0	0	2	3	2	0	1	7	9	5	4			
Glâne 6	1	0	2	1	2	8	2	5	1	0	2	2	5	7	6			
Neirigue	0	0	1	-	-	1	1	1	-	-	4	2	5	-	-			
Glâne 5	0	0	0	-	-	2	1	2	-	-	1	3	11	-	-			
Glâne 4	0	0	1	-	-	4	0	3	-	-	1	0	0	-	-			
Glâne 3	0	0	0	-	-	2	1	1	-	-	2	1	3	-	-			
Glâne 2	2	1	0	-	-	2	1	3	-	-	0	0	5	-	-			
Glâne 1	0	1	0	-	-	2	0	0	-	-	1	0	2	-	-			
<b>Total</b>			<b>21</b>				<b>64</b>					<b>110</b>						

Tableau 26: Nombre de PIT Tags détectés lors des tracking mobiles de 2016, 2017 et 2018

### 3.5 Maladie rénale proliférative (MRP)

L'analyse des 122 coupes histologiques de rein de truitelles issues de frai naturel a démontré que les stations Glâne 7, Glâne 6, Glâne 5 et Glâne 2 sont positives à la MRP (tableau 27). L'infection est sévère à la station Glâne 6 et Glâne 5, puisque le degré d'infection est de respectivement 3.9 et 4.0. Par contre, la station Glâne 8 et la Neirigue ne sont pas atteintes par la maladie, ce qui est par ailleurs confirmé par les coupes immunohistochimiques. La quasi-totalité de la Glâne est donc infectée par la MRP.

Un résultat particulier a été obtenu dans la station aval, Glâne 1 en 2015. En effet, les 9 individus prélevés en 2015 se sont révélés négatifs à l'infection, ce qui a été confirmé par l'analyse des coupes immunohistochimiques. Pourtant, étant donné que certaines stations en amont étaient positives, le parasite aurait dû contaminer les poissons en aval. De plus, lors des prélèvements de 2017, 9 des 10 poissons prélevés étaient atteints. Les résultats négatifs de 2015 dans cette station sont donc étranges et difficilement explicables à ce stade. Il est éventuellement possible que certains de ces poissons non contaminés proviennent en réalité de la Sarine étant donné que cette station y est connectée.

Station	Nombre de poissons prélevés	Date de prélèvement	Prévalence MRP (histologie) [%]	Nombre de poissons infectés	Moyenne degré d'infection
Glâne 8	25	28.08.2017	0%	0	-
Glâne 7	25	27.08.2015	64%	16	1.8
	7	28.08.2018	86%	6	2.3
Glâne 6	6	27.08.2015	83%	5	3.2
	14	28.08.2018	93%	13	3.9
Neirigue	9	25.08.2015	0%	0	-
	1	29.08.2018	0%	0	-
Glâne 5	13	25.08.2015	69%	9	4.0
Glâne 2	3	29.08.2018	67%	2	2.0
Glâne 1	9	25.08.2015	0%	0	-
	10	30.08.2017	90%	9	3.2

Tableau 27: Résultats des coupes histologiques

Il est souvent cité dans la littérature que le point clé de température pour le développement de la MRP est 15°C. En effet, à partir de cette température, la mortalité induite par cette infection augmente passablement dans les populations de truites. La moyenne journalière de chaque site a été calculée, puis le nombre de jours avec une température moyenne journalière de x°C ou plus a été calculé. Ces données ont ensuite été cumulées afin de donner la figure 63.

Ainsi, 25 jours ont été dénombrés en Glâne 8 en 2015 avec une moyenne journalière de 15°C ou plus, 2 en 2016 et 0 en 2017. Ceci explique donc bien le fait que la MRP soit absente de cette station, étant donné que les valeurs critiques de température ne sont pas atteintes. Par contre, en Glâne 6 et Glâne 1, les températures sont plus élevées. En effet, 77 jours avec une température moyenne journalière de  $\geq 15^\circ\text{C}$  ont été dénombrés en 2015, 73 en 2016 et 111 en 2017 en Glâne 6, et 93 jours en 2015, 79 en 2016 et 97 en 2017 en Glâne 1. L'infection bénéficie donc des conditions adéquates de température pour se développer. Finalement, la Neirigue, dont les chroniques de température sont disponibles à partir de mars 2017, dénombre plus de 90 jours avec une température moyenne journalière de  $\geq 15^\circ\text{C}$ , ce qui rend donc des conditions favorables pour le développement de l'infection. D'après les prélèvements de 2015, celle-ci n'a cependant pas atteint cet affluent. Il faut penser que le parasite ne s'est pas encore établi dans le site. Cependant, étant donné que des poissons infectés ont été observés en Glâne 5 et qu'aucun obstacle n'empêche la migration de poissons entre les deux sites, la Neirigue est donc une zone à risque pour le développement futur de la maladie. A ce jour, elle bénéficie cependant d'une eau de bonne qualité qui limite probablement le développement de la maladie.

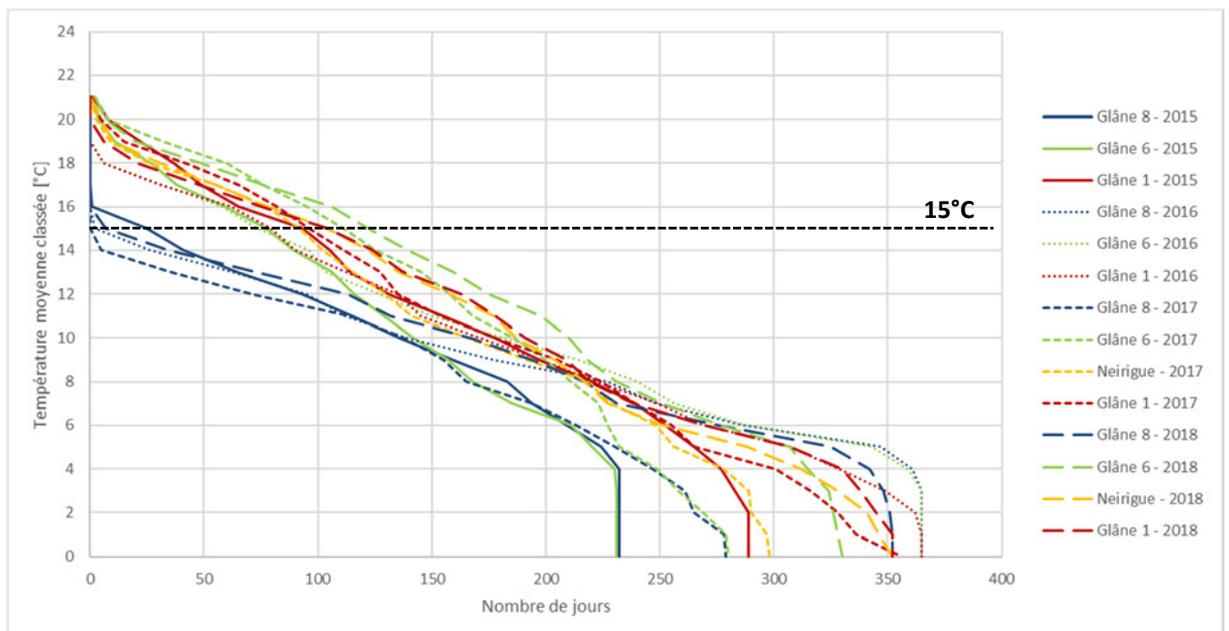


Fig. 63: Nombre de jours avec une température moyenne journalière de l'eau égale à x° C ou plus. La limite des 15° C est indiquée.

---

## 4. Discussion

---

### 4.1 Qualité de l'eau et de l'habitat

---

Les notes IBCH obtenues le long de la Glâne varient de 14 (Glâne 7, Glâne 5, Neirigue et Glâne 2) à 9 (Glâne 4). Ces stations sont donc considérées comme de l'eau de qualité bonne à moyenne. La présence d'une station d'épuration peut parfois être un paramètre explicatif de la dégradation de la qualité de l'eau. C'est d'ailleurs le cas entre la station Glâne 7 (note de 14), située en amont de Romont, et la station Glâne 6 (note de 11), en aval de la ville, puisque la STEP de Romont se situe entre les deux sites. La même situation apparaît entre les stations Glâne 5 (note de 14) et Glâne 4 (note de 9). Le rejet de la STEP d'Autigny se situe entre les deux sites. Bien sûr, d'autres éléments peuvent aussi expliquer cette diminution de la qualité de l'eau. En 2018, le SEn a étudié de manière plus approfondie la question, les résultats sont attendus pour 2020.

### 4.2 Suivi piscicole

---

#### 4.2.1 Peuplement et captures d'ombres de rivière

Lors de cette étude, l'ombre de rivière n'a été capturé que dans la station aval de la Glâne (Glâne 1). Historiquement, des populations relictuelles d'ombres ont subsisté en amont des barrages de Matelec et Moulin Neuf, en partie soutenues par un alevinage interrompu en 2003. Les études réalisées ces dernières années permettent de tracer l'historique de la disparition des dernières populations d'ombres dans la Glâne supérieure et la Neirigue. Guthruf (1996) recense dans ses relevés de 1990 des frayères d'ombres dans la Glâne au niveau de la station Glâne 4 et dans la Neirigue. Schager et Peter en observent encore en 2001 lors de pêches électriques dans la Neirigue, mais pas dans la Glâne. Finalement, Haas, dans sa campagne de pêches électriques dans la Glâne et la Neirigue en 2007, ne relève la présence d'aucun ombre en amont du barrage de Moulin Neuf, tout comme les pêches réalisées dans le cadre de cette étude. On peut donc considérer que cette espèce est éteinte en amont de Sainte-Apolline, et que les derniers individus ont probablement disparu entre 2001 et 2007. Les statistiques de captures corroborent cette appréciation (fig. 64).

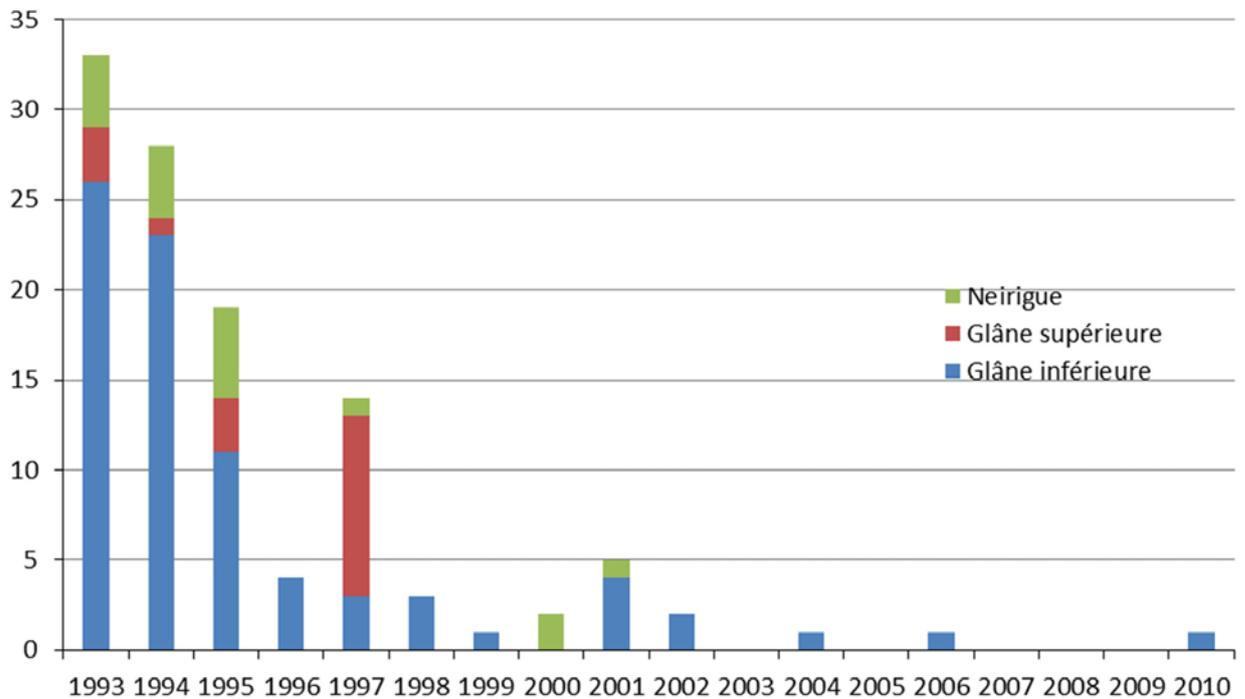


Fig. 64: Captures d'ombres dans la Glâne et la Neirigue entre 1993 et 2010 (Source: SFN)

Les captures après 2003 dans la Glâne inférieure sont très probablement des erreurs de saisie, étant donné que la seule partie de la Glâne où l'on retrouve encore des ombres après 2003 est le tronçon en aval du barrage de Matelec, et que ce segment de la Glâne est une réserve de pêche depuis plusieurs décennies.

L'évolution dans la Glâne n'est guère différente de ce que l'on observe à l'échelle du canton de Fribourg. En effet, à l'échelle de l'ensemble des rivières du canton de Fribourg, les captures d'ombres ont également grandement diminué depuis les années 90, avec encore à ce jour une cinquantaine d'individus capturés par année (fig. 65). Il en va de même à l'échelle de l'ensemble de la Suisse (fig. 66).

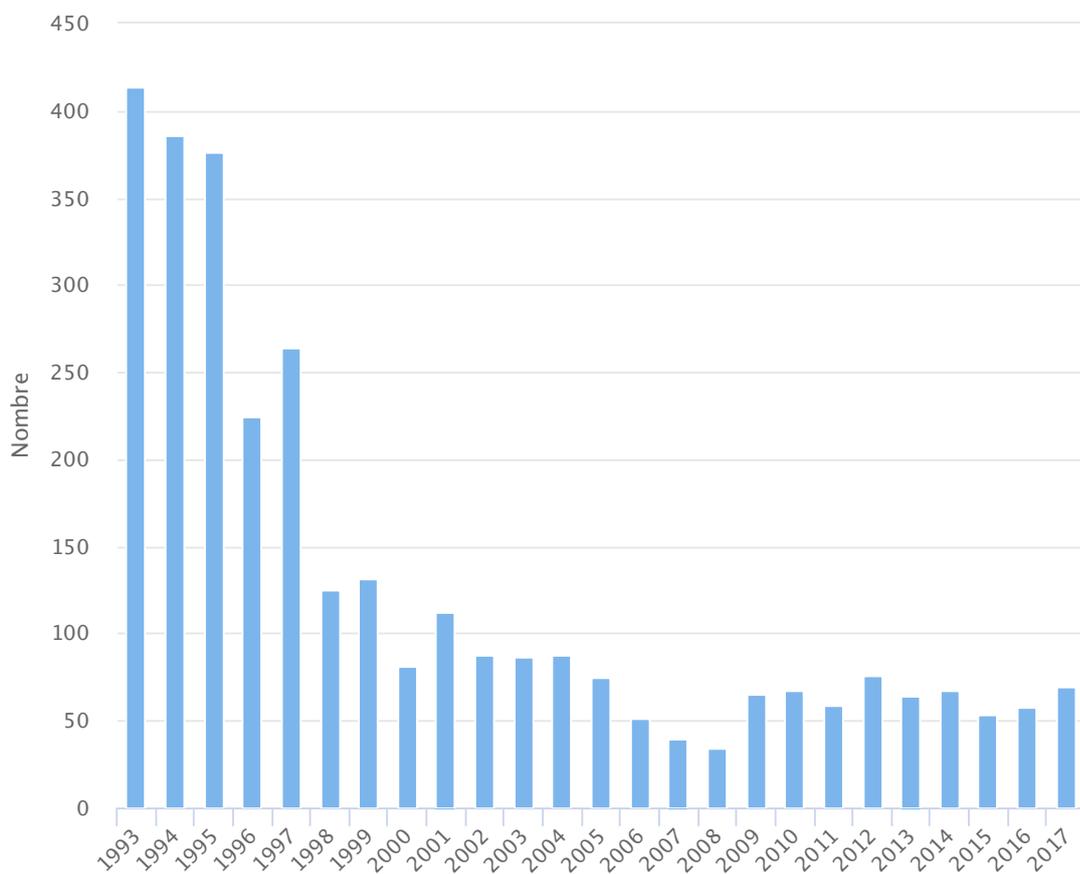


Fig. 65: Captures d'ombres dans les rivières frigourgeoises (source: OFEV, Section Milieux aquatiques, 2019)

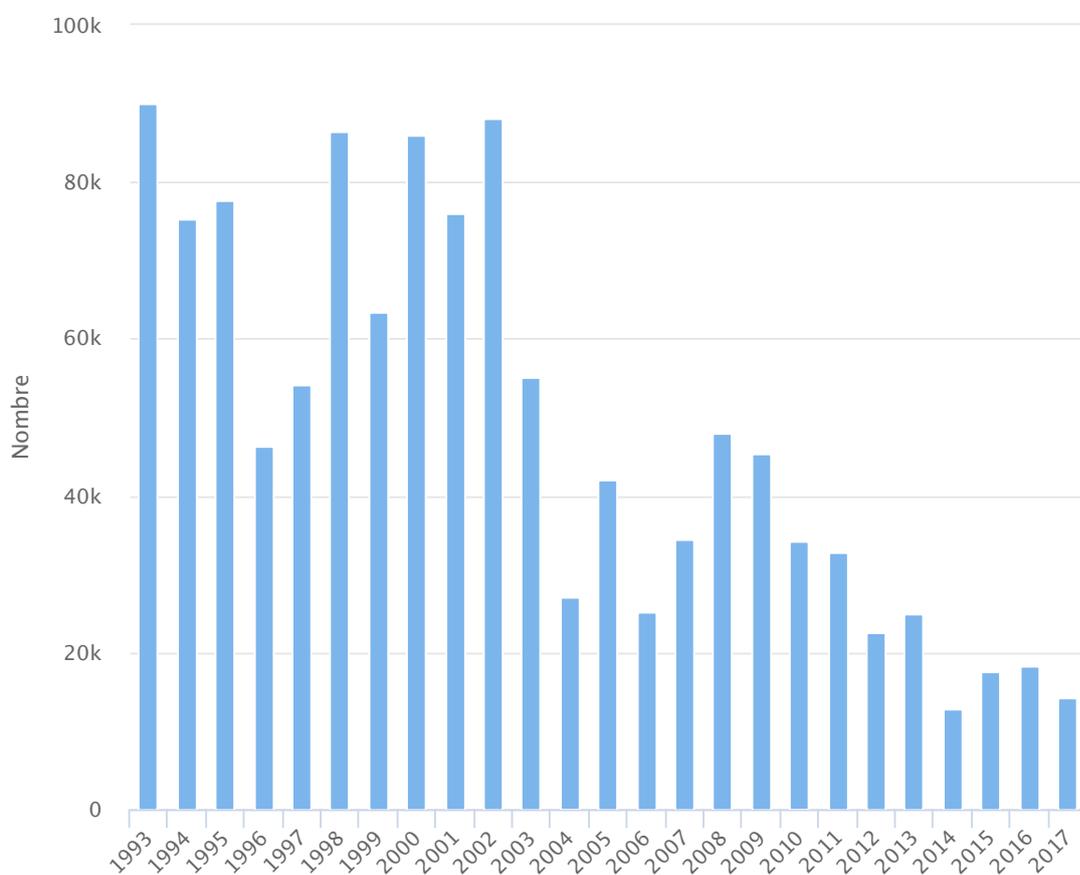


Fig. 66: Evolution des captures d'ombres de rivière (professionnels et amateurs) à l'échelle de toute la Suisse (source: <https://www.fischereistatistik.ch>)

Le rétablissement de la migration pourrait permettre à l'ombre de recoloniser certains territoires. De plus, la remontée du nase (*Chondrostoma nasus*, L.) et du barbeau dans le cours supérieur de la Glâne est connue historiquement, mais est absente de nos jours en raison des obstacles à la migration piscicole. Toutefois, le nase est en voie d'extinction dans tout le canton de Fribourg, les dernières activités de frai observées date de 2013 dans la Trême, son statut de menace fédérale «menacée d'extinction» corrobore cette situation dans le reste de la Suisse.

#### 4.2.2 Captures de truites

A l'échelle des rivières fribourgeoises, les captures de truites tendent à diminuer (fig. 67). Ces variations de captures de truites peuvent être influencées par de nombreux facteurs, comme la qualité de l'eau, l'état des populations, les conditions physico-chimiques des rivières, ainsi que d'autres éléments, tels qu'une interdiction de pêche momentanée, une pollution, une baisse de pression de pêche liée à des facteurs sociaux, le développement de maladies, etc.

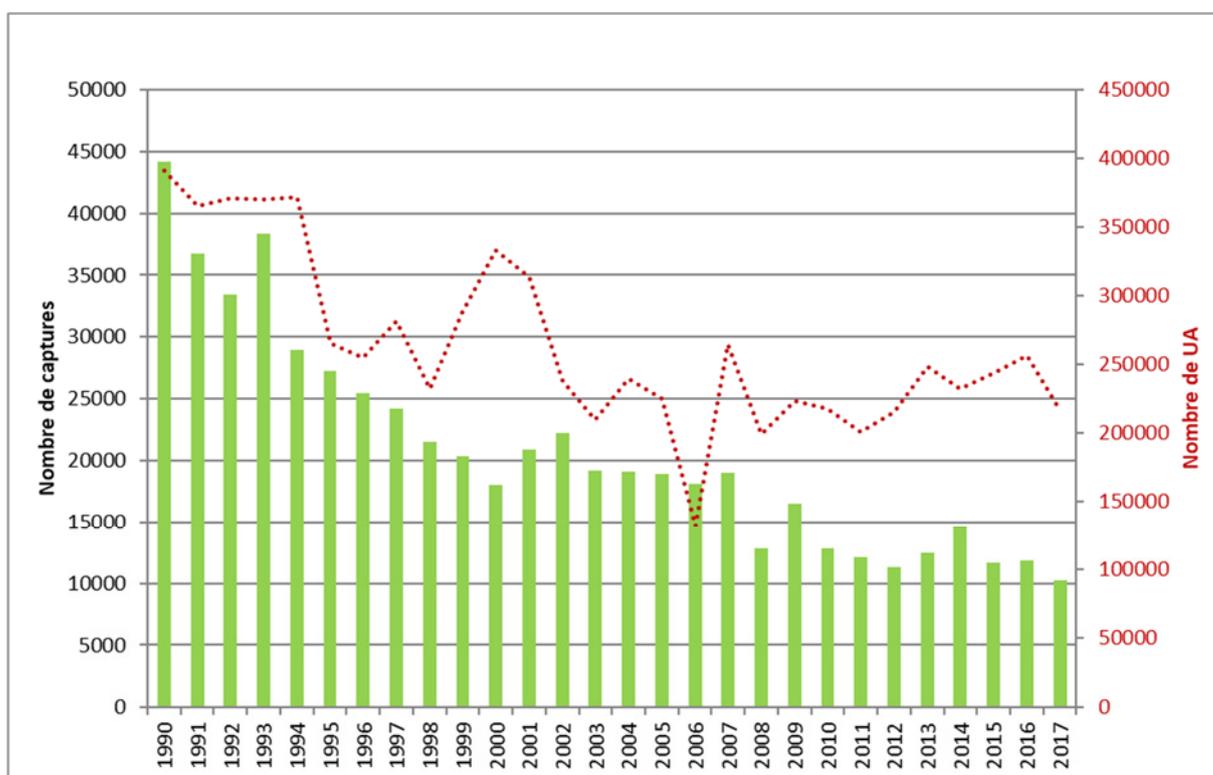


Fig. 67: Captures de truites et alevinage (UA) dans les cours d'eau fribourgeois (Source: SFN)

Depuis 2008, la législation sur la pêche a changé et permet de capturer uniquement les poissons de 24 à 32 centimètres, les individus de plus grande taille étant contaminés par des PCB. De plus, en 2011, une pollution aiguë de grande ampleur, sur la quasi-totalité de l'unité de gestion de la Glâne inférieure, a détruit les populations de truites et des autres espèces.

En ce sens, l'évolution des captures de truites suit les tendances observées à l'échelle de la Suisse entière (fig. 68).

### Truites, 1990-2017

Rendement de la pêche totale. Tous les types d'eau. Toute la Suisse (Nombre)

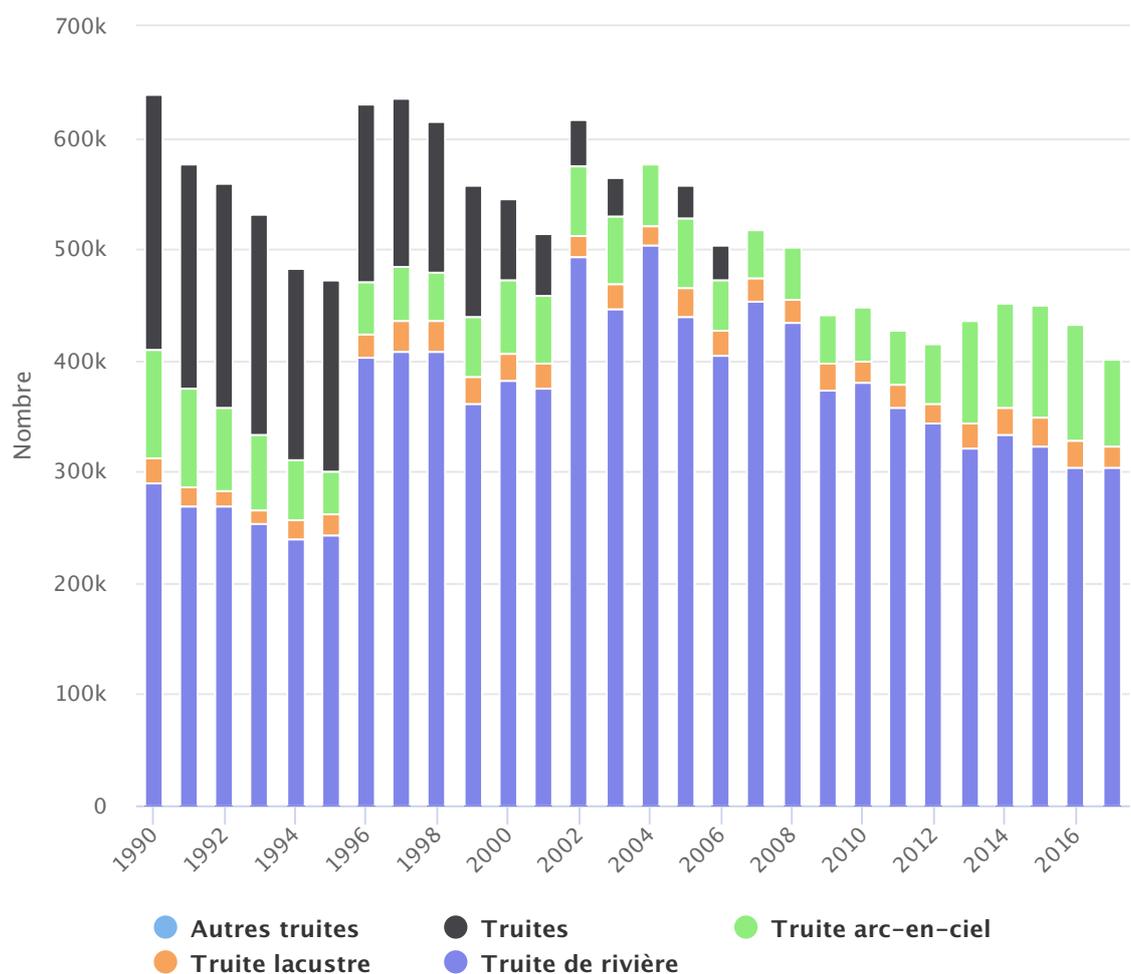


Fig. 68: Evolution des captures de truites (professionnels et amateurs) à l'échelle de toute la Suisse (source: <https://www.fischereistatistik.ch>)

### 4.2.3 Détermination de l'âge

L'âge des truites en fonction de leur taille a pu être déterminé pour chaque station grâce à la matrice réalisée suite à l'analyse scalimétrique (tableau 11). Il a été démontré dans la présente étude que, à âge équivalent, la taille des truites est singulièrement plus basse dans la station Glâne 8 par rapport aux sept autres sites. Ceci peut être expliqué par la température plus fraîche de cette station, qui ralentit la croissance des individus.

A titre de comparaison, des truites ont été capturées dans la Sarine, la Gérine et le lac de Pérolles dans le cadre d'une campagne d'analyse de PCB liée à la décharge de la Pila, en juin et juillet 2013 à 2015. La croissance de ces individus a été mesurée (fig. 69).

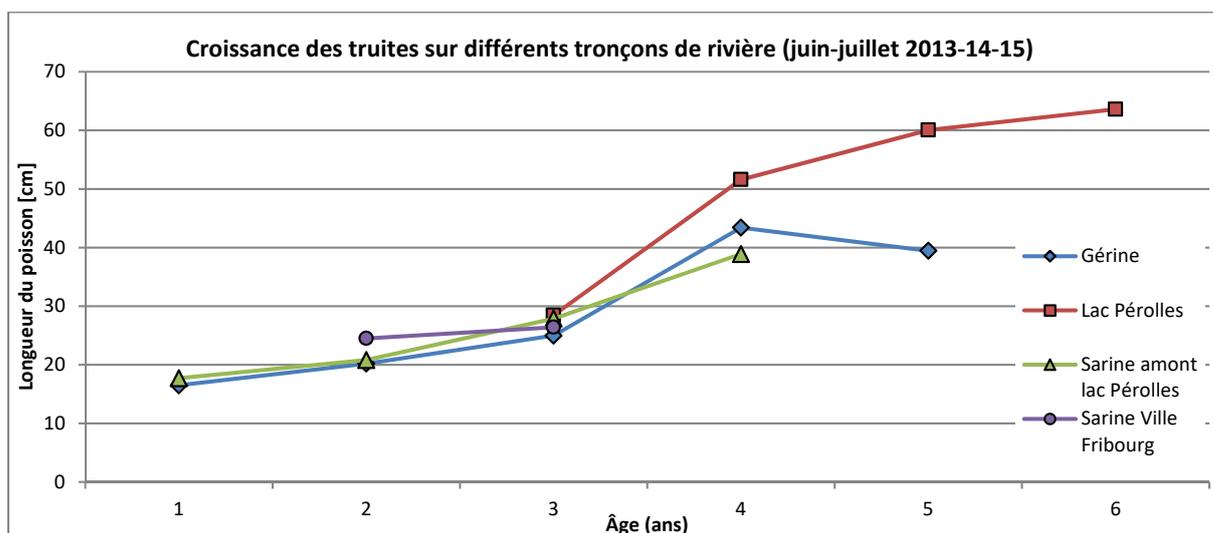


Fig. 69: Croissance des truites sur la Sarine, la Gérine et le lac de Pérolles (Source: SFN)

### 4.2.4 Densité des populations de truites

La densité de truites, et plus particulièrement des 0+, varie fortement d'une station à l'autre. En appliquant le paramètre deux du module «Poisson» des méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau (OFEFP, 2004), qui renseigne quant à la structure de la population, on observe que les deux stations amont (particulièrement Glâne 8 et également Glâne 7) sont les seules qui bénéficient d'une bonne reproduction naturelle, et donc d'une structure de population caractéristique d'un peuplement naturel. Cela est dû essentiellement aux caractéristiques favorables, observées sur ces secteurs, tant en matière de qualité de l'eau que d'habitat.

Année	Glâne 5	Glâne 2
2001	19	70
2015	200	68
2016	114	25
2017	10	34
2018	19	25

Tableau 28: Comparaison de densités de 0+/ ha obtenue lors des investigations de Schager et Peter (2001) et la présente étude

A titre de comparaison, Schager et Peter (2001 et 2002) ont échantillonné la Glâne et la Neirigue dans le cadre du projet «Réseau suisse poissons en diminution». En 2001, ils effectuent des pêches en aval de la confluence avec la Neirigue, ce qui correspond à la station Glâne 5, ainsi que dans une station très proche de Glâne 2. Même si ces densités varient, elles restent dans le même ordre de grandeur (tableau 28).

De plus, Schager et Peter ont également échantillonné un tronçon sur la Neirigue, situé au niveau de La Pilloude, soit plus en amont du secteur actuel. La densité en 0+ est estimée à 1211 individus par hectare en 2000, contre 228 en 2015 dans la station Neirigue, 91 en 2016, 546 en 2017 et 76 en 2018. Les densités obtenues pour la Neirigue dans la présente étude sont donc inférieures aux données estimées en 2000.

#### 4.2.5 Repeuplement

##### Taux de recapture

Dans la présente étude, 3910 individus marqués par PIT Tag ont été remis à l'eau dans les neuf secteurs d'étude. Les taux de recapture des poissons marqués après une année sont de 1.2 % (compris entre 0 et 5.5 % en fonction des stations) pour le lot de 2015 et de 0.7 % (compris entre 0 et 4.5 % en fonction des stations) pour le lot de 2016. Au total, 36 truites ont été recapturées après une année (23 pour le lot de 2015 et 13 pour le lot de 2016) sur un total de 3910 individus, soit un taux de recapture de 0.92 % (23/3910). Ainsi, pour obtenir une truite qui survit dans la rivière une année après sa mise à l'eau, il faudrait immerger 109 individus (1/0.0092). A ce stade, les poissons seraient des individus 1+ qui ne seront capturables qu'une année plus tard. Or, la survie à 2+ est encore beaucoup plus faible. Un seul individu marqué par PIT Tag a été retrouvé deux ans après sa mise à l'eau (en Glâne 6), sur les 2933 mis à l'eau (seuls les poissons mis à l'eau en Glâne 8 à Glâne 5, Neirigue et Glâne 2 sont comptabilisés pour le lot de 2016, car les pêches électriques de 2018 n'ont pas été effectuées sur chaque site). Ceci représente donc un taux de recapture de 0.03 % (1/2933). D'après ces statistiques, il serait nécessaire d'immerger 3333 truitelles (1/0.0003) pour en recapturer une deux ans après.

A titre de comparaison, Gmünder (2002) montre dans son rapport basé sur 13 études menées en Suisse sur les truites que les taux de survie des individus alevinés varient entre 2 et 67 % après une année. Büttiker et Labous (2002) observent des taux de recapture de truites marquées de 4.7 % et 1.5 % après une année. Richard et ses collègues (2013) obtiennent des taux de l'ordre de 5 %. Les taux observés dans la Glâne sont ainsi en moyenne plus faibles que ceux obtenus dans ces autres études.

Les taux de survie des poissons alevinés sont donc très bas dans la Glâne. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer cette disparition:

1. **Capacité d'accueil de la Glâne:** Les quantités de truites mises à l'eau pourraient être plus importantes que les capacités d'accueil de la rivière, ce qui engendrerait une mortalité importante. Cela est probablement vrai sur certaines stations, notamment là où le substrat est constitué principalement de bancs de molasse. Toutefois, en de nombreux autres secteurs, l'habitat semble favorable en termes de caches notamment. Dans ce cas-là, l'explication la plus probable serait probablement à chercher dans la relative mauvaise qualité de l'eau.
2. **Origine des poissons:** Les poissons alevinés pourraient être mal adaptés aux conditions du milieu naturel, ce qui provoquerait leur mort. L'explication ici est à rechercher sur l'origine des alevins. Ceux-ci proviennent actuellement d'une pisciculture où certains géniteurs sont conservés en bassin de génération en génération. A terme, une perte de diversité génétique est possible et les alevins sont dès lors bien adaptés (sélectionnés) pour une vie en bassin de pisciculture, ce qui n'est pas forcément le cas pour le milieu naturel.
3. **Rusticité des alevins naturels et résistance aux maladies:** Les individus sauvages bénéficient probablement d'une meilleure résistance quant aux conditions du milieu. Ceci est particulièrement vrai par exemple quant à la mortalité induite par la MRP. En effet, le taux de mortalité est accru chez les poissons de pisciculture, alors que les animaux sauvages sont plus résistants (Feist and Bucke 1993, Wahli et al. 2002).
4. **Emigration préférentielle:** Mis en compétition avec les alevins d'origine naturelle, les poissons alevinés pourraient avoir émigrés du secteur d'étude et se seraient préférentiellement déplacés vers l'amont ou vers l'aval. Dans cette étude, 21 individus ont migré vers l'amont et 110 puces ont été retrouvées en aval de leur zone de mise à l'eau. 7 individus se sont déplacés dans un secteur différent de leur station d'origine.

#### Part de poissons alevinés dans la population et croissance

Dans la présente étude, la part de poissons 1+ alevinés représente le 40 % (variation de 3 à 100 % en fonction des sites) de la cohorte 1+ totale observée (toutes stations confondues) en 2016 et 38 % (compris entre 0 et 100 %) en 2017. Toutefois, cela ne signifie pas pour autant que l'on aurait 40 % de 0+ en moins si le repeuplement n'avait pas été pratiqué (voir plus loin).

Dans une étude menée par Büttiker et Labous (2002) dans deux rivières vaudoises, la proportion de poissons marqués dans une population 1+ atteint 38 % et 46 %. Richard et ses collègues (2013) observent des taux de 35 à 60 % la première année.

Dans les cohortes 2+ de la Glâne, cependant, la proportion de poissons remis à l'eau par rapport à la population totale chute à 2 % (compris entre 0 et 6 % selon les stations) en 2017 et 5 % (variation entre 0 et 12 %) en 2018.

**Les poissons issus du repeuplement représentent donc une part non négligeable dans les cohortes 1+ observées sur les différents secteurs, à l'exception du site amont Glâne 8. Par contre, ils disparaissent presque totalement des cohortes d'âge 2+.**

Dans la présente étude, il a été observé que les poissons issus de pisciculture s'avèrent être sensiblement plus grands que les individus sauvages pour les mêmes catégories d'âge

---

(différence de plus de 5 cm pour les poissons d'âge 1+). Ceci peut être dû au fait que ces poissons alevinés sont nourris à leur faim en pisciculture, ce qui favorise leur croissance. Une fois dans le milieu naturel, ils sont ainsi plus grands et potentiellement plus agressifs que les individus natifs. Il est donc envisageable que ces grands individus, une fois mis à l'eau dans le milieu naturel, prennent la place de truites natives, de par leur taille et agressivité. Par ce comportement agressif, ils s'exposent plus fortement à leurs propres prédateurs.

De plus, leur croissance est telle que certains individus alevinés dépassent même la taille minimale de capture de 24 centimètres, alors qu'ils sont d'âge 1+. Ils n'ont donc pas atteint la maturité sexuelle, qui s'observe en général à deux ans. Ces individus seraient donc capturables, mais n'auraient pas atteint la maturité sexuelle, ce qui pose également problème dans la dynamique de population.

Par ailleurs, l'année suivante, ces poissons alevinés (d'âge 2+) ne sont presque plus observés dans la rivière. Bien que certains individus aient atteint les 24 centimètres, ils ne rentrent donc que très peu en compte dans les poissons pouvant être capturés lors de la pêche de loisirs. Ainsi, bien que le repeuplement effectué dans la Glâne soutienne quelque peu la population d'âge 1+, ces individus ne représentent qu'un apport très faible dans les captures effectuées par les pêcheurs.

L'efficacité du repeuplement est donc faible dans la Glâne. Par contre, les coûts et les efforts engendrés pour élever et mettre à l'eau ces poissons sont importants.

Si ces grands poissons issus de pisciculture n'avaient pas été remis à l'eau, il est très probable que certains individus natifs plus petits aient conservé leur place dans la rivière. Dès lors, lorsque ces poissons issus de pisciculture disparaissent à deux ans, ils laissent un vide qui ne peut donc plus être comblé par les individus issus de frai naturel qui se sont fait chassés l'année précédente. Il en résulte au final une population de truites adultes plus faible que si on n'avait pas effectué de repeuplement.

#### 4.2.6 Maladie rénale proliférative

La MRP est présente sur presque l'entier du linéaire de la Glâne, à l'exception de la station Glâne 8 et de la Neirigue. L'infection devrait dès lors engendrer une mortalité importante chez les truites juvéniles, ce qui impacte donc la dynamique de population.

De plus, il a été démontré que la mortalité est accrue chez les individus issus de pisciculture par rapport aux poissons natifs, qui sont plus résistants. Cela donne à penser qu'une part importante des poissons mis à l'eau, ainsi qu'une partie des 0+ natifs, succombent des suites de la maladie.

Aucun poisson infecté n'a été décelé dans la Neirigue. Or, celle-ci est connectée à la Glâne, sans obstacle qui limiterait la migration des poissons entre les stations Glâne 5 et la station de la Neirigue par exemple. Les températures de cet affluent semblent également favorables pour le développement de la maladie. La Neirigue est donc une zone à risque pour l'infection dans le futur.

---

## 5. Conclusions et perspectives

---

### 5.1 Aspects environnementaux de la Glâne

---

La Glâne souffre manifestement d'une dégradation de la qualité de ses eaux d'amont en aval, alors que la qualité de l'habitat est plus variable, les dégradations ne sont pas continues. L'écomorphologie nous montre que les zones artificialisées sont fort heureusement rares et focalisées principalement à la hauteur de Romont. Dans la partie aval, le problème identifié est sédimentaire et le manque de gravier ne favorise pas la reproduction naturelle. Cette situation est principalement naturelle, elle est toutefois accentuée par la gestion de ses berges et dans une moindre mesure des extractions de matériaux. Trois axes sont donc à mettre en évidence:

**Qualité de l'eau:** Manifestement, bien que répondant aux exigences minimales en termes de rejets, les trois stations d'épuration présentes sur la Glâne semblent induire une dégradation de la qualité de l'eau en aval. Dès lors, toutes mesures qui viseraient à améliorer la qualité de ces rejets via des améliorations du fonctionnement des STEP ne pourraient être que bénéfiques. Par ailleurs, des actions pourraient également être menées pour lutter contre les apports diffus liés notamment aux pratiques agricoles. Dans ce contexte, il conviendrait de favoriser la création de tranchées drainantes en bordure de champs avant de favoriser l'infiltration des eaux lessivées. D'autres mesures visant à éviter l'érosion des parcelles agricoles seraient également favorables. Finalement, la création d'un cordon boisé, là où les berges sont nues, permettrait de créer une zone de protection entre les activités agricoles et le milieu naturel. Par ailleurs, ces arbres prodigueraient de l'ombre au cours d'eau, ce qui limiterait son réchauffement. Ce point est capital, comme démontré dans ce rapport, en lien avec la problématique de la MRP, présente pratiquement sur tout le cours de la Glâne.

**Quantité d'eau:** Qualité et quantité d'eau sont étroitement liées. Ainsi, tout rejet polluant dans la rivière sera d'autant plus néfaste que le débit du cours d'eau est faible (donc que la concentration du produit toxique est importante). Tous les problèmes de qualité de l'eau seront exacerbés dès lors que la quantité d'eau diminue.

**Revitalisation et morphologie:** à la hauteur de Romont, la Glâne est priorisée dans les planifications de revitalisation. A la hauteur d'Autigny se trouve une zone alluviale d'importance nationale, diversifiée, proche de l'état naturel. Pour le reste, des mesures ponctuelles peuvent avoir un effet très favorable sur les communautés piscicoles (apport de gravier, dépôt d'arbres dans le lit de cours d'eau, création d'embâcle, maintien des arbres qui se couchent naturellement dans le lit, ...).

---

## 5.2 Population piscicole

—

### 5.2.1 Ombre de rivière

Partout en Suisse, les populations d'ombres de rivière sont en régression. Historiquement, la Glâne abritait une belle population de ce poisson. Dès lors, il apparaît important de mettre en œuvre diverses mesures permettant (1) la sauvegarde des populations relictuelles, voire (2) l'extension de ces populations. La disparition des ombres est très probablement liée à une dégradation de la qualité de l'eau (voir plus haut) et des obstacles à la migration. Dès lors, toute mesure qui pourrait être mise en œuvre pour favoriser cette qualité d'eau et la migration ne pourrait qu'être bénéfique pour les ombres.

### 5.2.2 Autres espèces

Selon les pêches effectuées dans le cadre de cette étude, la Glâne renferme onze espèces de poissons, dont six ont un statut de protection particulier (truite de rivière, barbeau commun, chabot sont dans la catégorie «espèces potentiellement menacées», ombre de rivière et spiralin sont considérés comme «espèces vulnérables» et la lamproie comme «espèce en danger», selon la liste rouge de l'UICN (2001)). Par conséquent, cette rivière est un cours d'eau important en matière de conservation de la biodiversité aquatique, à l'échelle du canton de Fribourg, voire de la Suisse.

Par conséquent, toute mesure qui pourrait être mise en place pour maintenir cette biodiversité devrait être encouragée. On pense notamment ici à des actions en lien avec la migration piscicole. Ainsi par exemple, la remontée du nase (*Chondrostoma nasus*, L.) et du barbeau dans le cours supérieur de la Glâne est connue historiquement, mais est absente de nos jours en raison des obstacles à la migration piscicole.

### 5.2.3 Population de truites

Le peuplement de truites n'est véritablement équilibré que dans la partie amont de la Glâne. La rivière cependant présente un potentiel très important pour ces poissons. En effet, son écomorphologie est encore en grande partie naturelle et son potentiel de colonisation très important. Dès lors, toute mesure visant à assurer la libre migration des poissons est à promouvoir, de même que les autres mesures de renaturation, notamment en lien avec la qualité de l'eau. Finalement les pratiques de repeuplement devraient être repensées (voir plus bas) en lien avec les résultats de la présente étude.

---

#### 5.2.4 Repeuplement

Aujourd'hui, le repeuplement en truites tel qu'effectué dans la Glâne est très peu efficace. Le nombre de poissons issus du repeuplement qui joue un rôle effectif dans la reproduction naturelle, ou qui contribue aux captures effectuées par les pêcheurs, est probablement très faible. Pour obtenir quelques individus, de 1 voire 2 ans, il faut immerger un nombre considérable d'alevins. Cette pratique, telle qu'effectuée aujourd'hui, apparaît donc tant économiquement qu'éthiquement, hautement discutable.

Si l'on souhaite néanmoins persévérer dans cette voie, alors il apparaît essentiel d'améliorer les choses sur plusieurs points:

1. Les géniteurs dont on va prélever les gamètes doivent être des individus sauvages, capturés dans la nature, pour assurer un bon pool génétique, et non des individus gardés plusieurs générations en pisciculture en provenance d'un autre bassin versant.
2. Dans les secteurs, à l'amont, où le frai naturel a un certain succès, l'alevinage doit être stoppé afin de ne pas interagir avec les populations sauvages en place. Cette reproduction pourrait avoir une influence positive sur la population en aval, dans des tronçons dégradés, par dévalaison.
3. Là où le frai naturel ne fonctionne plus, l'effort principal devrait être mis sur des mesures de renaturation, impliquant notamment des améliorations de la qualité et de la quantité d'eau (voir plus haut). Des passes à poissons devraient être aménagées là où la migration n'est plus possible.
4. Une attention particulière doit être portée aux affluents de la Glâne, la Neirigue par exemple, qui constituent certainement des réservoirs importants de poissons sauvages, dont une partie pourrait dévaler dans le cours principal. Dans ce contexte, il serait bon d'investiguer si des mesures d'accompagnement en termes de renaturation pourraient être mises en place sur ces affluents, dont la qualité de l'eau est probablement meilleure que dans la Glâne. Ces affluents pourraient ainsi repeupler «naturellement» le cours principal de la Glâne, après une certaine croissance.
5. L'économie, en lien avec ces activités, pourrait être revue: moins d'argent pourrait être dévolu au repeuplement strict, mais plus d'argent pourrait être alloué à certaines mesures de renaturation. Les sociétés de pêche pourraient être impliquées dans le suivi des affluents pour contrôler si la reproduction naturelle fonctionne dans ces derniers, qui sont souvent des ruisseaux d'élevage. Ainsi, l'argent pourrait probablement être mieux employé pour la nature, sans prêter pour autant l'économie particulière des sociétés qui accepteraient de jouer le jeu dans ce nouveau type de partenariat.

---

La Glâne est une rivière magnifique, et sans conteste un des hot-spot potentiel en matière de faune piscicole pour le canton de Fribourg. De nombreuses pistes ont été évoquées dans ce rapport.

Bien que l'étude ait permis de répondre aux questions posées au début de l'étude, elle a également levé de nouvelles interrogations. Un moratoire de l'alevinage sur trois ans minimum permettrait de documenter l'état réel de la Glâne (sans alevinage) et de démontrer la capacité de reproduction naturelle de la truite dans l'ensemble de son linéaire.

Etat et Sociétés de pêche ont tout avantage à collaborer au chevet de cette rivière au gros potentiel, cela pour le bénéfice de tous, pour la nature, pour les poissons... et pour les pêcheurs.

---

## 6. Bibliographie

---

- Almodovar, A., J. Suarez, G. G. Nicola, and M. Nuevo. 2001. Genetic introgression between wild and stocked brown trout in the Douro River basin, Spain. *Journal of Fish Biology* **59**:68-74.
- Ayllon, F., P. Davaine, E. Beall, J. L. Martinez, and E. Garcia-Vazquez. 2004. Bottlenecks and genetic changes in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks introduced in the Subantarctic Kerguelen Islands. *Aquaculture* **237**:103-116.
- Bams, R. A. 1966. Differences in performance of naturally and artificially propagated Sockeye Salmon migrant fry, as measured with swimming and predation tests. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* **24**:1117-1153.
- Baumann, P., Kirchhofer, A., & Schlächli, U. 2012. Sanierung Schwall/Sunkstrategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Beaudou, D., G. Cattaneo-Berrebi, and P. Berrebi. 1994. Impacts génétiques des repeuplements en truites communes (*Salmo trutta* L.) sur les populations en place: cas du bassin de l'Orb (Hérault). *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture* **332**:83-92.
- Beaudou, D., G. Cattaneo-Berrebi, C. Poteaux, and P. Berrebi. 1993. Impacts génétiques sur les populations en place des repeuplements en truite fario dans le sud de la France. *Bulletin de la Société zoologique de France* **118**:311-312.
- Berg, S. and J. Jorgensen. 1991. Stocking experiments with 0+ and 1+ trout parr, *Salmo trutta* L., of wild and hatchery origin: 1. Post-stocking mortality and smolt yield. *Journal of Fish Biology* **39**:151-169.
- Burkhardt-Holm, P. 2008. Decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Switzerland - How to assess potential causes in a multi-factorial cause-effect relationship. *Marine Environmental Research* **66**:181-182.
- Büttiker, B. and M. Labous. 2002. Evolution et caractéristiques biologiques de la population de truites (*Salmo trutta* L.) du Flon de Carrouge (Canton de Vaud, Suisse). *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* **88**: 195-224.
- Feist, S. W. and D. Bucke. 1993. Proliferative kidney disease in wild salmonids. *Fisheries Research* **17**: 51-58.
- Fischnetz. 2004. Final report of Project Fischnetz.in Eawag, editor., Dübendorf.
- Gmünder, R. 2002. Efficacité des repeuplements piscicoles effectués en Suisse. *Informations concernant la pêche* **71**.
- Guthruf, J. 1996. Populationsdynamik und Habitatwahl der Aesche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes. Bokus Druck, Zürich. 180p.
- Haas, R. 2007. Die Bedeutung von Referenzgewässern in der Fliessgewässerökologie. Diplomarbeit Departement Umweltwissenschaften ETH Zürich. EAWAG Kastanienbaum. 115p.
- Hari, R. E., D. M. Livingstone, R. Siber, P. Burkhardt-Holm, and H. Güttinger. 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology* **12**:10-26.

- 
- Hauser, L., A. R. Beaumont, G. T. H. Marshall, and R. J. Wyatt. 1991. Effects of sea trout stocking on the population genetics of landlocked brown trout, *Salmo trutta* L., in the Conwy River system, North Wales, U.K. *Journal of Fish Biology* **39**:109-116.
- Largiadèr, C. R. and D. Hefti. 2002. Principes génétiques de conservation et de gestion piscicoles. Informations concernant la pêche **73**:1-116.
- Largiadèr, C. R. and A. Scholl. 1995. Effects of stocking on the genetic diversity of brown trout populations of the Adriatic and Danubian drainages in Switzerland. *Journal of Fish Biology* **47**:209-225.
- OFEFP (éd.), en collaboration avec OFEG / EAWAG / AWEL. 1998: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse: Ecomorphologie – niveau R. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne: 49 p.
- OFEFP. 2004: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse: Poissons – niveau R. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne: 63 p.
- OFEV, 2007: Liste rouge des espèces menacées en Suisse, Poissons et cyclostomes. Office fédéral de l'environnement OFEVet Centre suisse de cartographie de la faune CSCF, Berne: 66 p.
- Ostergaard, S., M. M. Hansen, V. Loeschcke, and E. E. Nielsen. 2003. Long-term temporal changes of genetic composition in brown trout (*Salmo trutta* L.) populations inhabiting an unstable environment. *Molecular Ecology* **12**:3123-3135.
- Phillips, M. J., M. C. M. Beveridge, and L. G. Ross. 1985. The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries: present status and future trends. *Journal of Fish Biology* **27**:123-137.
- Richard, A., J. O'Rourke and J.-F. Rubin. 2013. Projet Fluoscale: Evaluation de l'efficacité du repoissonnement dans 3 cours d'eau vaudois par marquages fluorescents. Hepia and Maison de la Rivière.
- Richard, A., L. Bontron, J. O'Rourke, and F. Cattaneo. 2014. Efficacité du repeuplement en estivaux de truite dans deux rivières vaudoises. Page 33 pp in D. G. d. l. E. Vaud, editor., St-Sulpice.
- Ruzzante, D. E., M. M. Hansen, D. Meldrup, and K. M. Ebert. 2004. Stocking impact and migration pattern in an anadromous brown trout (*Salmo trutta*) complex: where have all the stocked spawning sea trout gone? Pages 1433-1445.
- Schager, E. and A. Peter 2001. Teilprojekt TP 00/12 des Projektes Netzwerk Fischrückgang Schweiz, Bachforellensommerlinge Phase I. EAWAG, Kastanienbaum. 315p.
- Schager, E. and A. Peter 2002. Teilprojekt TP 01/12 des Projektes Netzwerk Fischrückgang Schweiz, Bachforellensommerlinge Phase II. EAWAG, Kastanienbaum. 224p.
- Schager, E., A. Peter, and P. Burkhardt-Holm. 2007. Status of young-of-the-year brown trout (*Salmo trutta fario*) in Swiss streams: factors influencing YOY trout recruitment. *Aquatic Sciences* **69**:41-50.
- Skaala, O., K. E. Jorstad, and R. Borgstrom. 1996. Genetic impact on two wild brown trout (*Salmo trutta*) populations after release of non-indigenous hatchery spawners. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53**:2027-2035.
- Theler, D., F. Hofmann, and P. Patthey. 2014. Détermination des contingents du repoissonnement en rivière à l'échelle d'un canton: le cas de la truite dans le canton de Vaud. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* **94.2**:155-173.

- 
- Vuille, T., 1997. Ertragsvermögen der Patent-gewässer im Kanton Bern. Fischereiinspektorat des Kantons, Bern. 31p.
- Wahli, T., D. Bernet, P. A. Steiner, and H. Schmidt-Posthaus. 2007. Geographic distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* infected fish in Swiss rivers: an update. *Aquatic Sciences* **69**:3-10.
- Wahli, T., R. Knuesel, D. Bernet, H. Segner, D. Pugovkin, P. Burkhardt-Holm, M. Escher, and H. Schmidt-Posthaus. 2002. Proliferative kidney disease in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Disease* **25**:491-500.
- Youngson, A. F., J. H. Webb, C. E. Thompson, and D. Knox. 1993. Spawning of escaped farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*): Hybridization of females with Brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**:1986-1990.
- Zimmerli, S., D. Bernet, P. Burkhardt-Holm, H. Schmidt-Posthaus, P. Vonlanthen, T. Wahli, and H. Segner. 2007. Assessment of fish health status in for Swiss rivers showing a decline of brown trout catches. *Aquatic Sciences* **69**:11-25.

---

## 7. Annexes

---

### Liste des annexes:

Annexe 1: Histogramme 2015

Annexe 2: Histogramme 2016

Annexe 3: Histogramme 2017

Annexe 4: Histogramme 2018

Annexe 5: Détermination de l'âge des truites, longueur des annuli et rétrocalculs

Annexe 6: Matrices Taille-Âge

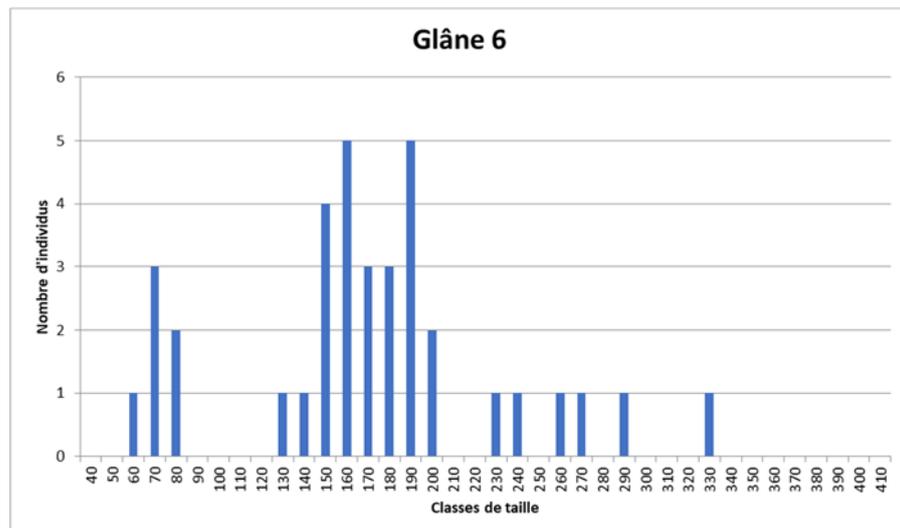
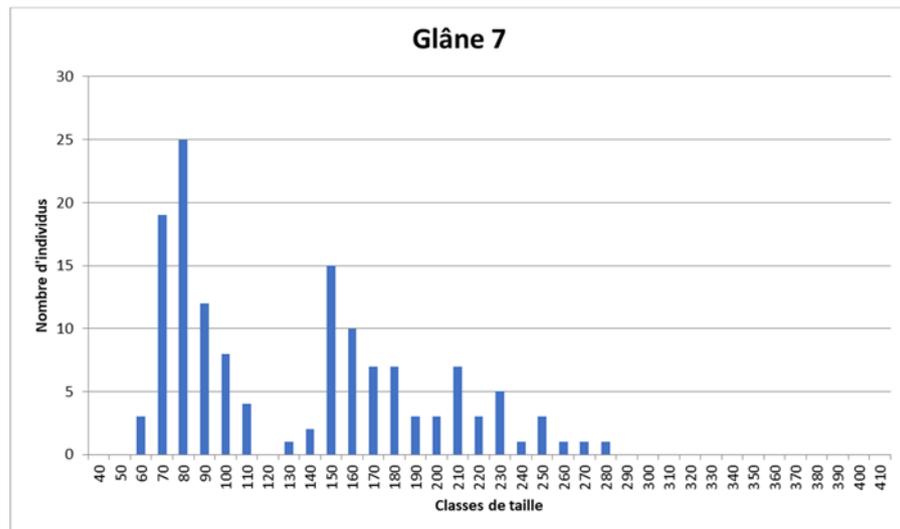
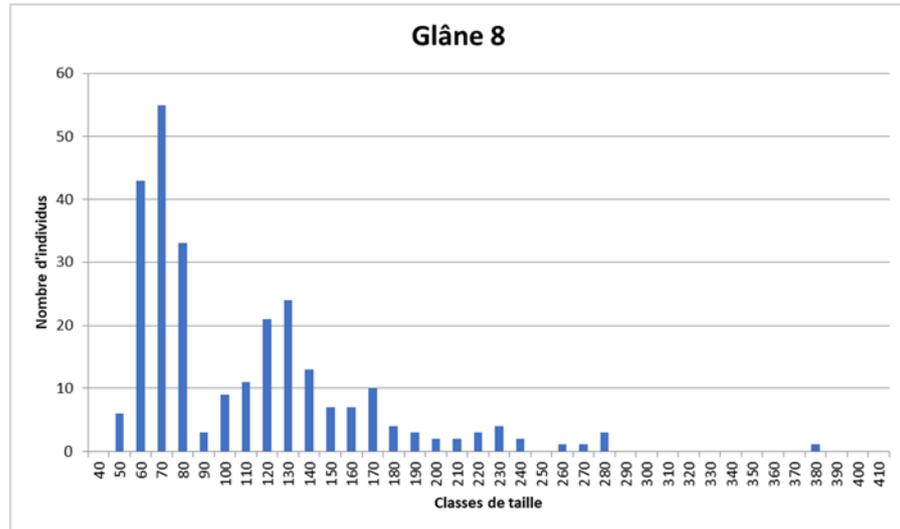
Annexe 7: Points de départ et de fin des tracking mobiles

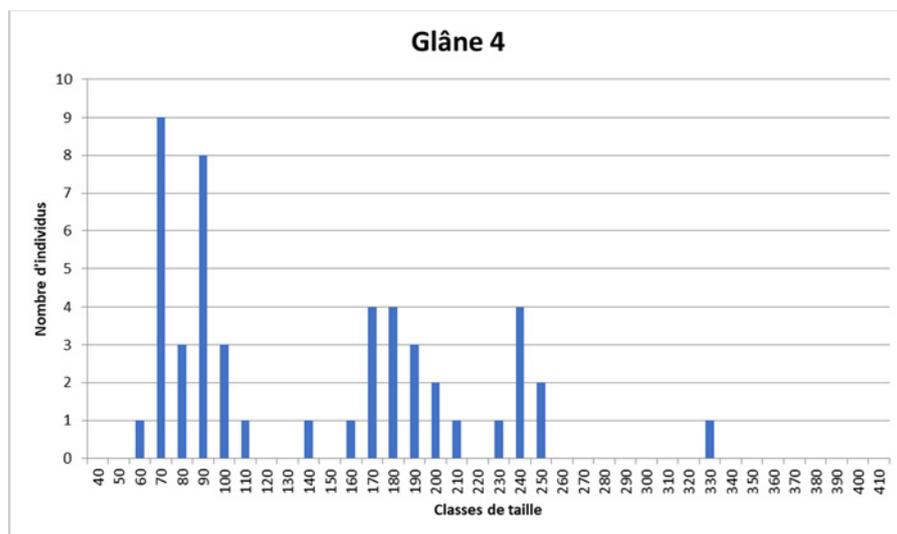
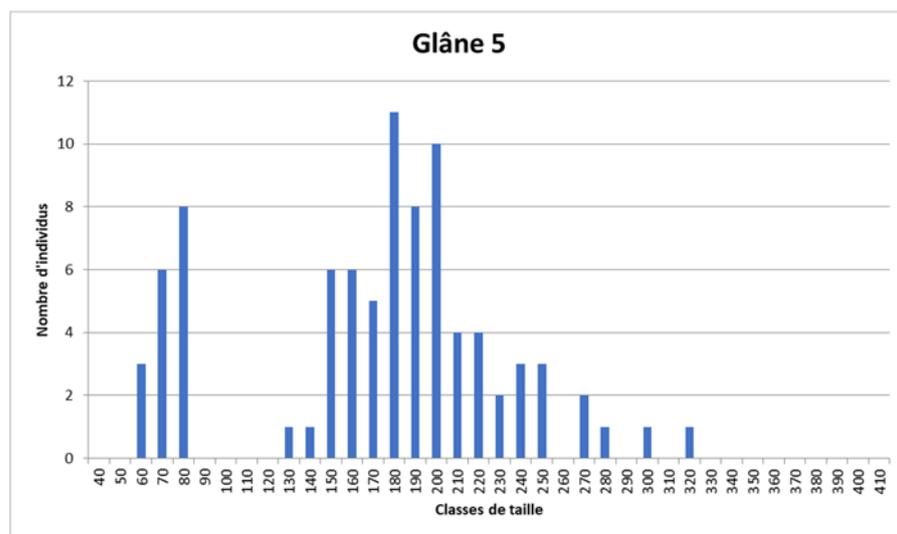
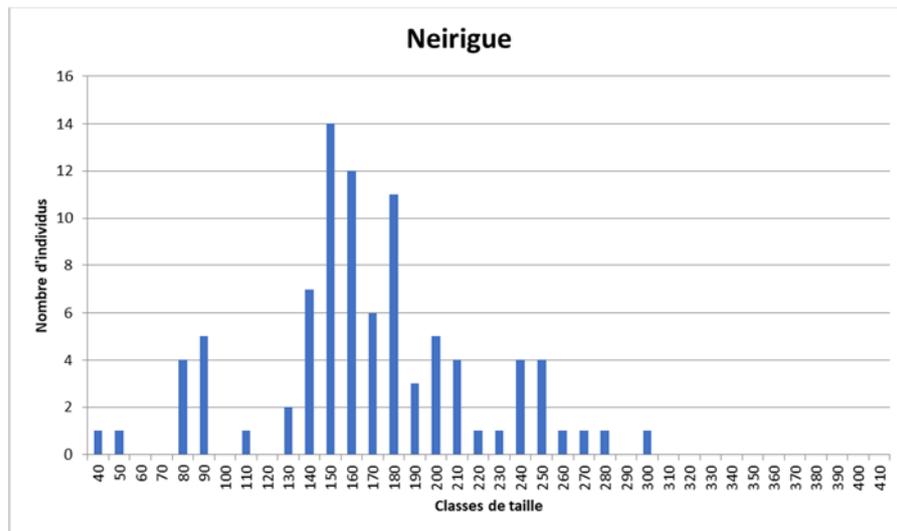
Annexe 8: Résultats détaillés de la détection des puces

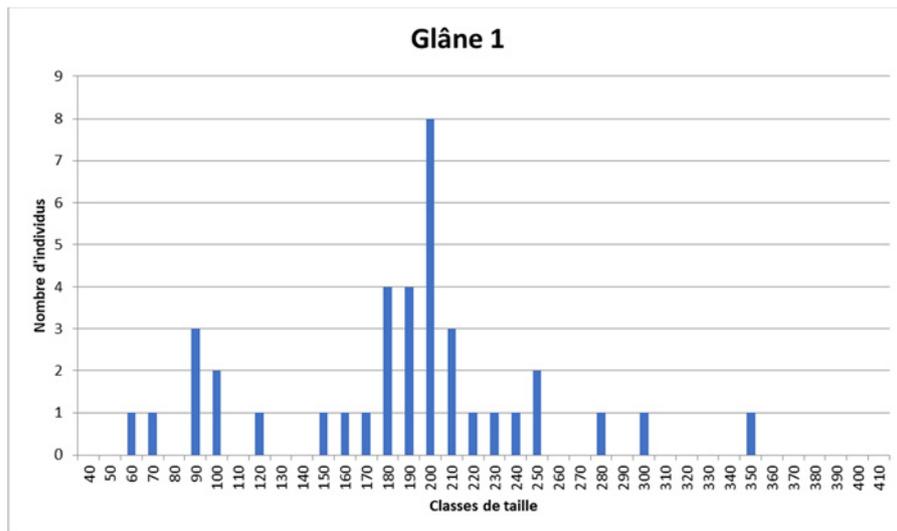
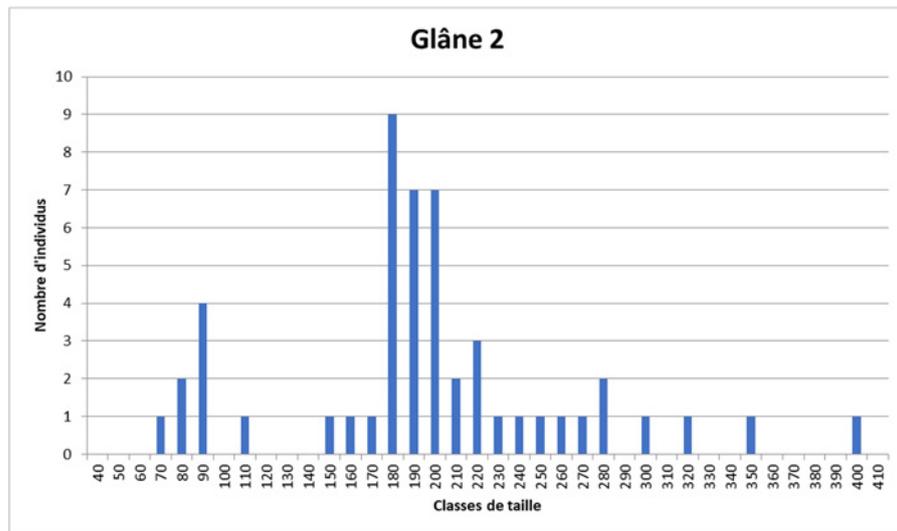
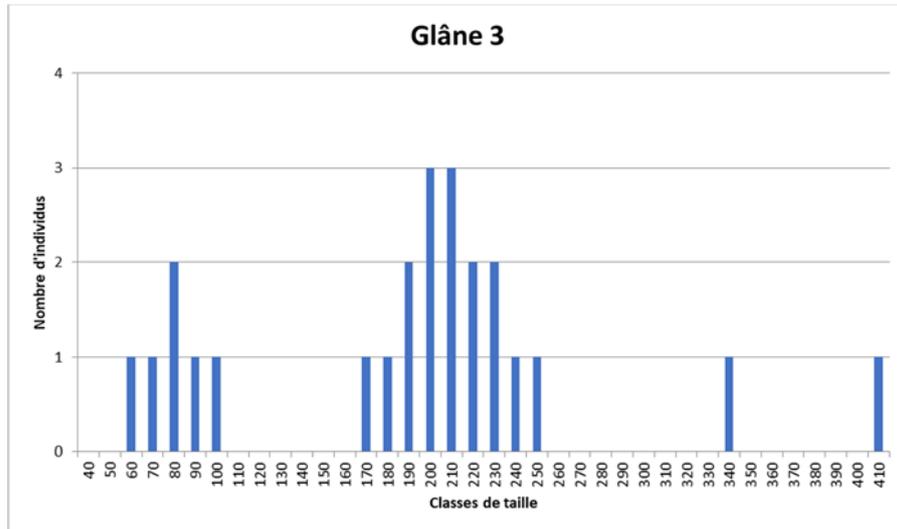
Annexe 9: Cartes répertorient les données des tracking mobiles pour chaque secteur

Annexe 10: Cartes répertorient les données du tracking mobile de 2018

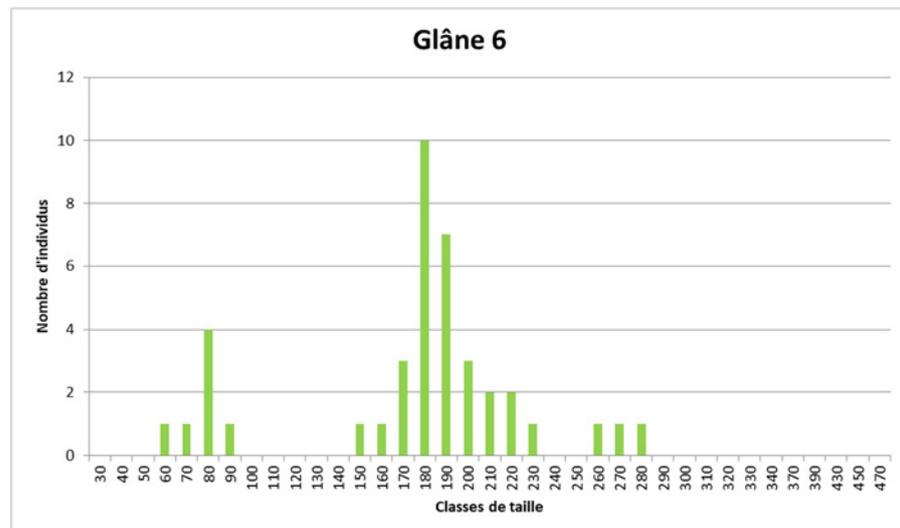
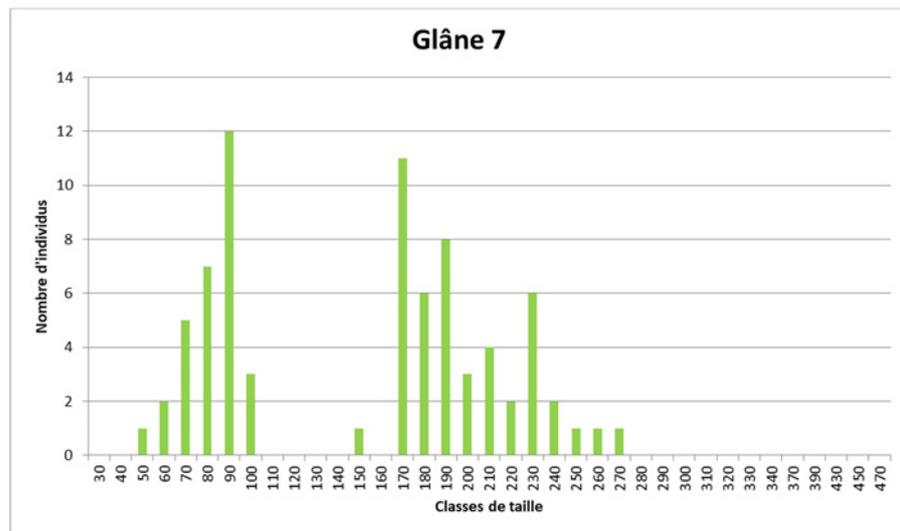
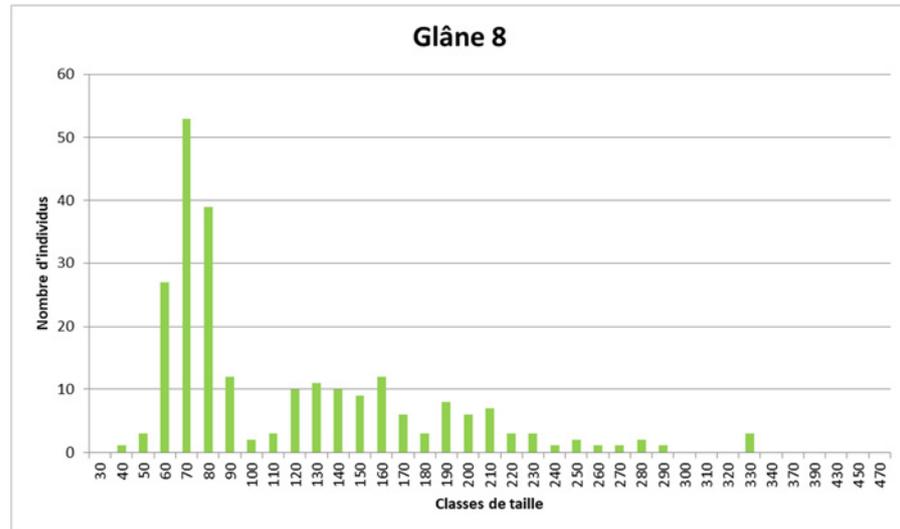
Annexe 1: Histogrammes 2015

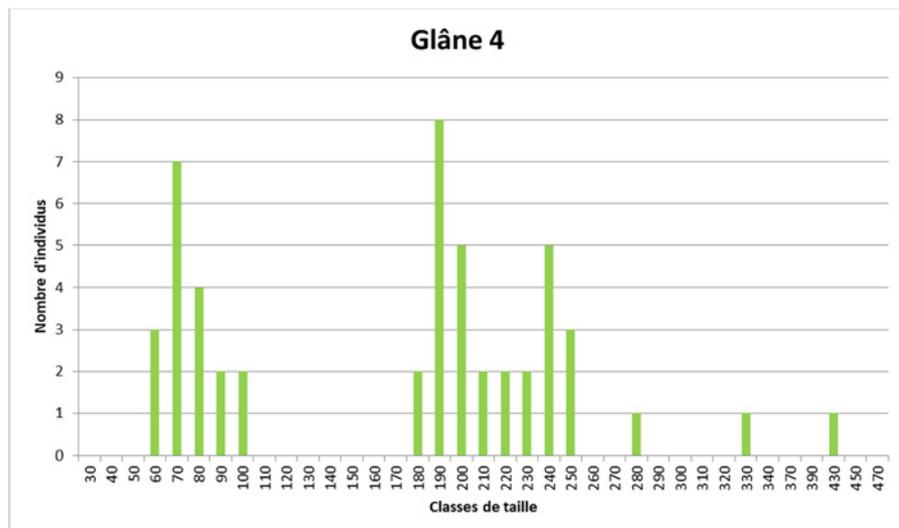
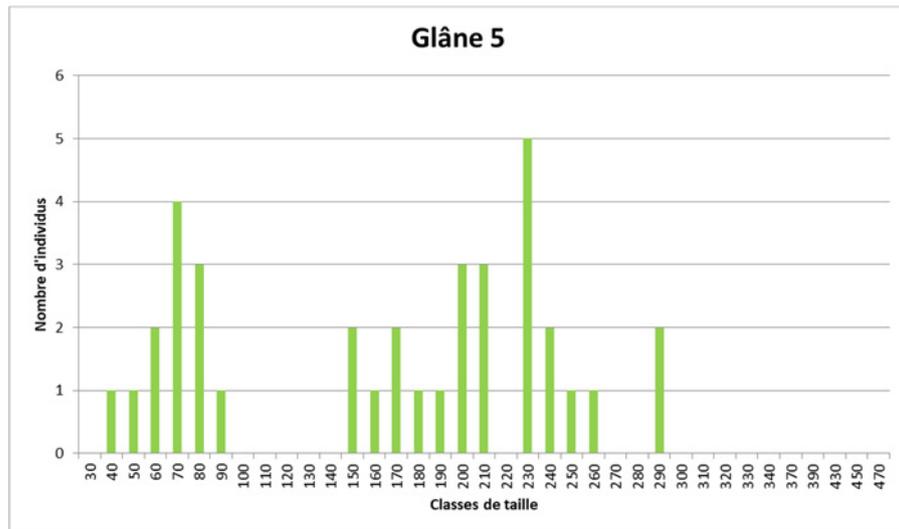
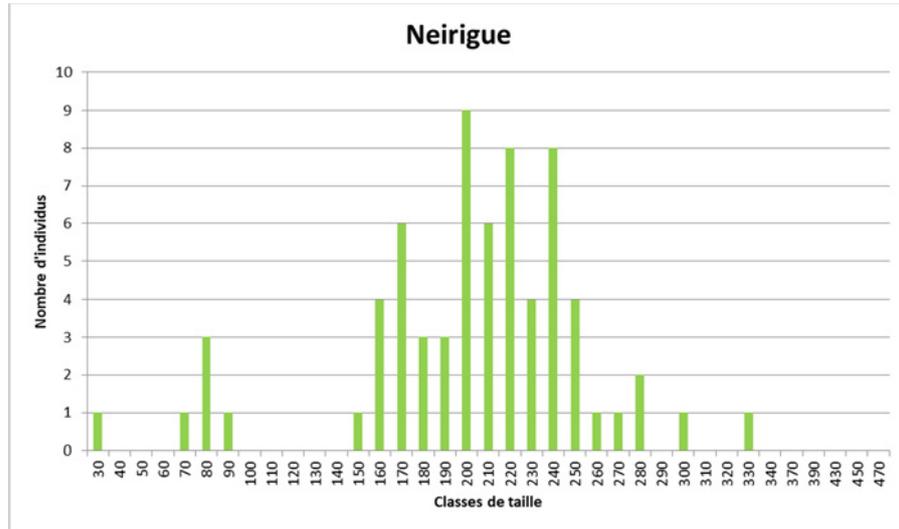


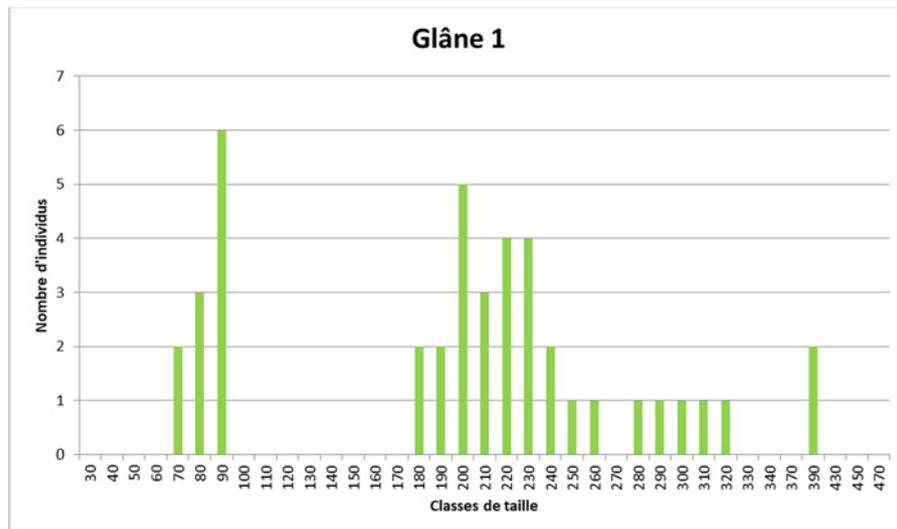
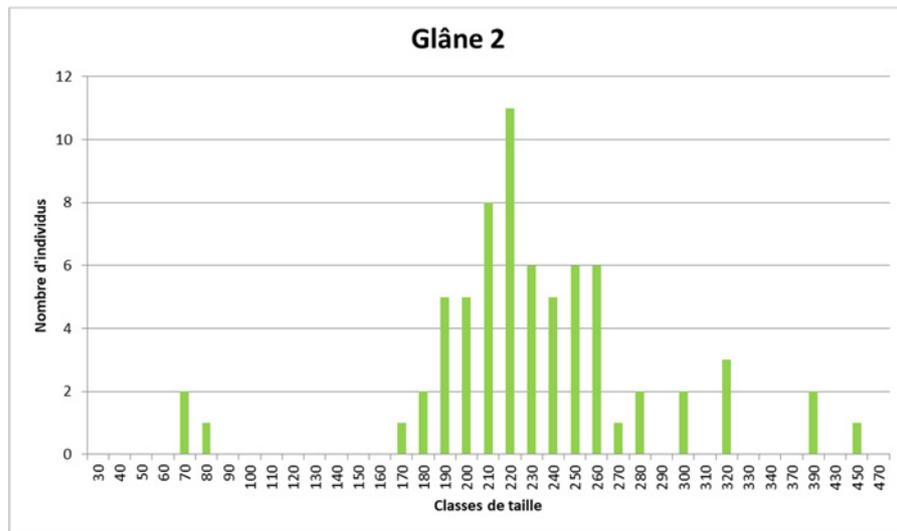
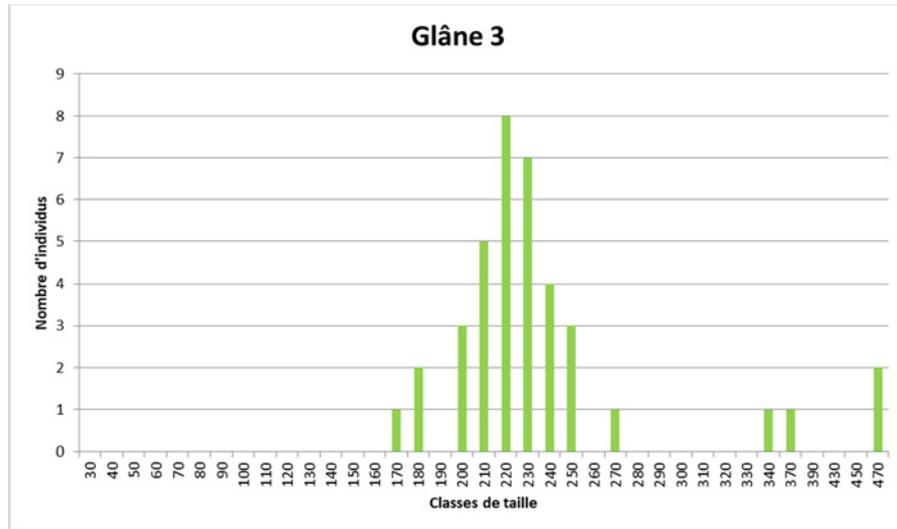




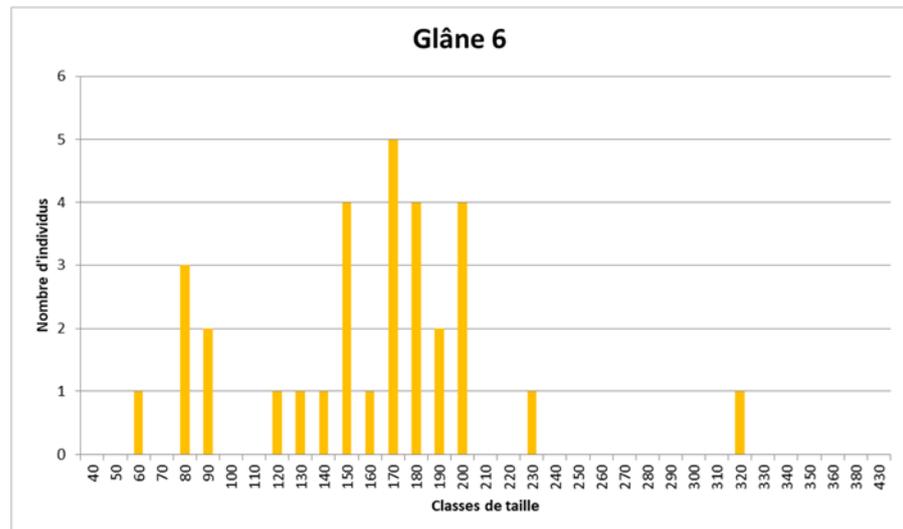
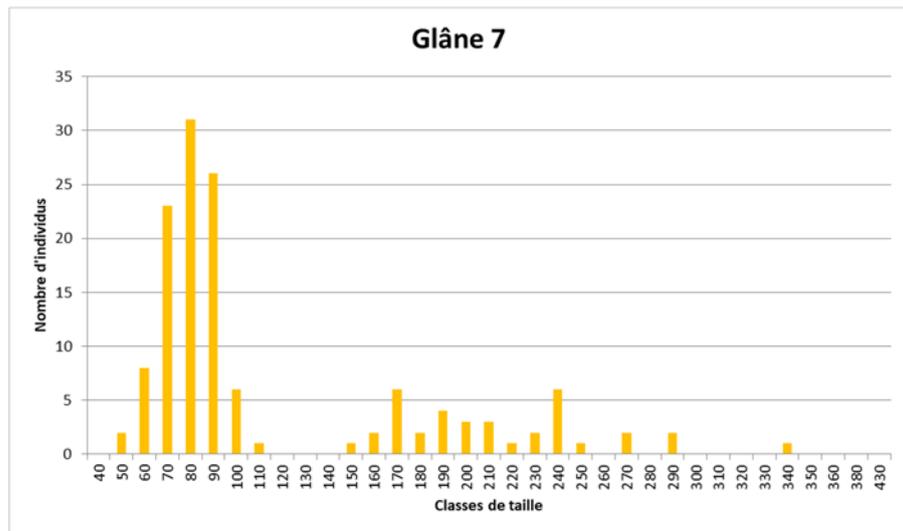
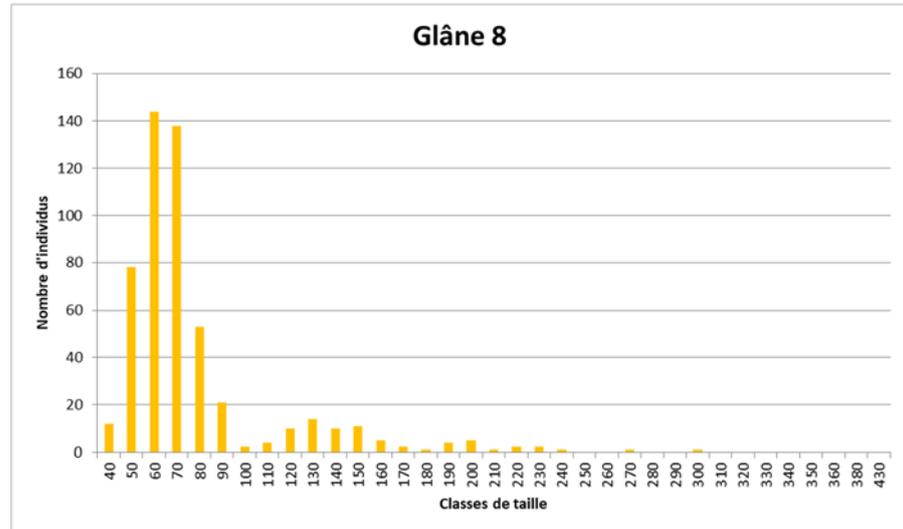
Annexe 2: Histogrammes 2016

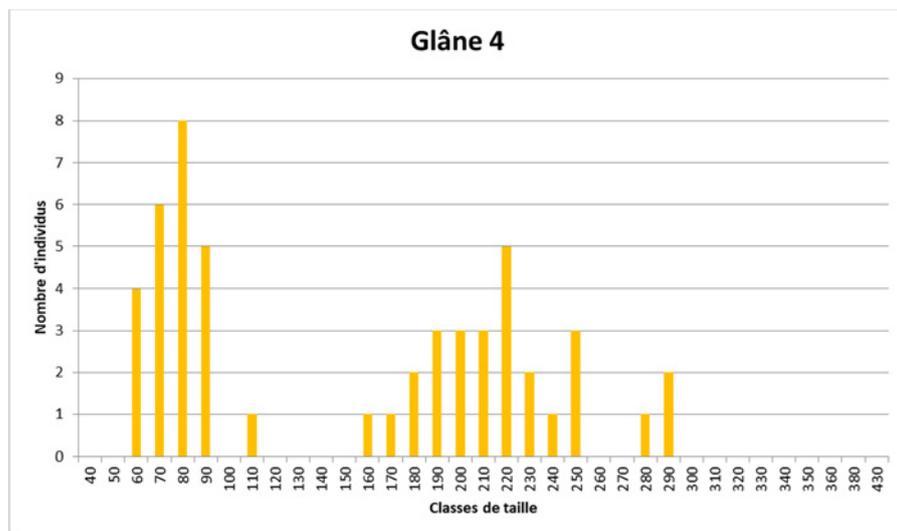
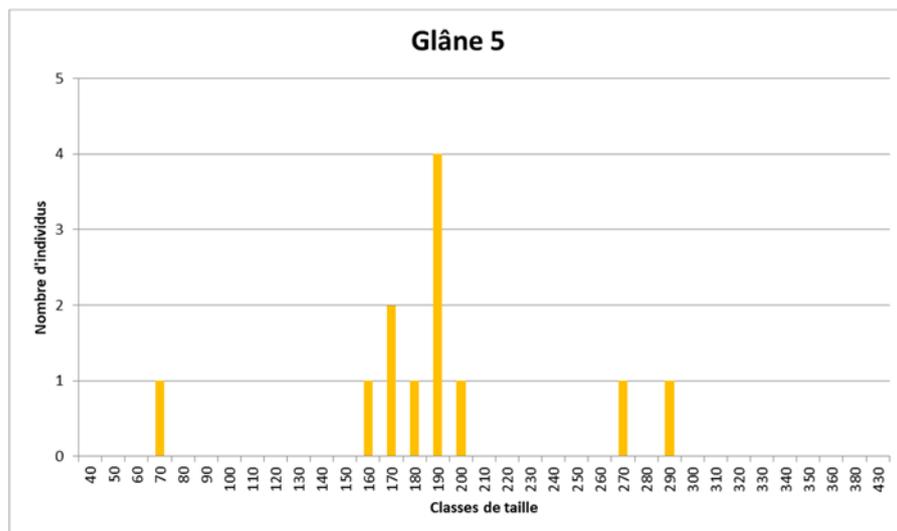
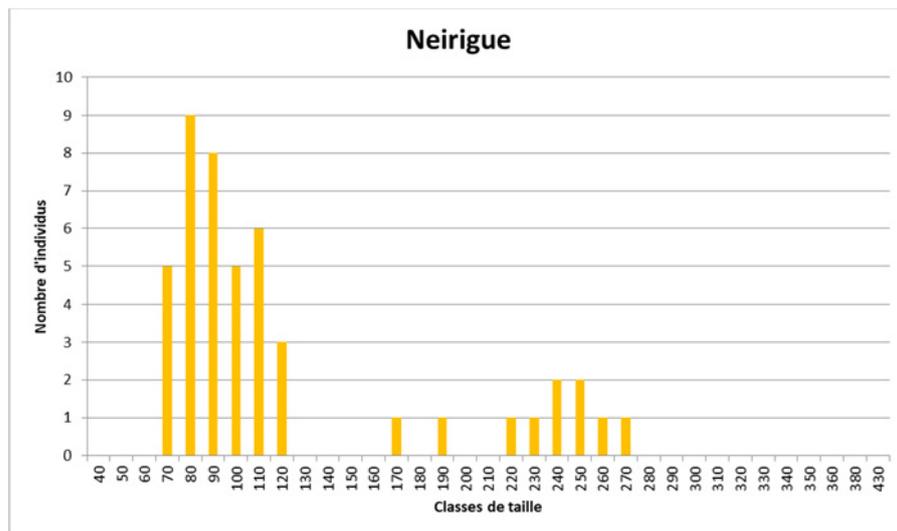


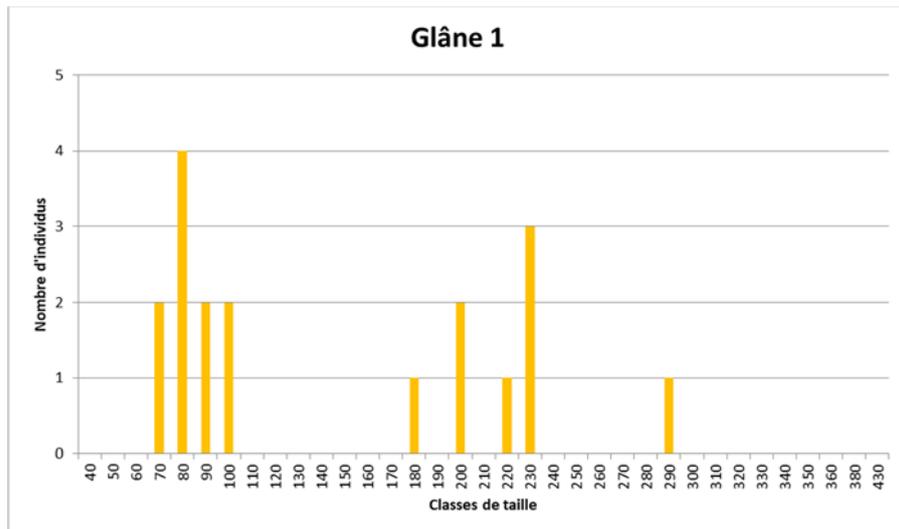
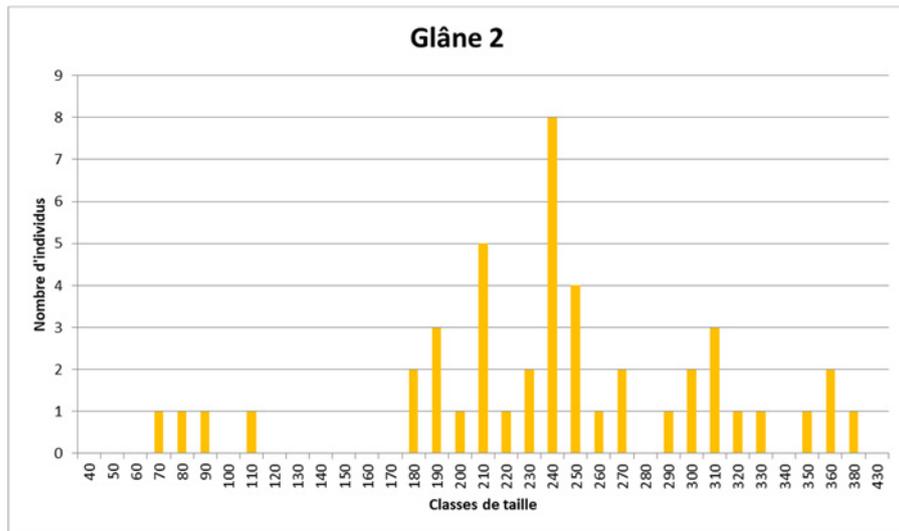
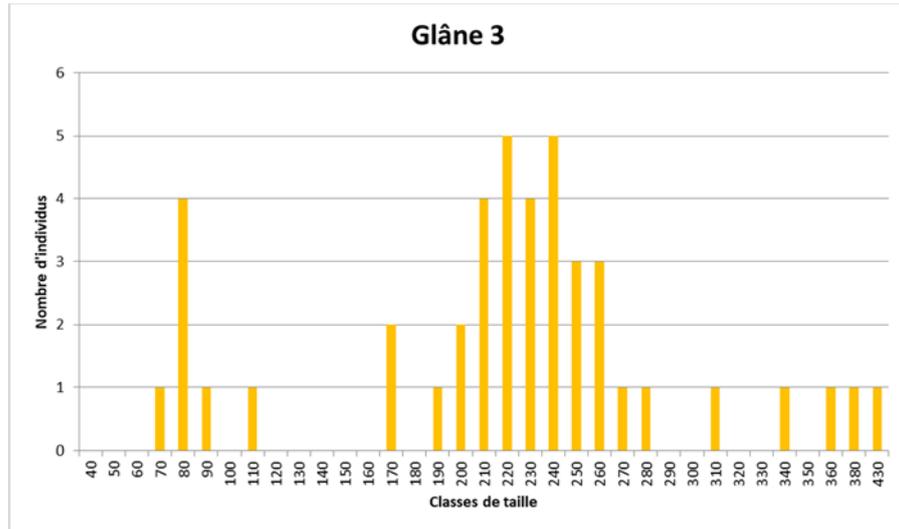




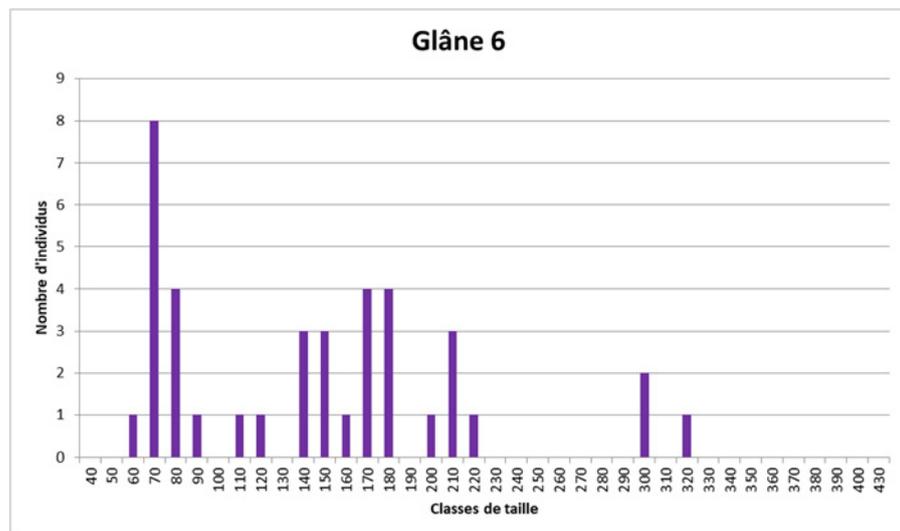
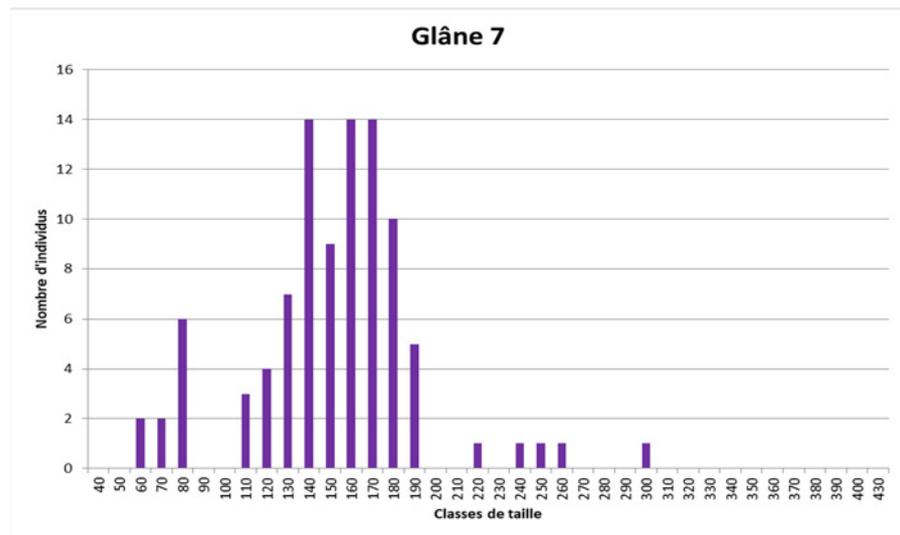
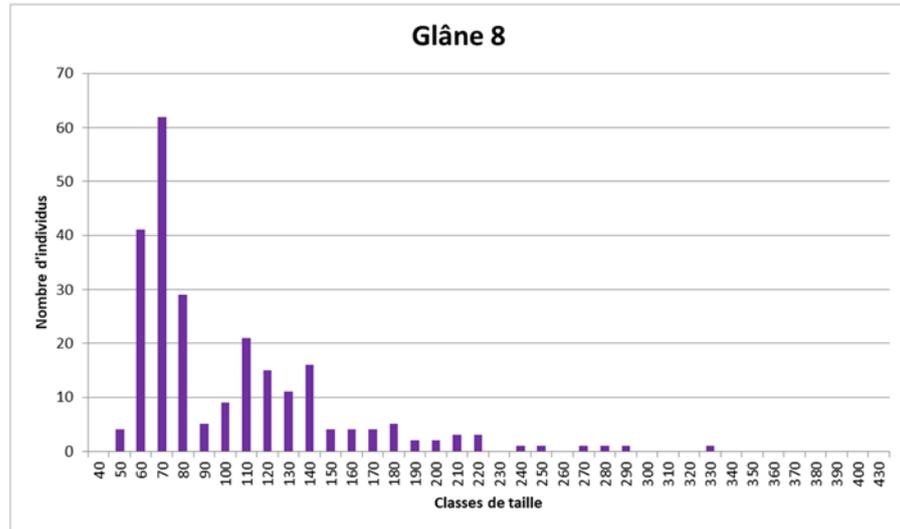
Annexe 3: Histogrammes 2017

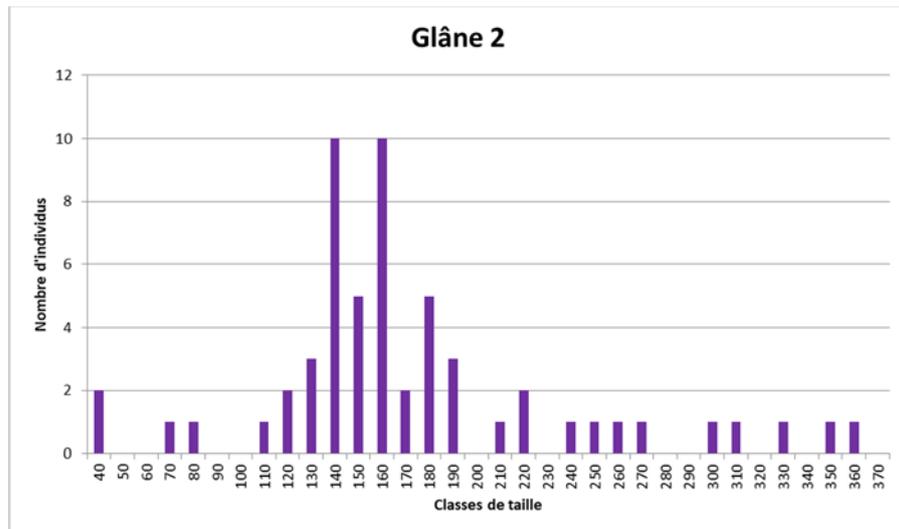
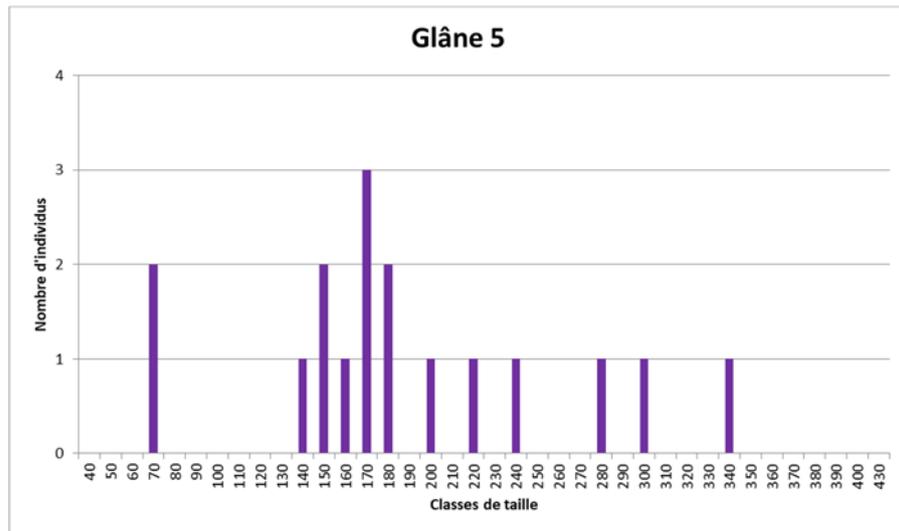
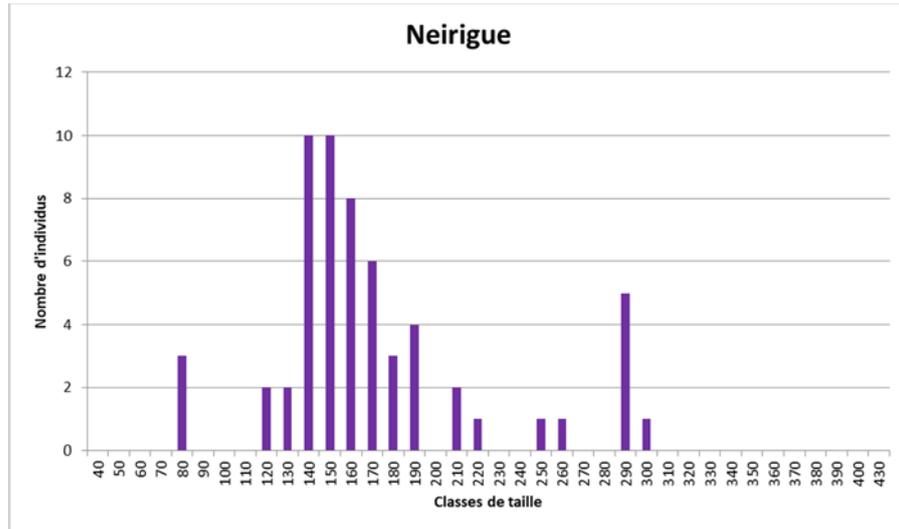






Annexe 4: Histogrammes 2018





Annexe 5: Détermination de l'âge des truites, longueur des annuli et rétrocalculs

N° écailles	Date	Secteur	Age (...+)	Longueur totale du poisson [mm]	Longueur des annulis [mm]							Longueur du poisson rétrocalculée [mm]					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	Stot	L1	L2	L3	L4	L5	L6
E262	27.08.2015	Glâne 8	0	158							0.394						
E264	27.08.2015	Glâne 8	1	91	0.439						0.685	58					
E278	27.08.2015	Glâne 8	1	105	0.236						0.536	46					
E261	27.08.2015	Glâne 8	1	107	0.275						0.629	47					
E271	27.08.2015	Glâne 8	1	113	0.232						0.587	45					
E290	27.08.2015	Glâne 8	1	115	0.310						0.598	60					
E269	27.08.2015	Glâne 8	1	121	0.329						0.617	65					
E263	27.08.2015	Glâne 8	1	123	0.250						0.591	52					
E272	27.08.2015	Glâne 8	1	123	0.244						0.552	54					
E315	27.08.2015	Glâne 8	1	124	0.273						0.573	59					
E270	27.08.2015	Glâne 8	1	125	0.289						0.577	63					
E288	27.08.2015	Glâne 8	1	129	0.381						0.689	71					
E300	27.08.2015	Glâne 8	1	129	0.284						0.593	62					
E311	27.08.2015	Glâne 8	1	132	0.422						0.681	82					
E297	27.08.2015	Glâne 8	1	133	0.400						0.708	75					
E310	27.08.2015	Glâne 8	1	135	0.339						0.624	73					
E296	27.08.2015	Glâne 8	1	141	0.474						0.718	93					
E314	27.08.2015	Glâne 8	1	143	0.450						0.669	96					
E317	27.08.2015	Glâne 8	1	145	0.374						0.833	65					
E294	27.08.2015	Glâne 8	1	146	0.438						0.817	78					
E281	27.08.2015	Glâne 8	1	147	0.509						0.875	86					
E267	27.08.2015	Glâne 8	1	151	0.353						0.744	72					
E276	27.08.2015	Glâne 8	1	157	0.353						0.788	70					
E307	27.08.2015	Glâne 8	1	163	0.549						0.874	102					
E295	27.08.2015	Glâne 8	1	175	0.531						0.857	108					
E285	27.08.2015	Glâne 8	1	195	0.485						0.802	118					
E280	27.08.2015	Glâne 8	2	165	0.411	0.783					1.017	67	127				
E283	27.08.2015	Glâne 8	2	165	0.356	0.698					0.866	68	133				
E293	27.08.2015	Glâne 8	2	165	0.303	0.568					0.777	64	121				
E312	27.08.2015	Glâne 8	2	168	0.219	0.506					0.942	39	90				
E277	27.08.2015	Glâne 8	2	170	0.308	0.751					0.986	53	129				
E268	27.08.2015	Glâne 8	2	172	0.260	0.686					0.855	52	138				
E298	27.08.2015	Glâne 8	2	175	0.371	0.670					0.861	75	136				
E309	27.08.2015	Glâne 8	2	189	0.396	0.749					0.933	80	152				
E301	27.08.2015	Glâne 8	2	212	0.438	0.809					1.004	92	171				
E304	27.08.2015	Glâne 8	2	228	0.291	0.863					1.263	53	156				
E313	27.08.2015	Glâne 8	2	233	0.438	0.999					1.235	83	188				
E299	27.08.2015	Glâne 8	2	239	0.467	0.820					1.007	111	195				
E273	27.08.2015	Glâne 8	2	265	0.551	1.029					1.204	121	226				
E308	27.08.2015	Glâne 8	2	275	0.528	0.800					1.207	120	182				
E265	27.08.2015	Glâne 8	3	224	0.529	0.884	1.085				1.197	99	165	203			
E275	27.08.2015	Glâne 8	3	239	0.318	0.662	0.831				1.038	73	152	191			
E302	27.08.2015	Glâne 8	3	249	0.445	0.692	1.065				1.267	87	136	209			
E282	27.08.2015	Glâne 8	5	289	0.289	0.676	0.953	1.091	1.243		1.399	60	140	197	225	257	
E356	27.08.2015	Glâne 7	0	99							0.481						
E338	27.08.2015	Glâne 7	1	150	0.313						0.712	66					
E361	27.08.2015	Glâne 7	1	151	0.338						0.815	63					
E330	27.08.2015	Glâne 7	1	154	0.440						0.804	84					
E323	27.08.2015	Glâne 7	1	156	0.254						0.801	49					

E326	27.08.2015	Glâne 7	1	157	0.364	0.820	70
E368	27.08.2015	Glâne 7	1	157	0.436	0.835	82
E362	27.08.2015	Glâne 7	1	158	0.401	0.835	76
E363	27.08.2015	Glâne 7	1	158	0.330	0.895	58
E351	27.08.2015	Glâne 7	1	160	0.312	0.885	56
E337	27.08.2015	Glâne 7	1	161	0.389	0.892	70
E324	27.08.2015	Glâne 7	1	164	0.419	0.874	79
E325	27.08.2015	Glâne 7	1	165	0.514	0.943	90
E320	27.08.2015	Glâne 7	1	167	0.336	0.881	64
E366	27.08.2015	Glâne 7	1	169	0.296	0.686	73
E360	27.08.2015	Glâne 7	1	173	0.445	0.932	83
E342	27.08.2015	Glâne 7	1	176	0.417	0.906	81
E359	27.08.2015	Glâne 7	1	178	0.444	0.962	82
E318	27.08.2015	Glâne 7	1	187	0.401	0.830	90
E319	27.08.2015	Glâne 7	1	188	0.419	0.877	90
E345	27.08.2015	Glâne 7	1	200	0.582	1.058	110
E339	27.08.2015	Glâne 7	2	167	0.361 0.611	0.834	72 122
E343	27.08.2015	Glâne 7	2	183	0.291 0.555	0.935	57 109
E355	27.08.2015	Glâne 7	2	183	0.262 0.637	0.982	49 119
E322	27.08.2015	Glâne 7	2	185	0.571 0.833	1.032	102 149
E335	27.08.2015	Glâne 7	2	191	0.292 0.673	0.926	60 139
E348	27.08.2015	Glâne 7	2	191	0.445 0.743	0.799	106 178
E365	27.08.2015	Glâne 7	2	194	0.241 0.517	0.821	57 122
E347	27.08.2015	Glâne 7	2	201	0.434 0.725	0.891	98 164
E350	27.08.2015	Glâne 7	2	205	0.438 0.879	0.942	95 191
E333	27.08.2015	Glâne 7	2	217	0.407 0.728	1.030	86 153
E327	27.08.2015	Glâne 7	2	218	0.444 0.843	1.154	84 159
E334	27.08.2015	Glâne 7	2	218	0.521 0.929	1.156	98 175
E341	27.08.2015	Glâne 7	2	218	0.344 0.707	0.983	76 157
E328	27.08.2015	Glâne 7	2	221	0.238 0.586	0.911	58 142
E332	27.08.2015	Glâne 7	2	230	0.348 0.894	1.134	71 181
E344	27.08.2015	Glâne 7	2	231	0.231 0.729	1.016	53 166
E352	27.08.2015	Glâne 7	2	231	0.259 0.735	1.029	58 165
E336	27.08.2015	Glâne 7	2	232	0.330 0.935	1.109	69 196
E367	27.08.2015	Glâne 7	2	234	0.337 0.790	0.959	82 193
E349	27.08.2015	Glâne 7	2	243	0.501 0.839	1.144	106 178
E357	27.08.2015	Glâne 7	3	224	0.333 0.726 1.013	1.154	65 141 197
E358	27.08.2015	Glâne 7	3	253	0.301 0.509 0.961	1.281	59 101 190
E340	27.08.2015	Glâne 7	3	255	0.224 0.555 0.963	1.245	46 114 197
E346	27.08.2015	Glâne 7	3	257	0.368 0.742 1.113	1.305	72 146 219
E331	27.08.2015	Glâne 7	3	269	0.513 0.868 1.452	1.673	82 140 233
E329	27.08.2015	Glâne 7	3	276	0.432 0.963 1.196	1.369	87 194 241
E321	27.08.2015	Glâne 7	3	284	0.371 0.730 1.087	1.229	86 169 251
E381	27.08.2015	Glâne 6	1	139	0.373	0.745	70
E377	27.08.2015	Glâne 6	1	148	0.444	0.829	79
E390	27.08.2015	Glâne 6	1	156	0.343	0.698	77
E376	27.08.2015	Glâne 6	1	163	0.452	0.942	78
E379	27.08.2015	Glâne 6	1	168	0.409	0.799	86
E380	27.08.2015	Glâne 6	1	168	0.464	0.893	87
E388	27.08.2015	Glâne 6	1	171	0.342	0.802	73
E375	27.08.2015	Glâne 6	1	176	0.558	1.092	90
E371	27.08.2015	Glâne 6	1	178	0.465	0.960	86
E392	27.08.2015	Glâne 6	1	180	0.462	0.897	93
E374	27.08.2015	Glâne 6	1	181	0.401	0.820	89
E386	27.08.2015	Glâne 6	1	184	0.590	1.025	106
E372	27.08.2015	Glâne 6	1	194	0.598	1.143	101
E373	27.08.2015	Glâne 6	1	196	0.470	1.032	89
E391	27.08.2015	Glâne 6	1	196	0.553	0.962	113

E378	27.08.2015	Glâne 6	1	204	0.442			0.841	107
E394	27.08.2015	Glâne 6	1	205	0.736			1.276	118
E387	27.08.2015	Glâne 6	2	158	0.295	0.540		0.725	64 118
E384	27.08.2015	Glâne 6	2	197	0.358	0.744		1.007	70 146
E369	27.08.2015	Glâne 6	4	274	0.460	0.634	0.917 1.079	1.244	101 140 202 238
E119	25.08.2015	Neirigue	1	143	0.345			0.709	70
E157	25.08.2015	Neirigue	1	144	0.516			0.960	77
E108	25.08.2015	Neirigue	1	148	0.392			0.690	84
E124	25.08.2015	Neirigue	1	148	0.693			1.100	93
E155	25.08.2015	Neirigue	1	149	0.351			0.755	69
E116	25.08.2015	Neirigue	1	150	0.432			0.766	85
E135	25.08.2015	Neirigue	1	152	0.346			0.774	68
E139	25.08.2015	Neirigue	1	152	0.500			0.981	77
E152	25.08.2015	Neirigue	1	153	0.494			0.922	82
E132	25.08.2015	Neirigue	1	154	0.489			0.917	82
E142	25.08.2015	Neirigue	1	157	0.483			0.782	97
E156	25.08.2015	Neirigue	1	157	0.723			1.183	96
E149	25.08.2015	Neirigue	1	158	0.295			0.776	60
E159	25.08.2015	Neirigue	1	158	0.409			0.882	73
E141	25.08.2015	Neirigue	1	160	0.504			0.947	85
E122	25.08.2015	Neirigue	1	161	0.394			0.843	75
E150	25.08.2015	Neirigue	1	162	0.567			0.963	95
E151	25.08.2015	Neirigue	1	162	0.526			0.825	103
E144	25.08.2015	Neirigue	1	163	0.548			0.853	105
E125	25.08.2015	Neirigue	1	168	0.427			0.775	93
E145	25.08.2015	Neirigue	1	171	0.565			0.857	113
E117	25.08.2015	Neirigue	1	172	0.388			0.747	89
E140	25.08.2015	Neirigue	1	173	0.649			1.155	97
E126	25.08.2015	Neirigue	1	174	0.473			1.043	79
E99	25.08.2015	Neirigue	1	176	0.590			0.926	112
E134	25.08.2015	Neirigue	1	181	0.479			0.815	106
E137	25.08.2015	Neirigue	1	182	0.665			1.052	115
E146	25.08.2015	Neirigue	1	182	0.448			1.008	81
E129	25.08.2015	Neirigue	1	183	0.549			0.872	115
E143	25.08.2015	Neirigue	1	184	0.554			0.976	104
E120	25.08.2015	Neirigue	1	186	0.523			0.912	107
E130	25.08.2015	Neirigue	1	187	0.588			1.052	105
E121	25.08.2015	Neirigue	1	196	0.492			0.951	101
E100	25.08.2015	Neirigue	1	207	0.406			1.060	79
E162	25.08.2015	Neirigue	2	154	0.310	0.554		0.804	59 106
E110	25.08.2015	Neirigue	2	160	0.305	0.549		0.856	57 103
E112	25.08.2015	Neirigue	2	169	0.389	0.714		0.965	68 125
E154	25.08.2015	Neirigue	2	181	0.572	0.780		1.175	88 120
E161	25.08.2015	Neirigue	2	185	0.375	0.570		0.922	75 114
E136	25.08.2015	Neirigue	2	200	0.292	0.636		0.759	77 168
E138	25.08.2015	Neirigue	2	211	0.348	0.765		0.947	78 170
E133	25.08.2015	Neirigue	2	213	0.494	0.980		1.159	91 180
E158	25.08.2015	Neirigue	2	216	0.408	0.834		1.078	82 167
E111	25.08.2015	Neirigue	2	219	0.498	1.011		1.232	89 180
E123	25.08.2015	Neirigue	2	224	0.523	1.236		1.403	84 197
E160	25.08.2015	Neirigue	2	242	0.338	0.830		1.026	80 196
E148	25.08.2015	Neirigue	2	243	0.314	1.074		1.313	58 199
E128	25.08.2015	Neirigue	2	245	0.387	0.971		1.214	78 196
E164	25.08.2015	Neirigue	2	245	0.529	1.097		1.289	101 209
E102	25.08.2015	Neirigue	2	250	0.519	1.028		1.207	107 213
E127	25.08.2015	Neirigue	2	250	0.582	1.247		1.385	105 225
E105	25.08.2015	Neirigue	2	258	0.486	1.225		1.360	92 232
E131	25.08.2015	Neirigue	2	264	0.369	0.961		1.160	84 219

E103	25.08.2015	Neirigue	2	289	0.488	1.191		1.464	96	235
E109	25.08.2015	Neirigue	3	301	0.461	1.001	1.241	1.407	99	214 265
E51	25.08.2015	Glâne 5	0	69				0.379		
E43	25.08.2015	Glâne 5	0	83				0.426		
E44	25.08.2015	Glâne 5	0	83				0.381		
E73	25.08.2015	Glâne 5	0	85				0.461		
E75	25.08.2015	Glâne 5	1	135	0.332			0.733	61	
E59	25.08.2015	Glâne 5	1	146	0.336			0.636	77	
E84	25.08.2015	Glâne 5	1	156	0.382			0.960	62	
E63	25.08.2015	Glâne 5	1	158	0.470			0.975	76	
E47	25.08.2015	Glâne 5	1	159	0.310			0.713	69	
E98	25.08.2015	Glâne 5	1	159	0.484			1.104	70	
E91	25.08.2015	Glâne 5	1	163	0.520			0.934	91	
E96	25.08.2015	Glâne 5	1	164	0.419			0.801	86	
E90	25.08.2015	Glâne 5	1	165	0.419			0.777	89	
E83	25.08.2015	Glâne 5	1	166	0.411			0.934	73	
E65	25.08.2015	Glâne 5	1	167	0.444			0.888	84	
E71	25.08.2015	Glâne 5	1	172	0.296			0.806	63	
E56	25.08.2015	Glâne 5	1	173	0.470			0.865	94	
E58	25.08.2015	Glâne 5	1	174	0.669			1.057	110	
E78	25.08.2015	Glâne 5	1	174	0.400			0.867	80	
E76	25.08.2015	Glâne 5	1	179	0.646			0.932	124	
E79	25.08.2015	Glâne 5	1	182	0.350			0.984	65	
E85	25.08.2015	Glâne 5	1	182	0.596			0.886	122	
E97	25.08.2015	Glâne 5	1	185	0.461			0.806	106	
E60	25.08.2015	Glâne 5	1	190	0.317			0.896	67	
E87	25.08.2015	Glâne 5	1	191	0.482			1.066	86	
E93	25.08.2015	Glâne 5	1	191	0.459			0.868	101	
E40	25.08.2015	Glâne 5	1	192	0.633			0.994	122	
E50	25.08.2015	Glâne 5	1	195	0.423			0.849	97	
E57	25.08.2015	Glâne 5	1	199	0.510			0.904	112	
E88	25.08.2015	Glâne 5	1	200	0.406			1.032	79	
E86	25.08.2015	Glâne 5	1	201	0.349			0.808	87	
E92	25.08.2015	Glâne 5	1	208	0.589			1.122	109	
E74	25.08.2015	Glâne 5	1	231	0.442			1.193	86	
E82	25.08.2015	Glâne 5	2	180	0.413	0.647		0.913	81	128
E61	25.08.2015	Glâne 5	2	187	0.429	0.798		0.998	80	150
E52	25.08.2015	Glâne 5	2	199	0.449	0.668		1.041	86	128
E95	25.08.2015	Glâne 5	2	199	0.519	0.796		1.018	101	156
E48	25.08.2015	Glâne 5	2	200	0.326	0.544		0.950	69	115
E80	25.08.2015	Glâne 5	2	203	0.348	0.669		1.072	66	127
E94	25.08.2015	Glâne 5	2	203	0.513	0.808		1.186	88	138
E62	25.08.2015	Glâne 5	2	207	0.249	0.647		0.921	56	145
E77	25.08.2015	Glâne 5	2	208	0.341	0.652		1.239	57	109
E64	25.08.2015	Glâne 5	2	212	0.341	0.567		1.134	64	106
E55	25.08.2015	Glâne 5	2	222	0.409	0.741		1.062	85	155
E49	25.08.2015	Glâne 5	2	226	0.362	0.801		1.251	65	145
E68	25.08.2015	Glâne 5	2	231	0.569	1.012		1.243	106	188
E72	25.08.2015	Glâne 5	3	228	0.341	0.800	1.025	1.305	60	140 179
E54	25.08.2015	Glâne 5	3	240	0.407	0.924	1.172	1.339	73	166 210
E41	25.08.2015	Glâne 5	3	243	0.497	0.978	1.229	1.261	96	188 237
E53	25.08.2015	Glâne 5	3	255	0.299	0.769	1.133	1.335	57	147 216
E69	25.08.2015	Glâne 5	3	305	0.491	0.697	1.436	1.783	84	119 246
E67	25.08.2015	Glâne 5	3	325	0.506	1.086	1.559	1.846	89	191 274
E39	25.08.2015	Glâne 5	5	289	0.299	0.539	0.768 1.071 1.230	1.416	61	110 157 219 251
E245	26.08.2015	Glâne 4	0	90				0.366		
E253	26.08.2015	Glâne 4	0	95				0.394		
E254	26.08.2015	Glâne 4	0	98				0.505		

E255	26.08.2015	Glâne 4	0	98					0.521			
E259	26.08.2015	Glâne 4	0	102					0.535			
E235	26.08.2015	Glâne 4	0	104					0.553			
E256	26.08.2015	Glâne 4	0	109					0.517			
E250	26.08.2015	Glâne 4	1	147	0.317				0.754	62		
E247	26.08.2015	Glâne 4	1	164	0.582				0.913	105		
E236	26.08.2015	Glâne 4	1	170	0.412				0.822	85		
E242	26.08.2015	Glâne 4	1	170	0.380				0.837	77		
E249	26.08.2015	Glâne 4	1	178	0.326				0.833	70		
E252	26.08.2015	Glâne 4	1	182	0.416				0.956	79		
E251	26.08.2015	Glâne 4	2	176	0.498	0.721			0.867	101 146		
E240	26.08.2015	Glâne 4	2	180	0.296	0.657			0.899	59 132		
E244	26.08.2015	Glâne 4	2	180	0.322	0.697			0.781	74 161		
E257	26.08.2015	Glâne 4	2	187	0.329	0.642			0.839	73 143		
E243	26.08.2015	Glâne 4	2	194	0.415	0.694			0.906	89 149		
E231	26.08.2015	Glâne 4	2	195	0.318	0.605			0.954	65 124		
E232	26.08.2015	Glâne 4	2	195	0.422	0.717			0.919	90 152		
E248	26.08.2015	Glâne 4	2	203	0.531	0.796			1.225	88 132		
E234	26.08.2015	Glâne 4	2	212	0.438	0.620			1.329	70 99		
E238	26.08.2015	Glâne 4	2	232	0.565	0.877			1.184	111 172		
E241	26.08.2015	Glâne 4	2	240	0.678	1.070			1.304	125 197		
E239	26.08.2015	Glâne 4	2	248	0.320	0.778			1.369	58 141		
E233	26.08.2015	Glâne 4	3	244	0.320	0.531	0.785		0.979	80 132 196		
E246	26.08.2015	Glâne 4	3	249	0.416	0.660	1.027		1.166	89 141 219		
E260	26.08.2015	Glâne 4	3	250	0.471	0.808	1.001		1.162	101 174 215		
E237	26.08.2015	Glâne 4	4	251	0.282	0.676	0.860	1.065	1.226	58 138 176 218		
E218	26.08.2015	Glâne 3	0	89					0.409			
E216	26.08.2015	Glâne 3	0	106					0.547			
E212	26.08.2015	Glâne 3	1	171	0.392				0.900	74		
E213	26.08.2015	Glâne 3	1	181	0.575				0.921	113		
E228	26.08.2015	Glâne 3	1	193	0.524				0.893	113		
E224	26.08.2015	Glâne 3	1	195	0.503				1.033	95		
E214	26.08.2015	Glâne 3	1	204	0.511				0.983	106		
E220	26.08.2015	Glâne 3	1	206	0.567				1.086	108		
E227	26.08.2015	Glâne 3	1	212	0.451				0.940	102		
E210	26.08.2015	Glâne 3	1	216	0.502				0.934	116		
230	25.08.2016	Glâne 3	1	230	0.637				1.396	105		
232	25.08.2016	Glâne 3	1	232	0.513				1.341	89		
E221	26.08.2015	Glâne 3	2	205	0.279	0.526			0.860	67 125		
E226	26.08.2015	Glâne 3	2	218	0.351	0.690			1.099	70 137		
E217	26.08.2015	Glâne 3	2	221	0.699	1.018			1.315	117 171		
E219	26.08.2015	Glâne 3	2	224	0.216	0.674			1.166	41 129		
E223	26.08.2015	Glâne 3	2	232	0.539	0.934			1.129	111 192		
E209	26.08.2015	Glâne 3	2	233	0.370	0.650			1.222	71 124		
E222	26.08.2015	Glâne 3	2	247	0.519	0.899			1.417	90 157		
E211	26.08.2015	Glâne 3	2	258	0.505	0.949			1.217	107 201		
237	25.08.2016	Glâne 3	2	237	0.544	0.828			1.277	101 154		
238	25.08.2016	Glâne 3	2	238	0.327	0.548			0.981	79 133		
344	25.08.2016	Glâne 3	3	344	0.590	1.175	1.511		1.802	113 224 288		
370	25.08.2016	Glâne 3	4	370	0.347	0.783	1.137	1.507	1.955	66 148 215 285		
E225	26.08.2015	Glâne 3	5	412	0.582	1.330	1.649	1.966	2.135	2.369	101 231 287 342 371	
473	25.08.2016	Glâne 3	5	473	0.657	1.035	1.487	2.061	2.325	2.563	121 191 274 380 429	
471	25.08.2016	Glâne 3	6	471	0.364	0.913	1.244	1.425	1.601	1.756	1.875	91 229 312 358 402 441
E203	26.08.2015	Glâne 2	0	94					0.525			
E190	26.08.2015	Glâne 2	0	111					0.551			
E171	26.08.2015	Glâne 2	1	153	0.399				0.725	84		
E188	26.08.2015	Glâne 2	1	168	0.383				0.856	75		
E178	26.08.2015	Glâne 2	1	170	0.434				0.877	84		

E175	26.08.2015	Glâne 2	1	180	0.512		0.770	120
E198	26.08.2015	Glâne 2	1	182	0.398		0.947	76
E195	26.08.2015	Glâne 2	1	183	0.310		0.790	72
E172	26.08.2015	Glâne 2	1	184	0.580		0.925	115
E191	26.08.2015	Glâne 2	1	186	0.526		0.901	109
E193	26.08.2015	Glâne 2	1	190	0.514		1.056	92
E194	26.08.2015	Glâne 2	1	195	0.463		0.874	103
E199	26.08.2015	Glâne 2	1	198	0.506		0.953	105
E202	26.08.2015	Glâne 2	1	206	0.459		1.109	85
172	25.08.2016	Glâne 2	1	172	0.326		0.939	60
217	25.08.2016	Glâne 2	1	217	0.449		0.984	99
E189	26.08.2015	Glâne 2	2	186	0.521	0.724	0.960	101 140
E181	26.08.2015	Glâne 2	2	187	0.388	0.624	0.873	83 134
E192	26.08.2015	Glâne 2	2	189	0.506	0.744	0.980	98 143
E186	26.08.2015	Glâne 2	2	192	0.494	0.808	1.067	89 145
E165	26.08.2015	Glâne 2	2	195	0.540	0.896	1.136	93 154
E174	26.08.2015	Glâne 2	2	196	0.341	0.631	1.125	59 110
E179	26.08.2015	Glâne 2	2	197	0.539	0.792	1.152	92 135
E196	26.08.2015	Glâne 2	2	201	0.413	0.870	1.099	76 159
E201	26.08.2015	Glâne 2	2	201	0.488	0.752	0.959	102 158
E176	26.08.2015	Glâne 2	2	203	0.386	0.704	1.027	76 139
E187	26.08.2015	Glâne 2	2	203	0.634	0.943	1.175	110 163
E197	26.08.2015	Glâne 2	2	209	0.313	0.675	0.968	68 146
E180	26.08.2015	Glâne 2	2	210	0.401	0.688	0.947	89 153
E185	26.08.2015	Glâne 2	2	221	0.376	0.622	1.167	71 118
E169	26.08.2015	Glâne 2	2	225	0.421	0.661	1.123	84 132
E182	26.08.2015	Glâne 2	2	230	0.341	0.701	1.053	74 153
E177	26.08.2015	Glâne 2	2	320	0.408	0.748	1.113	117 215
228	25.08.2016	Glâne 2	2	228	0.693	1.160	1.303	121 203
245	25.08.2016	Glâne 2	2	245	0.402	0.624	1.020	97 150
252	25.08.2016	Glâne 2	2	252	0.359	0.724	1.471	62 124
267	25.08.2016	Glâne 2	2	267	0.419	0.777	1.382	81 150
E184	26.08.2015	Glâne 2	3	287	0.445	0.721 1.011	1.319	97 157 220
E173	26.08.2015	Glâne 2	3	301	0.486	0.837 1.418	1.627	90 155 262
320	25.08.2016	Glâne 2	3	320	0.669	1.097 1.487	1.814	118 194 262
322	25.08.2016	Glâne 2	3	322	0.468	1.087 1.358	1.609	94 218 272
325	25.08.2016	Glâne 2	3	325	0.537	0.886 1.126	1.340	130 215 273
E183	26.08.2015	Glâne 2	4	272	0.403	0.682 0.964 1.183	1.273	86 146 206 253
E167	26.08.2015	Glâne 2	4	400	0.497	0.838 1.200 1.540	1.774	112 189 271 347
397	25.08.2016	Glâne 2	5	397	0.623	0.828 1.201 1.316 1.460	1.589	156 207 300 329 365
458	25.08.2016	Glâne 2	6	458	0.425	0.873 1.314 1.640 1.930 2.213	2.563	76 156 235 293 345 395
E32	25.08.2015	Glâne 1	0	69			0.375	
E33	25.08.2015	Glâne 1	0	90			0.509	
E30	25.08.2015	Glâne 1	0	95			0.448	
E15	25.08.2015	Glâne 1	0	99			0.526	
E34	25.08.2015	Glâne 1	0	101			0.547	
E31	25.08.2015	Glâne 1	0	103			0.557	
E18	25.08.2015	Glâne 1	0	125			0.607	
E9	25.08.2015	Glâne 1	1	153	0.457		0.828	84
E17	25.08.2015	Glâne 1	1	169	0.346		0.792	74
E23	25.08.2015	Glâne 1	1	183	0.457		1.021	82
E24	25.08.2015	Glâne 1	1	184	0.371		0.875	78
E4	25.08.2015	Glâne 1	1	187	0.372		1.052	66
E14	25.08.2015	Glâne 1	1	191	0.310		0.911	65
E27	25.08.2015	Glâne 1	1	194	0.430		1.004	83
E21	25.08.2015	Glâne 1	1	203	0.592		1.015	118
E7	25.08.2015	Glâne 1	1	206	0.431		1.047	85
E38	25.08.2015	Glâne 1	1	209	0.440		1.166	79

E5	25.08.2015	Glâne 1	1	214	0.488				1.099	95
E10	25.08.2015	Glâne 1	2	194	0.393	0.714			1.073	71 129
E12	25.08.2015	Glâne 1	2	197	0.459	0.805			1.013	89 157
E35	25.08.2015	Glâne 1	2	203	0.458	0.785			1.034	90 154
E36	25.08.2015	Glâne 1	2	205	0.292	0.497			1.025	58 99
E26	25.08.2015	Glâne 1	2	207	0.489	0.786			1.037	98 157
E28	25.08.2015	Glâne 1	2	215	0.473	0.767			1.183	86 139
E29	25.08.2015	Glâne 1	2	219	0.522	0.779			1.155	99 148
E16	25.08.2015	Glâne 1	2	238	0.457	0.679			1.214	90 133
E3	25.08.2015	Glâne 1	2	242	0.435	0.879			1.266	83 168
E37	25.08.2015	Glâne 1	2	254	0.505	0.817			1.212	106 171
E6	25.08.2015	Glâne 1	2	259	0.339	0.533			1.027	85 134
E2	25.08.2015	Glâne 1	2	283	0.379	0.569			0.898	119 179
E25	25.08.2015	Glâne 1	2	304	0.392	0.776			1.127	106 209
398	25.08.2016	Glâne 1	4	398	0.772	1.204	1.480	1.615	1.727	178 277 341 372

## Annexe 6: Matrices Taille-Age

Glâne 8

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	1	0	0	0	0	0	1
100	0	2	0	0	0	0	0	2
110	0	2	0	0	0	0	0	2
120	0	7	0	0	0	0	0	7
130	0	3	0	0	0	0	0	3
140	0	5	0	0	0	0	0	5
150	1	2	0	0	0	0	0	3
160	0	1	4	0	0	0	0	5
170	0	1	3	0	0	0	0	4
180	0	0	1	0	0	0	0	1
190	0	1	0	0	0	0	0	1
200	0	0	0	0	0	0	0	0
210	0	0	1	0	0	0	0	1
220	0	0	1	1	0	0	0	2
230	0	0	2	1	0	0	0	3
240	0	0	0	1	0	0	0	1
250	0	0	0	0	0	0	0	0
260	0	0	1	0	0	0	0	1
270	0	0	1	0	0	0	0	1
280	0	0	0	0	0	1	0	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>44</b>

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	0%	100%	0%	0%
100	0%	100%	0%	0%
110	0%	100%	0%	0%
120	0%	100%	0%	0%
130	0%	100%	0%	0%
140	0%	100%	0%	0%
150	33%	67%	0%	0%
160	0%	20%	80%	0%
170	0%	25%	75%	0%
180	0%	0%	100%	0%
190	0%	100%	0%	0%
200	0%	0%	0%	0%
210	0%	0%	100%	0%
220	0%	0%	50%	50%
230	0%	0%	67%	33%
240	0%	0%	0%	100%
250	0%	0%	0%	0%
260	0%	0%	100%	0%
270	0%	0%	100%	0%
280	0%	0%	0%	100%

Glâne 7

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	0	0	0	0	0	0	1
100	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	8	0	0	0	0	0	8
160	0	6	1	0	0	0	0	7
170	0	3	0	0	0	0	0	3
180	0	2	3	0	0	0	0	5
190	0	0	3	0	0	0	0	3
200	0	1	2	0	0	0	0	3
210	0	0	4	0	0	0	0	4
220	0	0	1	1	0	0	0	2
230	0	0	5	0	0	0	0	5
240	0	0	1	0	0	0	0	1
250	0	0	0	3	0	0	0	3
260	0	0	0	1	0	0	0	1
270	0	0	0	1	0	0	0	1
280	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48</b>

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	100%	0%	0%	0%
100	0%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	0%	0%	0%
140	0%	0%	0%	0%
150	0%	100%	0%	0%
160	0%	86%	14%	0%
170	0%	100%	0%	0%
180	0%	40%	60%	0%
190	0%	0%	100%	0%
200	0%	33%	67%	0%
210	0%	0%	100%	0%
220	0%	0%	50%	50%
230	0%	0%	100%	0%
240	0%	0%	100%	0%
250	0%	0%	0%	100%
260	0%	0%	0%	100%
270	0%	0%	0%	100%
280	0%	0%	0%	100%

**Glâne 6**

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	1	0	0	0	0	0	1
140	0	1	0	0	0	0	0	1
150	0	1	1	0	0	0	0	2
160	0	3	0	0	0	0	0	3
170	0	3	0	0	0	0	0	3
180	0	3	0	0	0	0	0	3
190	0	3	1	0	0	0	0	4
200	0	2	0	0	0	0	0	2
210	0	0	0	0	0	0	0	0
220	0	0	0	0	0	0	0	0
230	0	0	0	0	0	0	0	0
240	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0	0	0	0	0	0	0
260	0	0	0	0	0	0	0	0
270	0	0	0	0	1	0	0	1
Total	0	17	2	0	1	0	0	20

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	0%	0%	0%	0%
100	0%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	100%	0%	0%
140	0%	100%	0%	0%
150	0%	50%	50%	0%
160	0%	100%	0%	0%
170	0%	100%	0%	0%
180	0%	100%	0%	0%
190	0%	75%	25%	0%
200	0%	100%	0%	0%
210	0%	0%	0%	0%
220	0%	0%	0%	0%
230	0%	0%	0%	0%
240	0%	0%	0%	0%
250	0%	0%	0%	0%
260	0%	0%	0%	0%
270	0%	0%	0%	100%

**Neirigue**

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	5	0	0	0	0	0	5
150	0	9	1	0	0	0	0	10
160	0	6	2	0	0	0	0	8
170	0	5	0	0	0	0	0	5
180	0	7	2	0	0	0	0	9
190	0	1	0	0	0	0	0	1
200	0	1	1	0	0	0	0	2
210	0	0	4	0	0	0	0	4
220	0	0	1	0	0	0	0	1
230	0	0	0	0	0	0	0	0
240	0	0	4	0	0	0	0	4
250	0	0	3	0	0	0	0	3
260	0	0	1	0	0	0	0	1
270	0	0	0	0	0	0	0	0
280	0	0	1	0	0	0	0	1
290	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	1	0	0	0	1
Total	0	34	20	1	0	0	0	55

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	0%	0%	0%	0%
100	0%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	0%	0%	0%
140	0%	100%	0%	0%
150	0%	90%	10%	0%
160	0%	75%	25%	0%
170	0%	100%	0%	0%
180	0%	78%	22%	0%
190	0%	100%	0%	0%
200	0%	50%	50%	0%
210	0%	0%	100%	0%
220	0%	0%	100%	0%
230	0%	0%	0%	0%
240	0%	0%	100%	0%
250	0%	0%	100%	0%
260	0%	0%	100%	0%
270	0%	0%	0%	0%
280	0%	0%	100%	0%
290	0%	0%	0%	0%
300	0%	0%	0%	100%

**Glâne 5**

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	1	0	0	0	0	0	0	1
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	3	0	0	0	0	0	0	3
90	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	1	0	0	0	0	0	1
140	0	1	0	0	0	0	0	1
150	0	4	0	0	0	0	0	4
160	0	5	0	0	0	0	0	5
170	0	5	0	0	0	0	0	5
180	0	3	2	0	0	0	0	5
190	0	6	2	0	0	0	0	8
200	0	3	5	0	0	0	0	8
210	0	0	1	0	0	0	0	1
220	0	0	2	1	0	0	0	3
230	0	1	1	0	0	0	0	2
240	0	0	0	2	0	0	0	2
250	0	0	0	1	0	0	0	1
260	0	0	0	0	0	0	0	0
270	0	0	0	0	0	0	0	0
280	0	0	0	0	0	1	0	1
290	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	1	0	0	0	1
310	0	0	0	0	0	0	0	0
320	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>53</b>

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	100%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	100%	0%	0%	0%
90	0%	0%	0%	0%
100	0%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	100%	0%	0%
140	0%	100%	0%	0%
150	0%	100%	0%	0%
160	0%	100%	0%	0%
170	0%	100%	0%	0%
180	0%	60%	40%	0%
190	0%	75%	25%	0%
200	0%	38%	63%	0%
210	0%	0%	100%	0%
220	0%	0%	67%	33%
230	0%	50%	50%	0%
240	0%	0%	0%	100%
250	0%	0%	0%	100%
260	0%	0%	0%	0%
270	0%	0%	0%	0%
280	0%	0%	0%	100%
290	0%	0%	0%	0%
300	0%	0%	0%	100%
310	0%	0%	0%	0%
320	0%	0%	0%	100%

**Glâne 4**

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	4	0	0	0	0	0	0	4
100	3	0	0	0	0	0	0	3
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	1	0	0	0	0	0	1
150	0	0	0	0	0	0	0	0
160	0	1	0	0	0	0	0	1
170	0	3	1	0	0	0	0	4
180	0	1	3	0	0	0	0	4
190	0	0	3	0	0	0	0	3
200	0	0	1	0	0	0	0	1
210	0	0	1	0	0	0	0	1
220	0	0	0	0	0	0	0	0
230	0	0	1	0	0	0	0	1
240	0	0	2	2	0	0	0	4
250	0	0	0	1	1	0	0	2
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>29</b>

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	100%	0%	0%	0%
100	100%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	0%	0%	0%
140	0%	100%	0%	0%
150	0%	0%	0%	0%
160	0%	100%	0%	0%
170	0%	75%	25%	0%
180	0%	25%	75%	0%
190	0%	0%	100%	0%
200	0%	0%	100%	0%
210	0%	0%	100%	0%
220	0%	0%	0%	0%
230	0%	0%	100%	0%
240	0%	0%	50%	50%
250	0%	0%	0%	100%

Glâne 3

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	1	0	0	0	0	0	0	1
90	0	0	0	0	0	0	0	0
100	1	0	0	0	0	0	0	1
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0
160	0	0	0	0	0	0	0	0
170	0	1	0	0	0	0	0	1
180	0	1	0	0	0	0	0	1
190	0	2	0	0	0	0	0	2
200	0	2	1	0	0	0	0	3
210	0	2	1	0	0	0	0	3
220	0	0	2	0	0	0	0	2
230	0	2	4	0	0	0	0	6
240	0	0	1	0	0	0	0	1
250	0	0	1	0	0	0	0	1
260	0	0	0	0	0	0	0	0
270	0	0	0	0	0	0	0	0
340	0	0	0	1	0	0	0	1
370	0	0	0	0	1	0	0	1
410	0	0	0	0	0	1	0	1
470	0	0	0	0	0	1	1	2
Total	2	10	10	1	1	2	1	27

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	100%	0%	0%	0%
90	0%	0%	0%	0%
100	100%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	0%	0%	0%
140	0%	0%	0%	0%
150	0%	0%	0%	0%
160	0%	0%	0%	0%
170	0%	100%	0%	0%
180	0%	100%	0%	0%
190	0%	100%	0%	0%
200	0%	67%	33%	0%
210	0%	67%	33%	0%
220	0%	0%	100%	0%
230	0%	33%	67%	0%
240	0%	0%	100%	0%
250	0%	0%	100%	0%
260	0%	0%	0%	0%
270	0%	0%	0%	0%
340	0%	0%	0%	100%
370	0%	0%	0%	100%
410	0%	0%	0%	100%
470	0%	0%	0%	100%

Glâne 2

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	0	0	0	0	0	0	1
100	0	0	0	0	0	0	0	0
110	1	0	0	0	0	0	0	1
120	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	1	0	0	0	0	0	1
160	0	1	0	0	0	0	0	1
170	0	2	0	0	0	0	0	2
180	0	5	3	0	0	0	0	8
190	0	3	4	0	0	0	0	7
200	0	1	5	0	0	0	0	6
210	0	1	1	0	0	0	0	2
220	0	0	3	0	0	0	0	3
230	0	0	1	0	0	0	0	1
240	0	0	1	0	0	0	0	1
250	0	0	1	0	0	0	0	1
260	0	0	1	0	0	0	0	1
270	0	0	0	0	1	0	0	1
280	0	0	0	1	0	0	0	1
290	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	1	0	0	0	1
310	0	0	0	0	0	0	0	0
320	0	0	1	3	0	0	0	4
390	0	0	0	0	0	1	0	1
400	0	0	0	0	1	0	0	1
450	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	2	14	21	5	2	1	1	46

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	0%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	100%	0%	0%	0%
100	0%	0%	0%	0%
110	100%	0%	0%	0%
120	0%	0%	0%	0%
130	0%	0%	0%	0%
140	0%	0%	0%	0%
150	0%	100%	0%	0%
160	0%	100%	0%	0%
170	0%	100%	0%	0%
180	0%	63%	38%	0%
190	0%	43%	57%	0%
200	0%	17%	83%	0%
210	0%	50%	50%	0%
220	0%	0%	100%	0%
230	0%	0%	100%	0%
240	0%	0%	100%	0%
250	0%	0%	100%	0%
260	0%	0%	100%	0%
270	0%	0%	0%	100%
280	0%	0%	0%	100%
290	0%	0%	0%	0%
300	0%	0%	0%	100%
310	0%	0%	0%	0%
320	0%	0%	25%	75%
390	0%	0%	0%	100%
400	0%	0%	0%	100%
450	0%	0%	0%	100%

**Glâne 1**

Classes de taille	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Total
60	1	0	0	0	0	0	0	1
70	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0
90	3	0	0	0	0	0	0	3
100	2	0	0	0	0	0	0	2
110	0	0	0	0	0	0	0	0
120	1	0	0	0	0	0	0	1
130	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	1	0	0	0	0	0	1
160	0	1	0	0	0	0	0	1
170	0	0	0	0	0	0	0	0
180	0	3	0	0	0	0	0	3
190	0	2	2	0	0	0	0	4
200	0	3	3	0	0	0	0	6
210	0	1	2	0	0	0	0	3
220	0	0	0	0	0	0	0	0
230	0	0	1	0	0	0	0	1
240	0	0	1	0	0	0	0	1
250	0	0	2	0	0	0	0	2
260	0	0	0	0	0	0	0	0
270	0	0	0	0	0	0	0	0
280	0	0	1	0	0	0	0	1
290	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	1	0	0	0	0	1
390	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32</b>

Classes de taille	0+	1+	2+	> 2+
60	100%	0%	0%	0%
70	0%	0%	0%	0%
80	0%	0%	0%	0%
90	100%	0%	0%	0%
100	100%	0%	0%	0%
110	0%	0%	0%	0%
120	100%	0%	0%	0%
130	0%	0%	0%	0%
140	0%	0%	0%	0%
150	0%	100%	0%	0%
160	0%	100%	0%	0%
170	0%	0%	0%	0%
180	0%	100%	0%	0%
190	0%	50%	50%	0%
200	0%	50%	50%	0%
210	0%	33%	67%	0%
220	0%	0%	0%	0%
230	0%	0%	100%	0%
240	0%	0%	100%	0%
250	0%	0%	100%	0%
260	0%	0%	0%	0%
270	0%	0%	0%	0%
280	0%	0%	100%	0%
290	0%	0%	0%	0%
300	0%	0%	100%	0%
390	0%	0%	0%	100%

## Annexe 7: Points de départ et de fin des tracking mobiles

		Glâne 8	Glâne 7	Glâne 6	Neirigue	Glâne 5	Glâne 4	Glâne 3	Glâne 2	Glâne 1
Août 2016	Distance aval secteur	150m	270m	240m	248m	215m	120m	182m	184m	130m
	Distance secteur	100m	100m	100m	100m	100m	100m	100m	100m	100m
	Distance amont secteur	180m	192m	225m	194m	125m	120m	85m	130m	165m
Avril 2017	Distance aval secteur	430m	375m	240m	220m	250m	150m	166m	680m	225m
	Distance secteur	100m	100m	100m	100m	100m	100m	100m	100m	100m
	Distance amont secteur	180m	192m	225m	194m	125m	100m	151m	130m	165m
Septembre 2018	Distance aval secteur	-	1000m	1330m	-	-	-	-	-	-
	Distance secteur	-	100m	100m	-	-	-	-	-	-
	Distance amont secteur	-	192m	410m	-	-	-	-	-	-

## Annexe 8: Résultats détaillés de la détection des puces

### Tracking d'août 2016

Date	Heure	Code long	Code court	Coord x	Coord y	Position	Date marquage	Lieu marquage
11.08.2016	09:06:39.21	900_226000764816	764816	556660	165642	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:12:54.69	900_226000764859	764859	556631	165616	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:14:08.88	900_226000764044	764044	556651	165631	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:17:18.73	900_226000764012	764012	556634	165618	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:22:52.38	900_226000764815	764815	556626	165544	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:23:19.22	900_226000764090	764090	556610	165534	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:24:37.43	900_226000764060	764060	556589	165509	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:25:03.20	900_226000764841	764841	556548	165400	Amont Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	09:35:09.89	900_226000764033	764033	556524	165366	Amont Glâne 8	2015	Glâne 8
11.08.2016	10:11:56.61	900_226000762994	762994	559833	169698	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
11.08.2016	11:14:42.95	900_226000762953	762953	562867	173299	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:14:45.04	900_226000762959	762959	562832	173266	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:31:10.07	900_226000762977	762977	562716	173172	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:32:12.82	900_226000763427	763427	562703	173160	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:32:41.21	900_226000762960	762960	562698	173157	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:37:34.13	900_226000762972	762972	562671	173113	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:37:44.70	900_226000763472	763472	562669	173111	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:37:49.14	900_226000762991	762991	562664	173105	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:38:02.31	900_226000763466	763466	562660	173100	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:38:03.12	900_226000763421	763421	562655	173094	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	11:43:38.65	900_226000763437	763437	562609	173043	Amont Glâne 6	2015	Glâne 6
11.08.2016	13:27:41.83	900_226000759887	759887	567541	175722	Aval Glâne 5	2015	Glâne 5
11.08.2016	13:35:31.05	900_226000762685	762685	567294	175686	Station Glâne 5	2015	Glâne 5
11.08.2016	13:35:48.08	900_226000763277	763277	567297	175689	Station Glâne 5	2015	Neirigue
11.08.2016	13:36:09.32	900_226000764184	764184	567292	175682	Station Glâne 5	2015	Glâne 5
11.08.2016	14:06:04.71	900_226000761352	761352	566608	175318	Aval Neirigue	2015	Neirigue
11.08.2016	14:10:19.01	900_226000761321	761321	566583	175264	Aval Neirigue	2015	Neirigue
11.08.2016	14:14:01.72	900_226000763806	763806	566553	175240	Aval Neirigue	2015	Neirigue
11.08.2016	14:23:21.86	900_226000763232	763232	566406	175194	Station Neirigue	2015	Neirigue
12.08.2016	09:02:51.23	900_226000764686	764686	569419	176005	Aval Glâne 4	2015	Glâne 4
12.08.2016	09:09:12.60	900_226000763330	763330	569335	175951	Station Glâne 4	2015	Glâne 4
12.08.2016	09:21:03.43	900_226000763175	763175	569345	175911	Station Glâne 4	2015	Glâne 4
12.08.2016	09:25:37.79	900_226000763172	763172	569353	175889	Station Glâne 4	2015	Glâne 4
12.08.2016	09:28:39.23	900_226000764188	764188	569357	175874	Station Glâne 4	2015	Glâne 4
12.08.2016	10:17:32.29	900_226000764362	764362	571606	179095	Aval Glâne 3	2015	Glâne 3
12.08.2016	10:21:04.03	900_226000763017	763017	571572	179074	Aval Glâne 3	2015	Glâne 3
12.08.2016	10:26:18.11	900_226000763841	763841	571466	179026	Station Glâne 3	2015	Glâne 3
12.08.2016	10:26:18.41	900_226000763042	763042	571461	179011	Station Glâne 3	2015	Glâne 3
12.08.2016	10:33:15.84	900_226000763404	763404	571450	178983	Station Glâne 3	2015	Glâne 2
12.08.2016	11:33:15.00	900_226000761946	761946	573257	180075	Station Glâne 2	2015	Glâne 2
12.08.2016	11:34:35.54	900_226000761919	761919	573229	180036	Station Glâne 2	2015	Glâne 2
12.08.2016	11:43:50.21	900_226000761955	761955	573189	179935	Amont Glâne 2	2015	Glâne 2
12.08.2016	13:09:07.71	900_226000762698	762698	575673	181541	Aval Glâne 1	2015	Glâne 1
12.08.2016	13:10:46.12	900_226000761358	761358	575566	181464	Station Glâne 1	2015	Glâne 1
12.08.2016	13:11:19.20	900_226000763765	763765	575554	181457	Station Glâne 1	2015	Glâne 1

## Tracking d'avril 2017

Date	heure	Code long	Code court	Etat	Coord x	Coord y	Position	Date marquage	Lieu marquage
03.04.2017	09:05:43.30	900_226000764865	764865	mort	556724	165814	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	09:28:23.63	900_226000844698	844698	mort	556692	165754	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	09:32:47.53	900_226000764837	764837	mort	556682	165745	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	09:35:20.79	900_226000844730	844730	mort	556678	165742	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	09:40:12.06	900_226000764842	764842	mort	556670	165734	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	09:40:45.67	900_226000844603	844603	vivant	556670	165732	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	09:41:47.71	900_226000844914	844914	mort	556670	165731	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	09:46:58.23	900_226000844637	844637	vivant	556666	165713	Aval Glâne 8	2016	Glâne 7
03.04.2017	09:51:09.49	900_226000764038	764038	mort	556663	165703	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	09:58:11.91	900_226000844630	844630	mort	556667	165698	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	10:02:47.34	900_226000844650	844650	mort	556669	165679	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	10:09:46.77	900_226000764816	764816	mort	556664	165656	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	10:22:34.20	900_226000764859	764859	mort	556625	165614	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	10:29:22.89	900_226000764044	764044	mort	556613	165602	Aval Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	10:32:22.58	900_226000844607	844607	mort	556612	165599	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	10:36:08.63	900_226000844691	844691	vivant	556611	165589	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	10:44:03.26	900_226000844855	844855	mort	556621	165577	Aval Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	10:58:22.91	900_226000844523	844523	mort	556601	165532	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	10:59:48.31	900_226000764056	764056	mort	556593	165524	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	11:02:37.77	900_226000844568	844568	mort	556594	165524	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	11:02:41.64	900_226000844627	844627	mort	556595	165524	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	11:06:25.92	900_226000844553	844553	mort	556588	165503	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	11:07:27.48	900_226000764090	764090	mort	556588	165503	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	11:07:34.87	900_226000844659	844659	mort	556588	165503	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	11:07:48.80	900_226000764815	764815	mort	556588	165503	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	11:13:39.17	900_226000844694	844694	mort	556589	165492	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	11:13:40.70	900_226000764060	764060	mort	556589	165492	Station Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	11:15:58.07	900_226000844720	844720	mort	556586	165459	Station Glâne 8	2016	Glâne 8
03.04.2017	11:31:13.93	900_226000764028	764028	mort	556535	165384	Amont Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	11:39:00.53	900_226000764832	764832	mort	556524	165369	Amont Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	11:44:54.55	900_226000764033	764033	mort	556513	165327	Amont Glâne 8	2015	Glâne 8
03.04.2017	13:42:32.36	900_226000762915	762915	mort	559962	169893	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	13:43:19.82	900_226000844378	764076	mort	559947	169876	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	13:47:05.05	900_226000764076	762994	mort	559883	169769	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	13:56:43.34	900_226000844713	764070	mort	559865	169738	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	14:02:38.86	900_226000762994	764078	mort	559853	169725	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	14:06:26.79	900_226000764070	764015	mort	559828	169681	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	14:08:45.66	900_226000764078	764075	mort	559788	169619	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	14:10:32.77	900_226000844704	764059	mort	559774	169593	Station Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	14:16:12.55	900_226000764015	764084	mort	559740	169539	Station Glâne 7	2015	Glâne 7
03.04.2017	14:16:38.74	900_226000844501	844378	vivant	559958	169888	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:19:31.30	900_226000844580	844713	vivant	559906	169803	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:23:47.35	900_226000844746	844704	vivant	559849	169721	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:28:11.37	900_226000844711	844501	vivant	559818	169675	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:31:03.40	900_226000844592	844580	mort	559825	169676	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:32:57.35	900_226000764075	844746	vivant	559814	169659	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:35:24.20	900_226000844648	844711	mort	559798	169632	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:38:13.51	900_226000844531	844592	mort	559793	169626	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:39:41.25	900_226000764059	844648	mort	559783	169608	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:42:26.67	900_226000844561	844531	mort	559774	169593	Station Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:43:35.86	900_226000764084	844561	mort	559745	169546	Station Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:44:40.69	900_226000844743	844743	vivant	559736	169533	Station Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:50:14.67	900_226000844549	844549	vivant	559715	169500	Amont Glâne 7	2016	Glâne 7
03.04.2017	14:56:16.07	900_226000844546	844546	vivant	559666	169424	Amont Glâne 7	2016	Glâne 7

03.04.2017	15:40:27.40	900_226000763437	763437	mort	562837	173273	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
03.04.2017	15:44:38.98	900_226000844581	762926	mort	562706	173165	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
03.04.2017	15:50:18.27	900_226000844625	762970	mort	562699	173158	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
03.04.2017	15:51:38.61	900_226000844550	762977	mort	562695	173156	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
03.04.2017	15:55:06.79	900_226000844619	844581	mort	562819	173253	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	15:59:02.41	900_226000844668	844625	vivant	562794	173226	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:03:58.70	900_226000762926	844550	mort	562787	173219	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:06:08.31	900_226000762970	844619	vivant	562761	173197	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:07:20.35	900_226000762977	844668	mort	562740	173187	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:07:31.32	900_226000844693	844693	mort	562695	173156	Station Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:08:41.97	900_226000844715	844715	mort	562689	173154	Station Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:10:41.64	900_226000844547	844547	vivant	562684	173143	Station Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:12:11.75	900_226000844558	844558	vivant	562681	173137	Station Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:16:13.59	900_226000844618	844618	vivant	562675	173124	Station Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:30:42.94	900_226000844338	844338	vivant	562538	173031	Amont Glâne 6	2016	Glâne 6
03.04.2017	16:34:19.14	900_226000844554	844554	mort	562509	173038	Amont Glâne 6	2016	Glâne 6
04.04.2017	09:04:51.59	900_226000844777	844777	mort	567575	175722	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:09:26.36	900_226000844845	844845	mort	567572	175722	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:10:15.67	900_226000759839	759839	mort	567563	175726	Aval Glâne 5	2015	Glâne 5
04.04.2017	09:14:30.65	900_226000867801	867801	mort	567531	175727	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:17:45.30	900_226000759850	759850	mort	567526	175726	Aval Glâne 5	2015	Glâne 5
04.04.2017	09:18:20.20	900_226000764184	764184	mort	567516	175725	Aval Glâne 5	2015	Glâne 5
04.04.2017	09:22:06.64	900_226000867795	867795	mort	567484	175716	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:24:41.01	900_226000867840	867840	mort	567473	175714	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:25:16.92	900_226000844919	844919	mort	567471	175712	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:26:02.03	900_226000763217	763217	mort	567471	175712	Aval Glâne 5	2015	Neirigue
04.04.2017	09:26:37.59	900_226000867806	867806	mort	567470	175710	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:27:39.06	900_226000844796	844796	mort	567467	175710	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:31:04.97	900_226000844760	844760	mort	567459	175707	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:34:18.10	900_226000844905	844905	mort	567433	175704	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:36:31.86	900_226000844802	844802	mort	567411	175698	Aval Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:40:11.55	900_226000844834	844834	mort	567357	175699	Station Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	09:42:25.81	900_226000764132	764132	mort	567329	175703	Station Glâne 5	2015	Glâne 5
04.04.2017	09:43:12.81	900_226000844813	844813	mort	567322	175699	Station Glâne 5	2016	Glâne 5
04.04.2017	10:38:11.05	900_226000844381	844381	mort	566589	175268	Aval Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	10:39:34.27	900_226000844266	844266	mort	566580	175254	Aval Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	10:43:29.41	900_226000844422	844422	mort	566550	175235	Aval Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	10:46:09.98	900_226000763809	763809	mort	566511	175207	Aval Neirigue	2015	Neirigue
04.04.2017	10:46:42.51	900_226000844456	844456	mort	566511	175207	Aval Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	10:49:40.02	900_226000844358	844358	mort	566478	175176	Aval Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	10:53:02.46	900_226000763232	763232	mort	566432	175166	Station Neirigue	2015	Neirigue
04.04.2017	10:53:12.88	900_226000844396	844396	mort	566432	175166	Station Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	11:03:31.71	900_226000844419	844419	mort	566338	175233	Amont Neirigue	2016	Neirigue
04.04.2017	12:51:50.97	900_226000844110	844110	vivant	569345	175973	Station Glâne 4	2016	Glâne 4
04.04.2017	12:54:30.86	900_226000844008	844008	vivant	569339	175973	Station Glâne 4	2016	Glâne 4
04.04.2017	13:00:00.50	900_226000844221	844221	mort	569358	175932	Station Glâne 4	2016	Glâne 4
04.04.2017	13:04:07.87	900_226000844067	844067	mort	569375	175899	Amont Glâne 4	2016	Glâne 4

05.04.2017	09:11:12.76	900_226000763047	763047	vivant	571581	179078	Aval Glâne 3	2015	Glâne 3
05.04.2017	09:18:50.33	900_226000763404	763404	vivant	571520	179071	Aval Glâne 3	2015	Glâne 2
05.04.2017	09:24:59.21	900_226000843775	843775	mort	571493	179064	Aval Glâne 3	2016	Glâne 3
05.04.2017	09:29:17.32	900_226000843522	843522	mort	571475	179046	Aval Glâne 3	2016	Glâne 3
05.04.2017	09:33:31.76	900_226000843766	843766	mort	571453	179020	Station Glâne 3	2016	Glâne 3
05.04.2017	09:38:43.90	900_226000761746	761746	mort	571448	179011	Station Glâne 3	2015	Glâne 3
05.04.2017	10:46:55.19	900_226000843627	843627	mort	573561	180642	Aval Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	10:59:22.42	900_226000843834	843834	mort	573555	180573	Aval Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	11:12:24.28	900_226000843678	843678	vivant	573507	180430	Aval Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	11:27:58.39	900_226000843466	843466	mort	573451	180325	Aval Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	11:55:03.37	900_226000843562	843562	mort	573334	180110	Aval Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	11:56:30.41	900_226000843250	843250	mort	573328	180108	Aval Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	12:02:30.95	900_226000843548	843548	mort	573290	180079	Station Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	12:09:04.98	900_226000843534	843534	mort	573275	180082	Station Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	12:12:01.24	900_226000843329	843329	mort	573249	180060	Station Glâne 2	2016	Glâne 2
05.04.2017	12:14:29.50	900_226000761919	761919	mort	573244	180060	Station Glâne 2	2015	Glâne 2
05.04.2017	14:42:59.74	900_226000843265	843265	mort	575719	181566	Aval Glâne 1	2016	Glâne 1
05.04.2017	14:46:03.81	900_226000843165	843165	mort	575668	181547	Aval Glâne 1	2016	Glâne 1
05.04.2017	15:39:30.63	900_226000763734	763734	mort	575405	181498	Amont Glâne 1	2015	Glâne 1

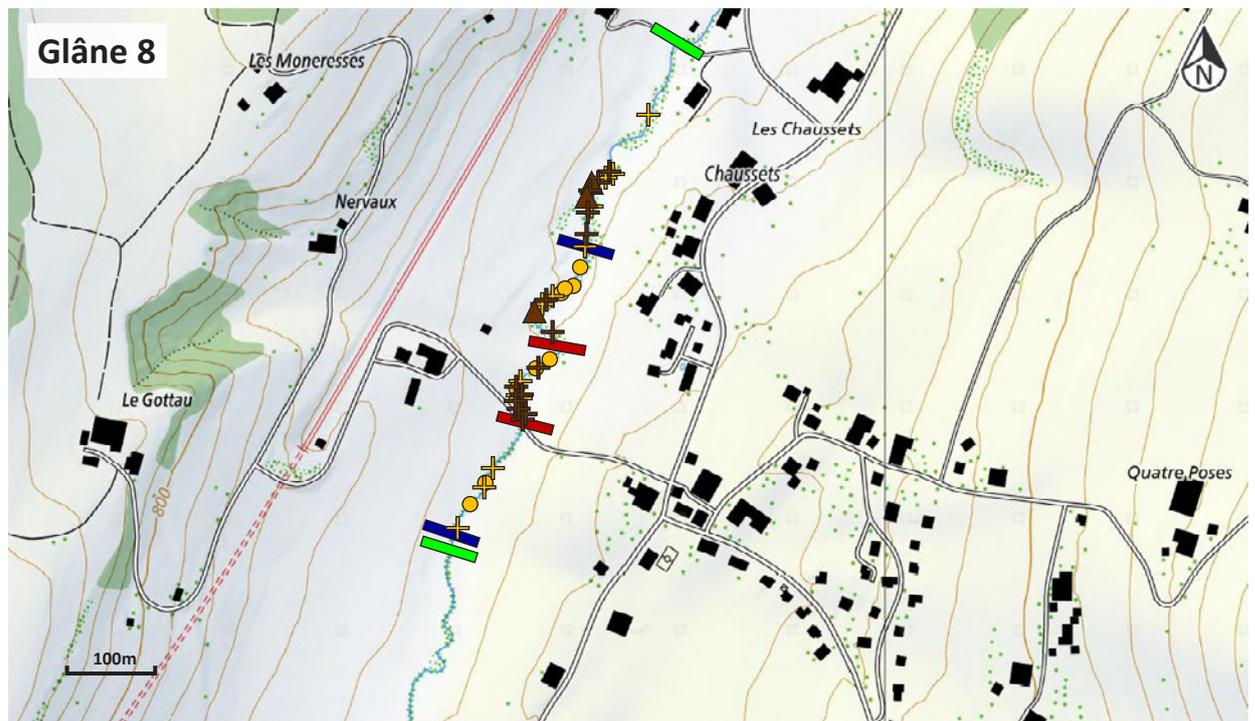
### Tracking de septembre 2018

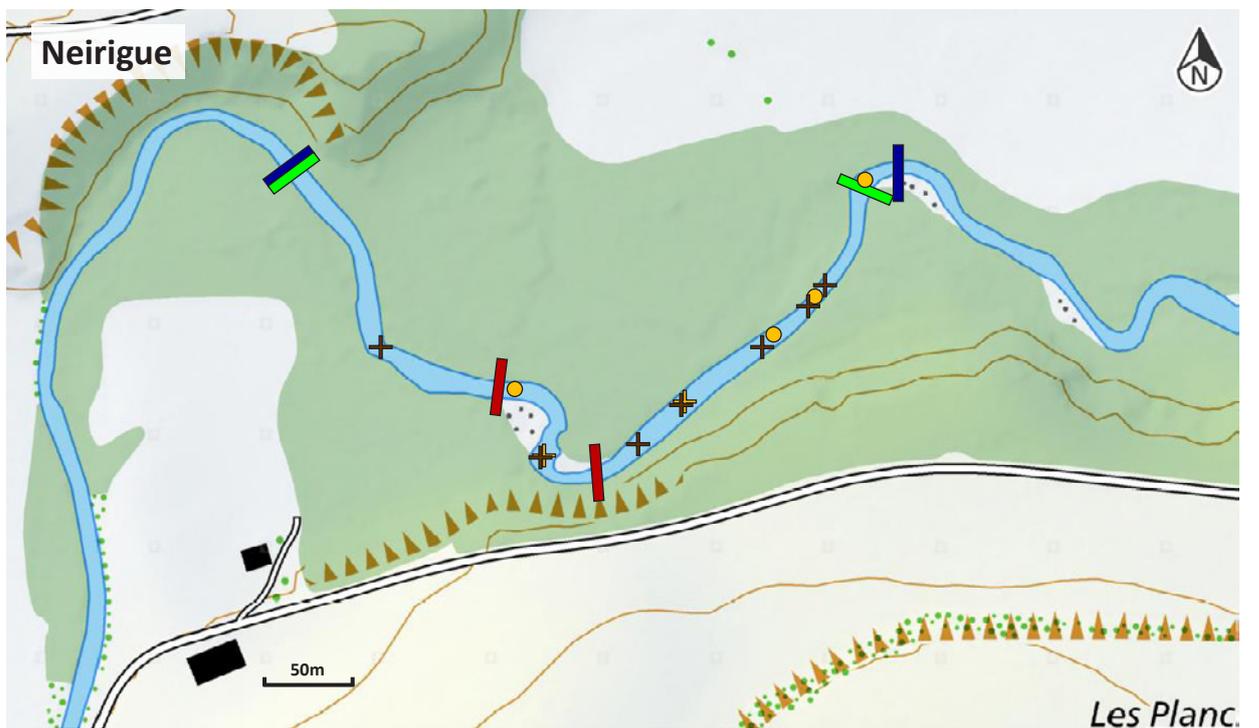
Date	heure	Code long	Code court	Etat	Coord x	Coord y	Position	Date marquage	Lieu marquage
14.09.2018	09:28:37.65	900_226000762924	762924	mort	563692	173840	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	09:31:16.60	900_226000762953	762953	mort	563683	173839	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	09:34:16.51	900_226000844617	844617	mort	563659	173827	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	09:55:01.34	900_226000762973	762973	mort	563505	173718	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	10:01:58.51	900_226000763488	763488	mort	563438	173701	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	10:26:20.96	900_226000844708	844708	mort	563102	173404	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	10:31:39.64	900_226000844527	844527	mort	563064	173381	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	10:48:26.31	900_226000762959	762959	mort	562883	173310	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	10:53:06.83	900_226000762964	762964	mort	562834	173269	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	10:55:24.98	900_226000844693	844693	mort	562825	173260	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	11:01:00.83	900_226000762930	762930	mort	562756	173199	Aval Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	11:02:51.21	900_226000844631	844631	mort	562743	173192	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	11:03:47.66	900_226000844504	844504	mort	562738	173189	Aval Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	11:08:52.41	900_226000762970	762970	mort	562700	173163	Station Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	11:39:06.16	900_226000844554	844554	mort	562511	173037	Amont Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	11:41:31.83	900_226000763411	763411	mort	562490	173043	Amont Glâne 6	2015	Glâne 6
14.09.2018	11:47:27.80	900_226000844667	844667	mort	562386	173028	Amont Glâne 6	2016	Glâne 6
14.09.2018	14:04:02.40	900_226000762937	762937	mort	560056	170154	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	14:23:07.28	900_226000844427	844427	mort	559924	169842	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
14.09.2018	14:26:16.67	900_226000764070	764070	mort	559913	169822	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	14:27:54.76	900_226000762994	762994	mort	559908	169811	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	14:30:12.12	900_226000844592	844592	mort	559895	169794	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
14.09.2018	14:36:33.48	900_226000844711	844711	mort	559835	169699	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
14.09.2018	14:38:18.01	900_226000844561	844561	mort	559833	169696	Aval Glâne 7	2016	Glâne 7
14.09.2018	14:42:15.29	900_226000764075	764075	mort	559806	169651	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	14:45:31.15	900_226000764047	764047	vivant	559792	169630	Aval Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	14:48:51.92	900_226000764059	764059	mort	559771	169595	Station Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	14:51:15.75	900_226000764005	764005	mort	559761	169580	Station Glâne 7	2015	Glâne 7
14.09.2018	15:02:46.94	900_226000844532	844532	mort	559661	169419	Amont Glâne 7	2016	Glâne 8
14.09.2018	15:04:46.35	900_226000764085	764085	mort	559651	169407	Amont Glâne 7	2015	Glâne 7

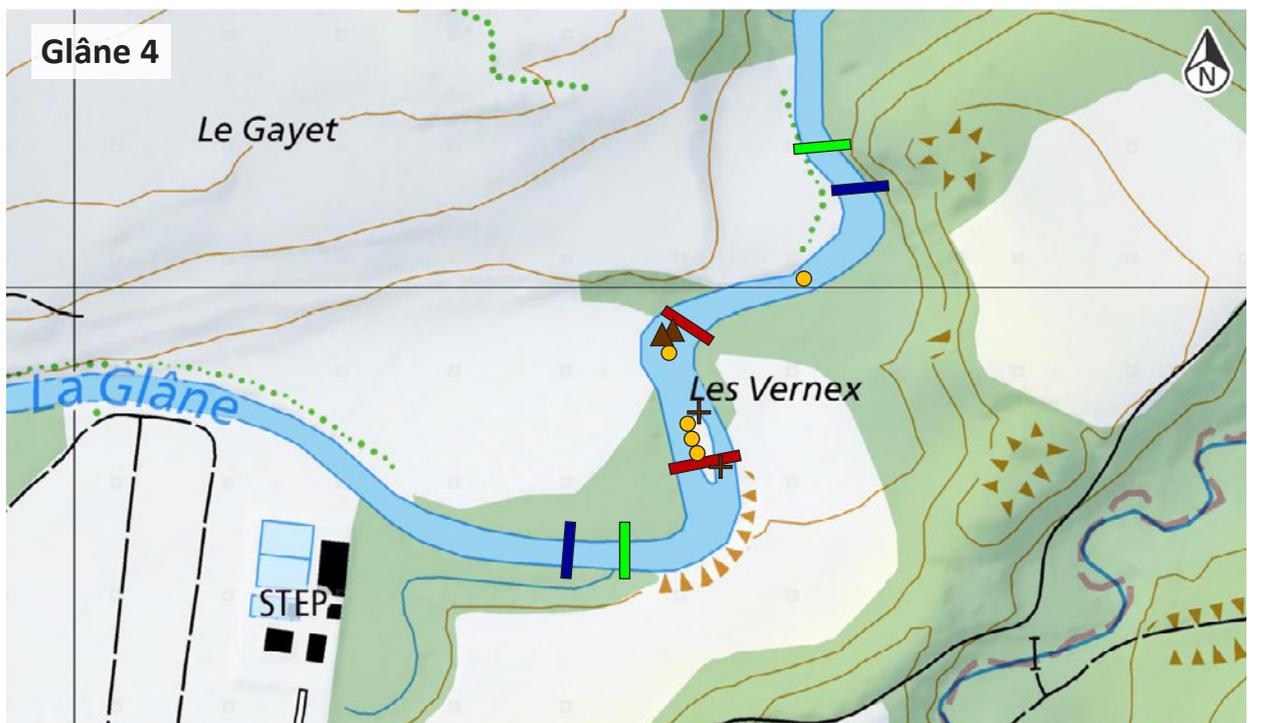
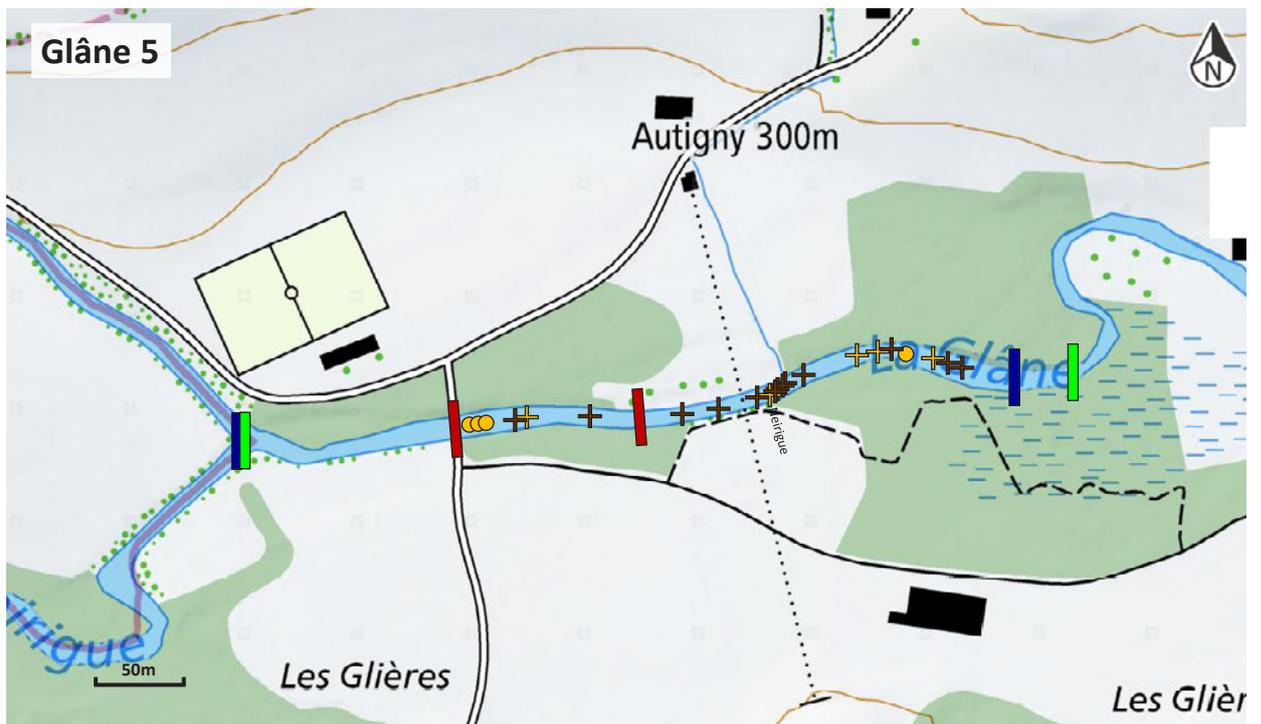
Annexe 9: Cartes répertoriant les données des tracking mobiles de 2016 et 2017 pour chaque secteur

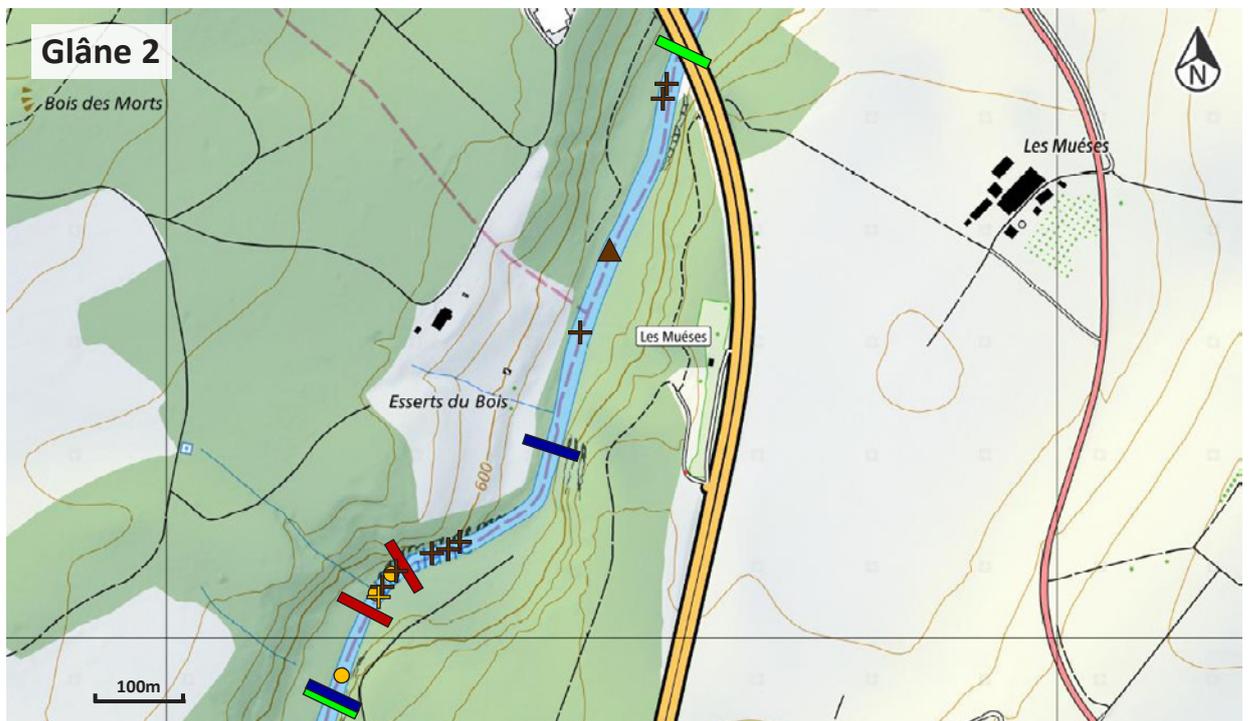
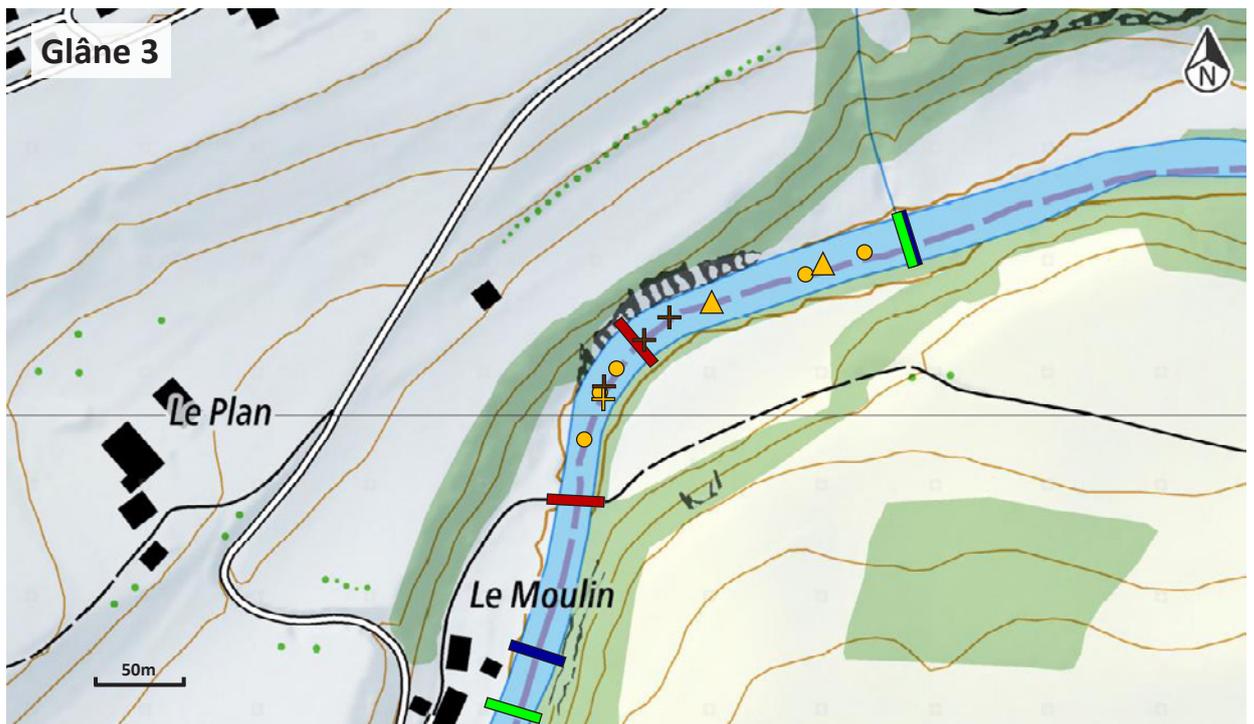
**Légende**

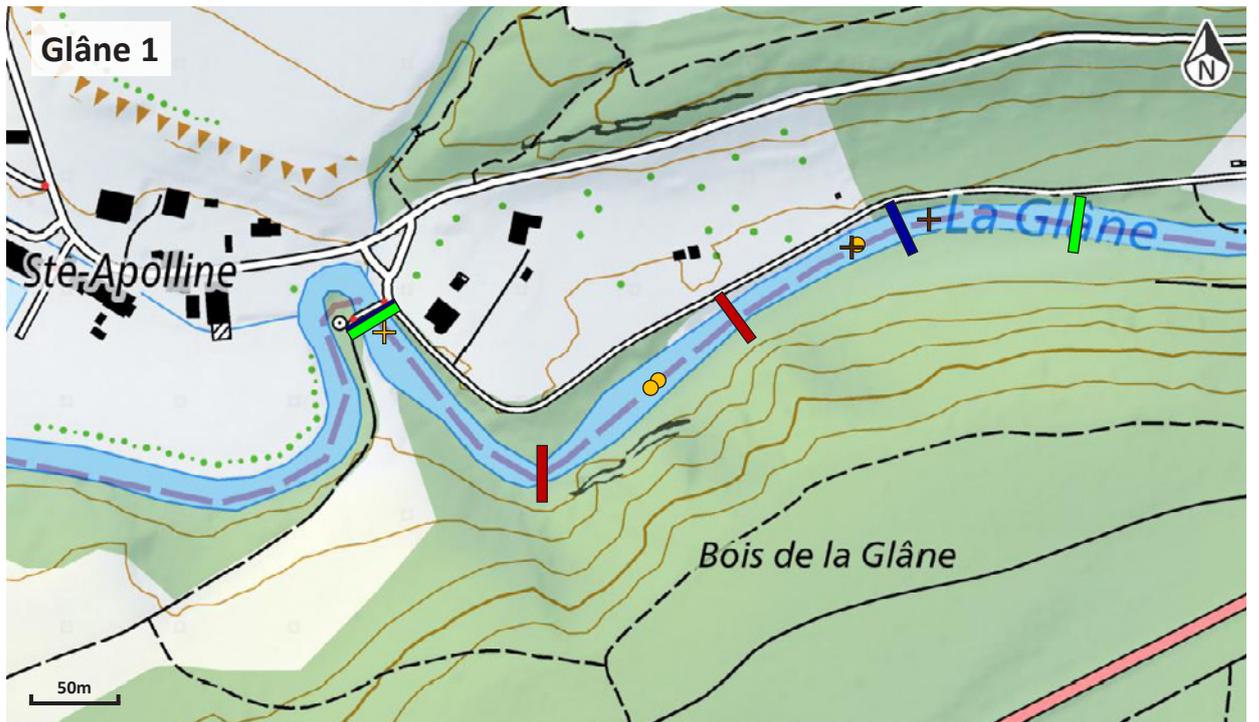
-  Limites tracking Août 2016
-  Limites tracking Avril 2017
-  Limites secteur de pêche
-  Puce détectée en Août 2016
-  Poisson marqué en 2015 et retrouvé mort en Avril 2017
-  Poisson marqué en 2016 et retrouvé mort en Avril 2017
-  Poisson marqué en 2016 et retrouvé vivant en Avril 2017







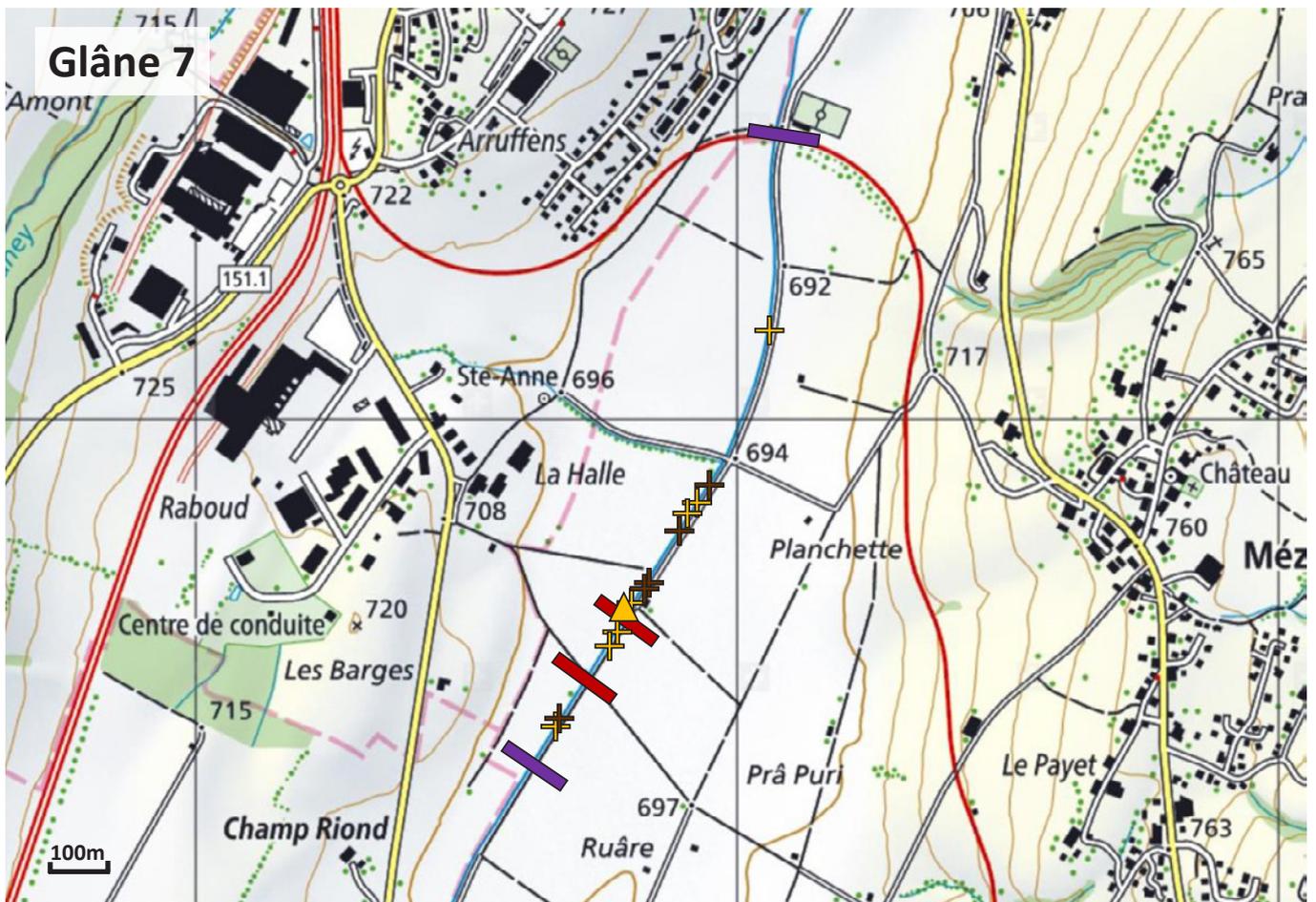




Annexe 10: Cartes répertoriant les données du tracking mobile de 2018

**Légende**

-  Limites tracking Septembre 2018
-  Limites secteur de pêche
-  Poisson marqué en 2015 et retrouvé vivant en Septembre 2018
-  Poisson marqué en 2015 et retrouvé mort en Septembre 2018
-  Poisson marqué en 2016 et retrouvé mort en Septembre 2018
-  Poisson marqué en 2016 et retrouvé vivant en Septembre 2018







**Service des forêts et de la nature SFN**

Route du Mont Carmel 1, Case postale 155, 1762 Givisiez

T +41 26 305 23 43

[www.fr.ch/sfn](http://www.fr.ch/sfn)

Juin 2019

Imprimé sur papier 100 % recyclé

