



**apron**

## **Plan National d'Actions en faveur de l'Apron du Rhône 2012-2016**

Action 2 : Suivi de l'efficacité de  
la passe à Aprons de Quingey  
*Rivière la Loue*

Années 2015-2016



**EAUX CONTINENTALES**



# *Suivi de l'efficacité de la passe à Aprons de Quingey*

*Rivière la Loue  
Années 2015-2016*

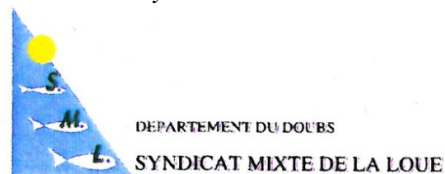


**Etude réalisée par :**

*Avec le concours de la FDAAPPMA 25  
et du Syndicat mixte de la Loue*



**EAUX CONTINENTALES**



## Sommaire

1.	Introduction.....	3
2.	Rappels sur l'écologie et le statut de l'apron du Rhône.....	4
2.1.	Systématique.....	4
2.2.	Eléments de biologie et d'écologie.....	4
2.3.	Evolution des populations à l'échelle nationale et sur la Loue.....	6
3.	Présentation du secteur d'étude.....	8
3.1.	Localisation de la passe à poissons de Quingey.....	8
3.2.	Morphologie de la Loue sur le secteur d'étude.....	8
3.3.	Peuplement piscicole de la Loue sur le secteur d'étude.....	9
4.	Présentation de la passe et du protocole de piégeage.....	11
4.1.	Dispositif de franchissement.....	11
4.2.	Dispositif de piégeage.....	11
4.2.1.	Fonctionnement du piège.....	11
4.2.2.	Modifications apportées au piège lors de la première campagne de 2010/2011.....	13
4.2.1.	Gestion du colmatage.....	13
4.2.2.	Cas particulier en hausse forte du débit.....	14
4.3.	Déroulement des campagnes de piégeage.....	15
4.3.1.	A l'échelle annuelle.....	15
4.3.2.	A l'échelle d'une campagne.....	16
4.4.	Paramètres étudiés lors du suivi.....	16
4.4.1.	Variables biologiques.....	16
4.4.2.	Suivi des variables environnementales.....	17
4.5.	Traitement statistique.....	18
5.	Résultats.....	19
5.1.	Résultats du suivi des variables mésologiques.....	19
5.1.1.	Hydrologie sur la période de suivi.....	19
5.1.2.	Suivi du niveau d'eau dans la passe.....	20
5.1.3.	Régime thermique.....	21
5.1.4.	Paramètres physico-chimiques.....	25
5.2.	Résultats bruts des captures.....	28
5.3.	Biométrie, structure en taille des captures.....	32
5.3.1.	Taille des aprons capturés.....	33
5.3.2.	Taille des truites capturées.....	34
5.3.3.	Taille des blageons capturés.....	35
5.3.4.	Taille des spirilins capturés.....	35
5.3.5.	Tailles des autres espèces.....	36
5.4.	Variabilité de l'utilisation de la passe.....	37
5.4.1.	Observations générales.....	37
5.4.2.	Influence des conditions environnementales sur les captures.....	41
6.	Conclusion.....	49
6.1.	Efficacité du dispositif de franchissement.....	49
6.2.	Efficacité du dispositif de piégeage.....	49
6.3.	Influence des variables environnementales.....	50
6.4.	Synthèse des deux suivis sur l'utilisation de la passe au cours d'un cycle annuel.....	51

## 1. Introduction

---

L'Apron du Rhône (*Zingel asper*) est un poisson endémique des cours d'eau du bassin Rhodanien. Autrefois présent sur le Rhône et de nombreux affluents, les données datant de 2009 quant à sa répartition récente indiquent une régression drastique des linéaires colonisés par l'espèce. L'apron n'occupe actuellement plus que 11% de son aire de répartition originelle (CREN Rhône-Alpes, 2010). Selon la liste rouge des poissons d'eau douce de France Métropolitaine, l'espèce est définie comme en danger critique d'extinction.

Les programmes Life Apron (1999-2001 puis 2004-2010) ont permis de mettre en œuvre une stratégie de conservation de l'espèce et de ses habitats en vue de stopper son déclin. Le décloisonnement des milieux aquatiques par la réalisation de passes à poissons spécifiques constitue une des principales actions du programme Life Apron II.

La Loue, dans le département du Doubs, est un des rares cours d'eau à abriter aujourd'hui encore une population d'aprons. Cette population apparaît toutefois fragmentée et isolée par plusieurs barrages.

Dans le cadre du Life Apron II, le Syndicat mixte de la Loue a équipé le barrage de Quingey situé sur la Loue d'un ouvrage de franchissement spécialement conçu pour permettre le passage de l'apron, espèce de petite taille aux capacités de franchissement limitée. Cet ouvrage a été mis en service en Octobre 2009.

Afin d'apprécier l'efficacité de cet équipement, un premier suivi a été réalisé en 2010/2011 (Eaux Continentales/SMIX Loue 2001). Ce suivi a montré une bonne efficacité du dispositif de franchissement pour l'apron avec 57 individus capturés sur l'ensemble des 49 campagnes de piégeages. De plus les campagnes de piégeage et la pêche électrique effectuée dans la passe en octobre 2010 par la FDAAPPMA 25 ont permis de constater que la passe est utilisée par 17 espèces de poisson différentes, soit l'ensemble des espèces typiques de ce secteur de Loue. Parmi celles-ci étaient présentes plusieurs espèces à forte valeur patrimoniale ou halieutique: le chabot, la lamproie de planer, la blageon, le toxostome, la truite et l'ombre.

La passe de Quingey étant le seul ouvrage de franchissement spécialement adapté à l'apron doté d'un dispositif de suivi opérationnel, il a été décidé, dans le cadre du Plan National d'Actions en faveur de l'Apron du Rhône de renouveler le suivi en 2015, soit 5 années après la première campagne. Le Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes, coordinateur du PNA Apron et maître d'ouvrage de cette action a confiée cette mission à Eaux Continentales. Cette seconde campagne a pour objectifs de mieux appréhender le déplacement des aprons et des autres espèces piscicoles au cours d'un cycle annuel.



## 2. Rappels sur l'écologie et le statut de l'apron du Rhône

---

### 2.1. Systématique

L'apron (*Zingel asper*) appartient à la famille des percidés. Le genre *Zingel* est représenté par trois espèces :

L'apron du Rhône se serait trouvé isolé des deux autres espèces suite au plissement du Jura (au cours du Pliocène) dont le résultat fut la séparation du bassin du Danube et du bassin du Doubs.

Cette espèce présente un fort intérêt patrimonial car elle est uniquement présente dans le bassin du Rhône et ne subsiste à l'heure actuelle que dans l'Ardèche, la Durance, la Drôme, la Loue et le Doubs (population relique dans le secteur Suisse pour ce derniers cours d'eau).



Figure 1 : Apron du Rhône observé à Brères sur la Loue (cliché T. Daudey)

### 2.2. Eléments de biologie et d'écologie

Appartenant à la famille des Percidés, l'apron présente les caractères morphologiques communs au genre *Zingel*. Le corps est fusiforme et allongé, la tête conique avec une bouche infère située sous un museau arrondi. Les écailles cténoïdes (recouvertes de petites pointes fines dans sa partie postérieure) communes aux percidés sont à l'origine de l'aspect rugueux de l'apron. Il présente une couleur sable entrecoupées de 3 à 4 bandes noires, facilitant le camouflage dans les substrats pierreux.

L'apron occupait originellement la partie médiane des cours d'eau du bassin rhodanien, de la zone à ombre supérieure à la zone à barbeau inférieure. Dans le système de biotypologie de

---

Verneaux (1973) son amplitude typologique s'étend de B4 à B8, avec un préférendum typologique en B6.

Sensible à la pollution des eaux, l'apron est également exigeant vis-à-vis de la qualité de l'habitat. Il affectionne les zones alternant des écoulements lotiques et lenticques induites par des successions de radiers, de mouilles, de plats courants.

Les substrats les plus favorables sont constitués d'un mélange de galets et graviers, avec parfois des blocs épars. Le colmatage des interstices entre les galets par des fines ou des algues lui est préjudiciable.

Les vitesses intermédiaires comprises entre 0,2 et 0,5 m/s sont sélectionnées préférentiellement mais peuvent être plus fortes en période de reproduction, traduisant un besoin essentiel de zones lotiques comme les radiers (LABONNE & GAUDIN, 2000).

Concernant l'alimentation l'apron est un prédateur qui repère ses proies grâce à sa vue et son sens olfactif (BOUTITIE, 1984). Une étude en cours du régime alimentaire menée par l'université d'Aix Marseille indique une part très importante d'Ephéméroptère *Baetidae* (principalement *Baetis fuscatus*) dans le régime alimentaire de l'apron. D'autres Ephéméroptères ainsi que des Trichoptères (*Hydropsychidae* notamment) sont également consommés.

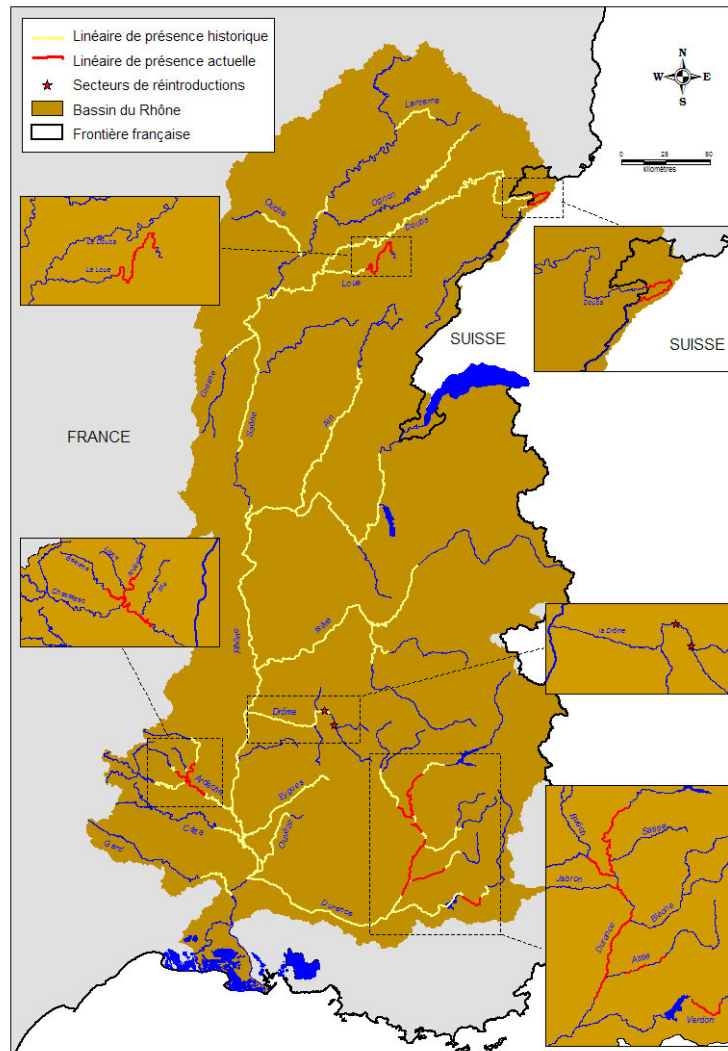
On note à ce titre que l'abondance décroissante des invertébrés dans nos cours d'eau peut jouer un rôle majeur dans la moindre représentation de l'espèce.

L'activité de l'apron est principalement nocturne. La journée, il reste posé sur le fond, avec un comportement territorial assez marqué.

La reproduction s'effectue une fois par an de février à avril, dans une gamme de température comprise entre 11°C et 14°C (<http://www.aprondurhone.fr/index.php/sa-reproduction>). Les zones de frayères sont les têtes de radiers et l'aval des radiers, à fond mixte (cailloux/graviers), des profondeurs inférieures à 70 cm et des vitesses en surface assez rapides (supérieures à 60 cm/sec sur le bassin Ardéchois) sur lesquels les mâles se positionnent en attente d'une femelle (LOUIS 2013). Les femelles sont généralement positionnées en attente plus en amont, sur des zones où les vitesses d'écoulement sont plus faibles (inférieures à 30 cm/sec) et la hauteur d'eau plus importante (LOUIS 2013).

### 2.3. Evolution des populations à l'échelle nationale et sur la Loue

Les prospections ont permis d'aboutir à la cartographie suivante concernant la répartition de l'arpon du Rhône en 2014:



A l'échelle nationale l'aire de répartition de l'arpon a fortement chuté au cours du siècle dernier. Il est actuellement présent sur un total de seulement 250 km de cours d'eau pour un linéaire historique colonisé de 2200 km (CEN Rhône Alpes 2015)

Le linéaire colonisé par l'arpon du Rhône sur la Loue s'élève à environ 45 kilomètres allant du Moulin Toussaint (Arc et Senans) à l'aval et d'étendant jusqu'au barrage des anciennes forges de Buillon. Sa colonisation historique était estimée à 70 kilomètres, soit une occupation actuelle de 64% de sa répartition d'origine.



Figure 3 : Répartition actuelle de l'Apron sur le Loue (CEN Rhône Alpes 2015)

Le suivi par l'ONEMA des stations de l'observatoire apron localisées sur la Loue indique pour 2015 une tendance à la hausse des populations à Lombard à la faveur d'un bon recrutement (CEN Rhône Alpes 2015). Le suivi de la passe de Quingey débute donc dans un contexte de densification de la population pour le secteur de Loue étudié. Les plus fortes densités observées à Lombard par rapport à d'autres stations de suivis pourraient entre autre avoir un lien avec un meilleur recouvrement de galet/graviers mélangés sur cette station. (Desmarest et Bas 2015).

Cours d'eau	Nom station	Méthode	Longueur prospectée	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
				Loue	Chouzelot	Lampe	250		2,4		12,8	12,0	5,2
Loue	Lombard	Lampe	150	8,6	24,0	13,3	29,3	19,0	10,3	10,3	8,7	8,0	12,7
Loue	Buffard	Lampe	250	0,3	0,7	0,7					2,9	5,8	9,8

Figure 4 : observations sur les stations de l'observatoire apron de la Loue en individu/100 ml (prospections ONEMA tiré de CEN Rhones Alpes 2015)



### 3. Présentation du secteur d'étude

#### 3.1. Localisation de la passe à poissons de Quingey

Cette étude concerne la passe à poissons mise en place au niveau du barrage de Quingey, localisé dans le Sud Ouest du département du Doubs (25). Les aménagements ont été réalisés au niveau du canal de la Truite, situé en rive gauche de la Loue .

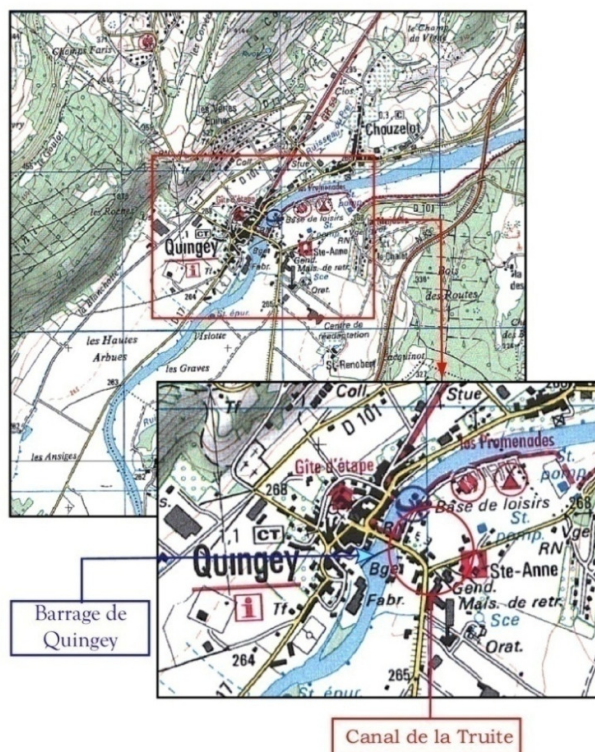


Figure 5 : localisation du barrage et de la passe de Quingey sur le réseau hydrographique

#### 3.2. Morphologie de la Loue sur le secteur d'étude

Le barrage de Quingey forme en amont un bief d'une longueur d'environ 900 m pour une profondeur supérieure à 2m en pied d'ouvrage. L'amont immédiat du barrage présente donc un faciès lentique de mouille. Le substrat relativement homogène est constitué majoritairement de galets et de quelques blocs épars. Sur les bordures se sont déposés des sédiments fins. Les berges sont nettement artificialisées, notamment constituées d'un muret en rive droite. Elles deviennent plus naturelles à l'amont du village de Quingey (Eaux Continentales 2007). A l'aval du barrage, après une fosse de dissipation se succèdent un faciès de radier puis de plat courant. Les berges sont naturelles, de nature terreuse, mais d'une

hauteur importante induisant une déconnexion de la ripisylve. Le substrat est largement dominé par les éléments grossiers tels que les pierres et les blocs. Les éléments fins sont essentiellement localisés en intrado de méandre et dans les encoches de berges.

### 3.3. Peuplement piscicole de la Loue sur le secteur d'étude

A l'amont proche de Quingey des données récentes de 2015 sont disponibles suite à une étude de la fédération de pêche du Doubs (Desmarest et Bas 2015).

Une station localisée à Lombard (aval Quingey) a été échantillonnée en 1999 et 2010 par l'ONEMA (Bouchard 2010). Les résultats obtenus sur ces stations peuvent être utilisés pour mieux apprécier le contexte piscicole du secteur.

**La Loue à Quingey est caractérisée dans le continuum longitudinal par un niveau typologique théorique originel de B5+ à B6 mais tend actuellement à s'approcher d'un B7.**

Tableau 1 : Comparaison des Niveaux Typologiques Théoriques entre 1970 et 2015

Stations	NTT en 1970	NTT en 1999	NTT en 2010	NTT en 2015
Quingey	5,22 / B5+			7,16 / B7
Lombard		5,97 / B6	5,86 / B6	7,16 / B7

L'évolution chronologique montre toutefois une tendance à l'augmentation du niveau typologique depuis les années 1970. La tendance générale du réchauffement de l'eau est un facteur provoquant le glissement des NTT vers des niveaux plus basaux.

Le peuplement piscicole théorique a été obtenu suite au travail du professeur Verneaux dans les années 70, à partir d'une série d'inventaire sur les cours d'eau de Franche Comté. Il renvoie au peuplement attendu dans une situation sans perturbation, pour un biocénotype donné.

- **Station de Quingey**

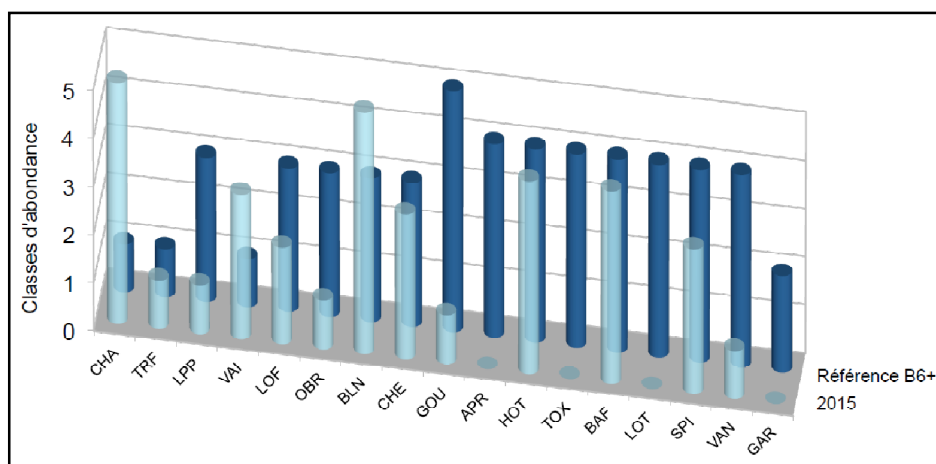


Figure 6 : Résultats des pêches électriques 2015 sur la station de Quingey (Desmarest et Bas 2015)

A Quingey en 2015, l'apron n'est pas capturé lors des échantillonnages à l'électricité et au filet (techniques peu adaptées à l'espèce), mais est observé lors des prospections nocturnes. Le toxostome et la lotte sont absents, malgré une abondance forte attendue d'après le modèle typologique. Le goujon, la vandoise, l'ombre, la loche franche et la lamproie de planer sont présents mais très nettement déficitaires par rapport aux abondances attendues. La vairon, le chabot, le blageon, le hotu et le barbeau présentes des abondances conforme au référentiel typologique, de même que la truite. Cependant pour la truite, si l'on se réfère au niveau typologique originel du secteur (B5+), une classe d'abondance 3 devrait être obtenue alors qu'en 2015 elle n'est uniquement de 1. La truite apparaît donc également en déficit par rapport au potentiel de la Loue sur le secteur.

- **Station de Lombard**

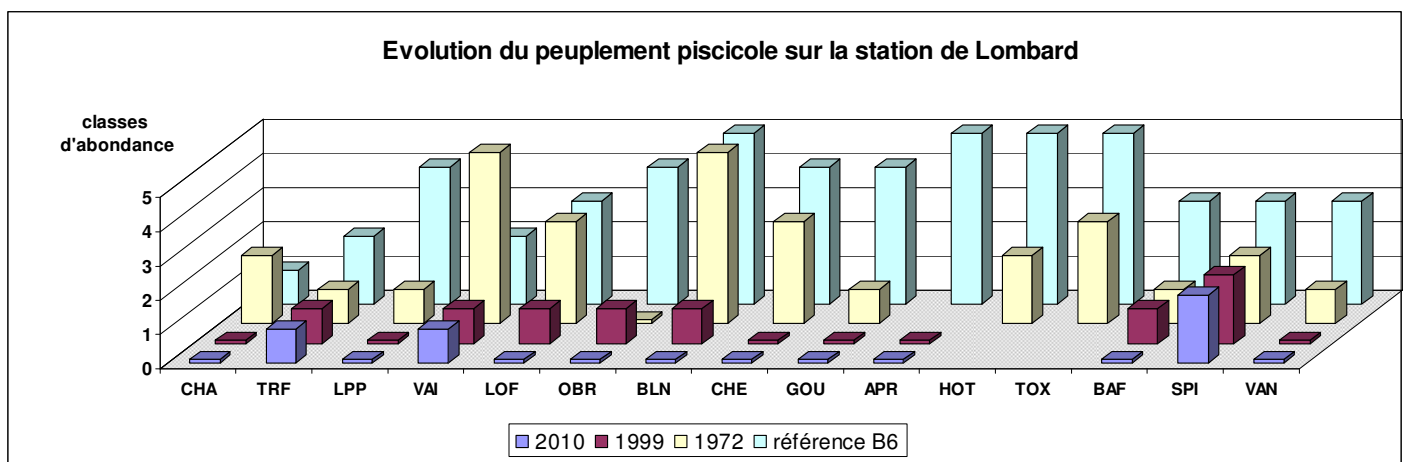


Figure 7 : Evolution du peuplement piscicole sur la station de Lombard (d'après Bouchard 2010)

La comparaison des peuplements entre 1972 et 1999 puis 2010 traduit globalement une forte diminution de l'abondance de la quasi-totalité des espèces échantillonnées.

La composition du peuplement piscicole n'a cependant pas subi de profondes modifications. La quasi-totalité des espèces capturées en 1972 ont été à nouveau recensées en 1999 et 2010 sur le linéaire considéré, hormis le hotu et le toxostome. On note que ces espèces font malgré tout l'objet d'observations visuelles ou lors de pêches électriques de sauvetage sur le secteur (FDAAPPMA 25, pêche électrique dans le canal de la Truite). D'après les captures effectuées en 1973, leurs abondances ont vraisemblablement diminué.

La plupart des espèces ont vu leurs abondances fortement chuter et présentent des densités extrêmement faibles en 2010. A cet égard, il faut d'ailleurs tenir compte des alevinages permanents en truite fario qui peuvent masquer les déficits d'abondance potentiels de cette espèce. Le vairon et le blageon ont particulièrement régressé, passant d'une classe d'abondance 5 en 1972 à une classe de 1 depuis 1999.

Par rapport au peuplement attendu pour un niveau typologique B6, la composition du peuplement en termes de nature et variété des espèces est satisfaisante. Le peuplement présente hélas des abondances très largement déficitaires par rapport au référentiel pour toutes les espèces, notamment les espèces d'intérêt halieutiques telles que l'ombre et la truite.

## 4. Présentation de la passe et du protocole de piégeage.

### 4.1. Dispositif de franchissement

L'ouvrage conçu pour permettre la remontée des poissons par le Canal de la Truite comprend les éléments suivants de l'amont vers l'aval (STUCKY, 2006) :

- Un dalot de section rectangulaire : 11 m linéaire/ horizontal.
- Un tronçon amont du canal : 27 m linéaire/ 3 % de pente.
- Un tronçon intermédiaire (non modifié) : 45 m linéaire / horizontal.
- Un tronçon aval du canal : 20 m linéaire/ 4,3 % de pente.

Le détail des éléments est présenté en annexe.



Figure 8 : Partie aval (à gauche) et amont de la passe à poisson de Quingey

### 4.2. Dispositif de piégeage.

#### 4.2.1. Fonctionnement du piège

Le piège, permettant le suivi de l'utilisation de la passe, a été implanté dans la partie centrale de la passe non équipée de plots. Une implantation en amont du dispositif de franchissement n'a pas été possible du fait du manque de place et de la fréquentation du site (voie d'accès au centre de canoë-kayak et au camping).

Deux murets parallèles aux murs du Canal de la Truite ont été construits, permettant de maintenir une cage de piégeage. La cage possède un volume total d'environ 2 m<sup>3</sup> et un vide

de maille de 1 cm<sup>2</sup>. Les montants latéraux de la nasse sont conçus de manière à venir glisser dans des rainures verticales aménagées dans les murets permettant ainsi d'éviter l'entraînement de la cage par le courant. Le pied de la cage vient en appui, jointif, sur une barrette métallique de fond.



Figure 9 : Vue de l'intérieur du piège

Les pertuis situés de part et d'autre du piège sont obturés par des grilles (contre-nasses ou nasses inversées) de même maille que la cage. Le lien avec le fond garni de petits enrochements est assuré par une barrette métallique dépassant légèrement des enrochements : les grilles et la cage s'appuient donc directement sur cette barrette en béton évitant ainsi le passage des petites espèces, et notamment de l'apron, sous les grilles.

La manipulation de la cage est assurée par un dispositif de type palan sur portique (palan sur chariot roulant) Les opérateurs assurent la manœuvre du dispositif depuis une plateforme (située coté rive gauche de la passe). Des caillebotis métalliques implantés sur les murets du piège facilitent l'évolution des personnels et la manipulation des nasses.

Les caractéristiques générales du dispositif de piégeage sont les suivantes :

Eléments	Caractéristiques
Murets du piège	Hauteur : 1,20 m Longueur : 0,85 m Distance entre murets : 1,00 m Epaisseur : 0,20 m
Barrette d'appui des grilles et de la cage :	Epaisseur de 0,20 m et dépassant légèrement des enrochements
Cage métallique	Largeur : 1,00 m Hauteur : 1,20 m Longueur : 1,50 m
Grilles de part et d'autre de la cage	Largeur : 0,70 m Hauteur : 1,20 m
Grilles du piège :	Maille : 10 mm X 10 mm
Volume de la cage	Volume total : 1,80 m <sup>3</sup> Volume en eau : 1,35 à 1,80 m <sup>3</sup> selon la hauteur d'eau dans la passe
Hauteur du portique	Hauteur : 2,50 m



#### 4.2.2. Modifications apportées au piège lors de la première campagne de 2010/2011.

Le système de piègeage est adapté d'autres systèmes en place conçus pour la truite. La mise en place d'un maillage plus fin (maille de 1 cm au lieu de 2) permet effectivement de piéger des poissons de petites tailles mais ne leur offre pas de zones d'abris-repos suffisantes.

Les premières expérimentations du suivi de la passe à Aprons de Quingey ont ainsi montré des mortalités récurrentes essentiellement de blageons et vandoises. Ces poissons manifestement ne trouvaient pas de zones de repos dans la cage et finissaient collés contre les grilles en zone aval basse ou supérieure du piège.

La zone de mortalité identifiée initialement se situait dans la partie aval et supérieure du piège. Le poisson était coincé dans l'angle formé entre le cadre de la nasse et la partie supérieure de l'entonnoir.

Afin de limiter ces problèmes, les aménagements suivant ont été mis en place :

- Colmatage de l'angle amont où les poissons restaient bloqués avec une toile torsadée et maintenue par un scotch adhésif
- Blocage des interstices entre les grilles du coté et de l'entrée du piège par des planches.
- Pose de déflecteurs (planche ou plaque métallique) sur la face exposée au courant et sur la partie haute de l'entrée de nasse pour créer des zones d'abris hydrauliques
- Pose d'une plaque en bois en fond de piège pour limiter les courants ascensionnels peuvent se constituer et perturber le maintien des poissons sur la grille de fond.
- Pose de pavés et de plots pour créer des abris.

#### 4.2.1. Gestion du colmatage

Les deux grilles latérales, localisées de part et d'autre de la nasse contraignent le poisson montant à passer par le piège. Leur colmatage progressif par les débris végétaux induit une accélération des courants dans la nasse, puis lorsque la face amont de celle-ci est colmatée, à une hausse du niveau à l'amont du piège. C'est notamment le cas en haute eaux lorsque d'importante quantité d'algues sont arrachées du substrat sur la Loue en amont et transitent par la passe ou en automne avec l'apport de feuille mortes. Un effet de retenue est alors observé à l'amont du piège, et les vitesses d'écoulement dans les interstices non colmatés sont très élevées. Il se forme une chute d'eau au niveau de l'entrée de la nasse et les vitesses de courant sont élevées à l'aval immédiat du piège.

Les grilles ont donc été systématiquement nettoyées lors de la levée intermédiaire. Malgré cela l'augmentation des vitesses d'écoulement en surface lorsque l'eau surverse par-dessus la nasse induit une différence des conditions hydrauliques pendant les 24 heures de la campagne de piégeage par rapport aux conditions d'écoulement durant la semaine dont la campagne est censées être représentative. **Il est probable que lorsque le piégeage est réalisé durant une période où se produit un colmatage des nasses et contre nasses, celui-ci soit moins efficace et sous-estime les mouvements de montaison.**



Photographie 1 : Colmatage par des algues et des sédiments fins



Photographie 2 : Colmatage par des feuilles, surverse et formation d'une chute

#### 4.2.2. Cas particulier en hausse forte du débit

En période de forte hausse du débit, le 13/05/2016, deux constats ont été effectués

- : En phase de montée rapide durant la nuit du 12 au 13/05/2016, pour prévenir le risque d'inondation, le clapet du barrage a été relevé par les services municipaux, conduisant à une baisse du niveau d'eau au niveau de la prise d'eau d'alimentation de la passe. Le niveau d'eau était alors très faible dans la passe le matin du 13/05, avec un quasi assèchement du tronçon amont. La présence d'un apron nous a tout de même conduit à poursuivre le piégeage.

- En fin d'après midi du 13/05, avec un débit passant de 36 à 209m<sup>3</sup>/sec en 24h, le niveau d'eau atteint par la Loue en aval du barrage était tel qu'il a conduit à un ennoiment de la partie basse et intermédiaire de la passe, immergeant alors totalement de dispositif de piégeage qui a tout de même pu être relevé. La hausse du niveau d'eau par rapport au niveau de base était de 1,22m.



Figure 10 : piège ennoyée par l'aval lors d'une crue

Ces observations indiquent qu'en début de crue, période propice à la montaison, peuvent survenir deux conditions d'écoulement opposées dans la passe : soit un déficit de débit et un quasi-assèchement, soit un ennoiment par l'aval avec des hauteurs d'eau forte et un écoulement très lente dans la partie intermédiaire.

### 4.3. Déroulement des campagnes de piégeage.

#### 4.3.1. A l'échelle annuelle

La fréquence de piégeage est variable tout au long de l'année. Au vu des captures d'aprons réalisées lors du suivi 2010-2011 (absence de capture en fin d'automne et hiver), la fréquence de piégeage proposée initialement était la suivante :

- Juillet - Août 2015 : 1 piégeage par semaine
- Septembre 2015 à Février 2016 : 1 piégeage tous les 15 jours
- Mars 2016 : 1 piégeage par semaine
- Avril à Juin 2016 : 2 piégeages par semaine

Une adaptation était prévue en cas de capture d'apron, à savoir une augmentation de nombre de campagne par semaine suite à une capture, afin de mieux appréhender les déplacements de l'espèce.

La programmation initiale a pu être respectée durant l'été et l'automne 2015 et l'hiver 2016. En revanche, le printemps et le début d'été 2016 ont été marqués par des pluies fortes et récurrentes conduisant au maintien de débit soutenus et à plusieurs crues.

Afin de conserver un effort d'échantillonnage conséquent lors de la période printanière supposé favorable, les semaines présentant un débit favorable en Avril et Mai ont parfois fait l'objet de 3 ou 4 campagnes de piégeage. En Juin où les débits ont été très soutenus, seule une campagne a pu être réalisée. Des campagnes ont ainsi été reportées au mois de Juillet 2016.

2015						2016						
Juillet	Aout	Sept	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
4	4	3	2	2	2	2	2	5	6	7	1	4

Au total 44 campagnes de piégeage ont été effectuées, dont 40 par eaux Continentales.

#### 4.3.2. A l'échelle d'une campagne.

Une campagne de piégeage se déroule sur environ 24 heures. La mise en place du piège est effectuée aux alentours de 17h30/18h30 par Mr Denis Monmarche, technicien du syndicat mixte de la Loue.

Un relevé intermédiaire est effectué le lendemain matin vers 9h et le piège remis en place. Un second relevé est ensuite effectué en fin d'après midi vers 17h30/18h00, près de 24h après la mise en place initiale.

Lors des deux relevés, les poissons sont retirés de la nasse, identifiés, pesés et mesurés individuellement. Ils sont ensuite remis à l'eau dans la Loue en amont immédiat du barrage. Les résultats ont été consignés à chacun des relevés, dans le but de différencier les captures effectuées de nuit ou de jour.

### 4.4. Paramètres étudiés lors du suivi

#### 4.4.1. Variables biologiques

Lors des deux relevés de chacune des campagnes, l'espèce, la taille et le poids de chacun des poissons capturés sont renseignés.



Photographie 3 : Biométrie sur les aprons capturés

#### 4.4.2. Suivi des variables environnementales

Afin d'évaluer dans quelles mesures les conditions météorologiques sont susceptibles d'influencer l'utilisation de la passe par les poissons, plusieurs variables environnementales ont été mesurées. Le tableau suivant fournit la liste des paramètres enregistrés ainsi que leur source.

Pour certains paramètres, il apparaît pertinent de renseigner la tendance évolutive pour les jours précédant le piégeage. C'est notamment le cas pour la température de l'eau et le débit, qui sont par ailleurs suivis en continu.

Pour ces paramètres, la tendance sur 3 jours (2 jours précédents et jour du piégeage) a été renseignée en utilisant des classes.

Tableau 2 : Suivi des paramètres météorologiques.

paramètre	unité	source
Date et heure du relevé		
période de piégeage	jour ou nuit	
oxygène dissous	mg/l	sonde de terrain HACH HQ 40d
% de saturation en oxygène	%	
pH	unité pH	
Conductivité		
température de l'air	°C	
température de l'eau	°C	suivi en continu dans la passe (un enregistrement toutes les 20 minutes, sonde HOBOet Solinst)
Débit de la Loue à Chenecey	m <sup>3</sup> /seconde	Hydroreel ( <a href="http://www.rdbmrc.com/hydroreel2">http://www.rdbmrc.com/hydroreel2</a> )
Niveau d'eau au droit du piège	cm	Sonde Solinst en continu dans la passe
phase de la Lune		station météo Oregon Scientific RGR 122 implantée à Chay (8km en aval de la passe à poisson)
durée de la photopériode	heure	
pression atmosphérique	atm	
pluviométrie	mm	
pourcentage d'ensoleillement	%	
direction du vent		<a href="http://france.meteofrance.com">http://france.meteofrance.com</a>
vitesse moyenne du vent	km/h	

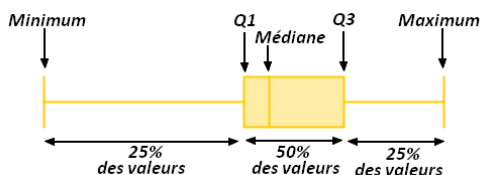


## 4.5. Traitement statistique

Une analyse statistique des résultats sera effectuée afin de tester l'influence des variables de milieu sur la présence de poisson dans la passe ou sur le nombre de captures. Les tests de la normalité des variables tels que le nombre de captures ayant indiqué que celles-ci ne suivent pas une loi normale, seuls des tests non paramétriques ont été mis en œuvre.

Il sera précisé dans la partie résultats le type de test utilisé, l'hypothèse nulle testée  $H_0$ , ainsi que le résultat du test. Celui-ci est exprimée par la valeur de la statistique calculée et surtout sa p-value : cette valeur permet de valider ou non l'hypothèse testée. Elle correspond à la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie. Si cette probabilité est supérieure à 5% ( $p\text{-value} > 0,05$ ) on considère que le risque de rejeter  $H_0$  à tort est trop élevé, on acceptera donc  $H_0$ .

La distribution de certaines variables sera exprimée sous forme de box plot, dont on précise ici la définition :



Compte tenu de la variabilité importante des facteurs pouvant influencer les déplacements de poissons, il s'avère nécessaire pour dégager des tendances fortes de disposer d'un jeu de données conséquent. Afin d'intégrer des conditions hydroclimatiques contrastées, les données 2010 et 2016 feront l'objet d'une analyse globale.

## 5. Résultats

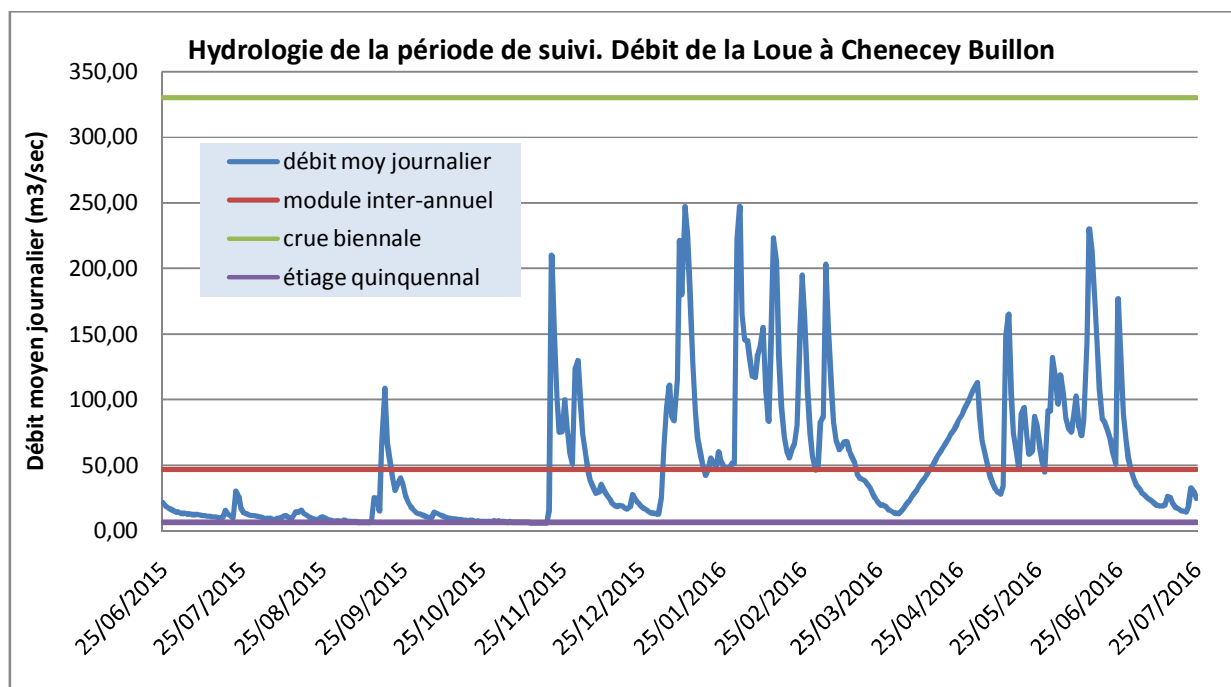
En préambule de la partie résultats est présenté le suivi des paramètres météorologiques réalisé sur un cycle annuel complet. Les résultats de ce suivi dépassent le cadre de la présente étude et peuvent permettre de mieux apprécier le fonctionnement écologique de ce secteur de la Loue. Ils sont donc interprétés dans un chapitre qui leur est dédié.

Les résultats bruts des différentes campagnes de piégeage sont ensuite présentés, puis interprétés et discutés en faisant le lien avec les paramètres météorologiques. Une comparaison des suivis 2010/2011 et 2015/2016 est effectuée

### 5.1. Résultats du suivi des variables météorologiques

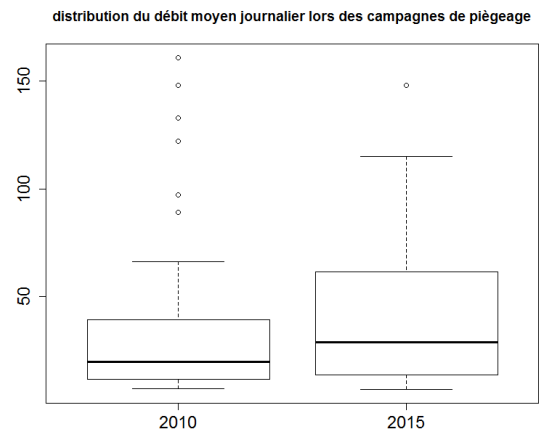
#### 5.1.1. Hydrologie sur la période de suivi

Les données hydrologiques ont été recueillies sur la station limnigraphique la plus proche, implantée à Chenecey Buillon (code U2624010). Le limnigraphe se situe environ 8 km en amont de la passe de Quingey, mais aucun affluent hormis le petit ruisseau de Chouzelot ne conflue avec la Loue sur ce linéaire. Les variations de débits observées à Chenecey sont donc très proches de celles survenant à Quingey.



**De ce suivi, il faut notamment retenir la très forte variabilité hydraulique du printemps qui est atypique dans sa durée particulièrement longue puisque s'étendant jusque début Juillet. Suite à l'épisode de fonte de neige en avril (montée progressive du débit), les mois de Mai et Juin ont été très arrosés et montrent des valeurs de débits quasiment en permanence supérieures au module**

Conséquence des débits soutenus durant une partie du suivi, les campagnes de piégeage 2015/2016 ont dans l'ensemble été réalisées avec des débits sensiblement supérieurs à celle de la première campagne. La moyenne des débits moyens journaliers lors des piégeages passe de 35 m<sup>3</sup>/sec pour le premier suivi à 42 m<sup>3</sup>/sec pour le suivi 2015/2016. Compte tenu de la problématique de colmatage en fort débit évoquée plus haut, on peut s'interroger sur une éventuelle différence d'efficacité du piège lors des deux suivis.



### 5.1.2. Suivi du niveau d'eau dans la passe

Le niveau d'eau a été suivi grâce à une sonde implantée en aval du piège, au niveau du passage du canal sous la route, en bordure du lit. La hauteur d'eau est fonction de l'endroit où est placée la sonde, l'interprétation se basant davantage sur les variations du niveau par rapport au niveau moyen au droit de la sonde (0,2m).

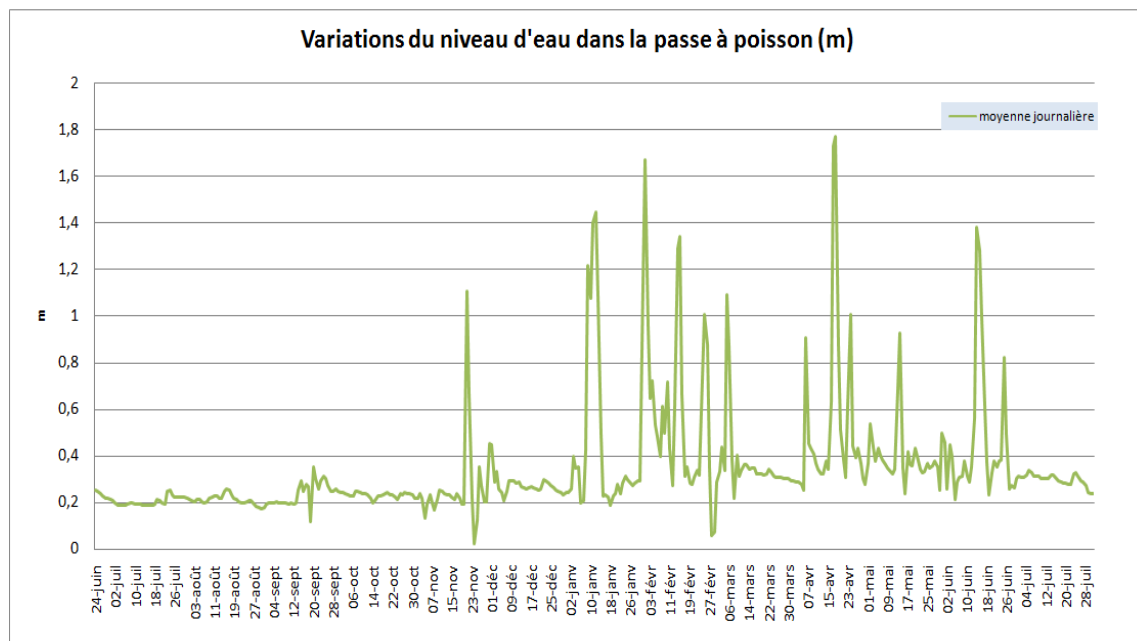


Figure 11 : Variations du niveau d'eau dans la passe.

On note l'importante variabilité du niveau d'eau de fin novembre 2015 à fin juin 2016, en raison des fluctuations du débit de la Loue. Lors des pics de débit, la hausse du niveau d'eau dépasse fréquemment 80cm et peut même dépasser 1,5m. On peut s'interroger sur les possibilités de franchissement lors de telles hausses. Si une hausse des vitesses d'écoulement est probable pour la plupart des périodes de forts débit, il apparaît qu'en crue la passe est ennoyée par l'aval et les vitesses d'écoulement nulles jusqu'au dalot amont.

Deux épisodes de très faible niveau se distinguent le 24 novembre 2015 et 28 Février 2016, cela correspond à des épisodes de baisse rapide du débit suite à une petite crue. Les vannes du barrage ont sous doute été levées lors du pic de crue, et remise en place trop tardivement durant la décrue, occasionnant une baisse du niveau du bief amont et une baisse du débit entrant dans la passe. La durée de ces épisodes où le niveau de la passe est très faible avec un quasi assec du dalot amont est de 28h en novembre et de 32 h en février, ce qui perturbe momentanément les possibilités de franchissement.

### 5.1.3. Régime thermique

La température de l'eau est un des principaux facteurs influençant le métabolisme des poissons et leur degré d'activité. Il est donc fondamental de suivre son évolution tout au long de la période de suivi pour comprendre les variations d'utilisation de la passe par le poisson

D'autre part, la température durant la période estivale est le principal facteur structurant des peuplements piscicoles de nos cours d'eau (Verneaux 1973). Le suivi thermique en continu est donc une étape essentielle à la définition du peuplement théoriquement présent sur ce secteur de la Loue.

Un réseau de suivi thermique a également été mis en place par les programmes aprons et est actuellement géré par le SMIX Loue. Ce suivi alimente la base de données thermique Apron. Spécifiquement pour le suivi de la passe, une sonde enregistrant la température toutes les heures de juin 2015 à juillet 2016 a été placée dans au niveau du tronçon intermédiaire de l'ouvrage.

Le début du suivi thermique, fin juin 2015 se caractérise par une période de fort réchauffement. Du 24 juin au 7 juillet, la température maximale journalière passe de 18 à 26,3°C (figure page suivante).

**Les valeurs atteintes de fin juin à début aout 2015 sont exceptionnellement élevées pour ce secteur de la Loue. Le mois de Juillet 2015 présente une température moyenne de 22°C, et le paramètre thermique  $\Theta_{max}$  atteint 24,3°C.** La comparaison de ce paramètre aux données 2010 atteste d'un été 2015 particulièrement chaud. La comparaison aux données historiques, notamment celles de 1973, indique quant à elle une nette tendance au

réchauffement du secteur, pouvant en grande partie expliquer le déclin du peuplement piscicole originel.

Remarque : il est possible que la température dans la passe ne soit pas totalement représentative de celle de la Loue, car alimenté par des eaux de surface du bief amont du barrage, sensible au réchauffement, mais les données de Demarest et Bas de 2015 obtenue sur la Loue confirment la nette perturbation du régime thermique du cours d'eau

**Tableau 3 : Paramètre thermique des 30 jours consécutifs les plus chauds.**

Date,	site	source	Θmax (°C)
2016	passé à poisson Quingey	Eaux continentales,	24,3°C
2010	passé à poisson Quingey	Eaux continentales	22,6°C
2015	Loue à Quingey	Desmarest et Bas 2015	24,2
2015	Loue à Lombard	Desmarest et Bas 2015	24,2
2005,	Loue à Lombard	Saint Olympe 2005	19,7°C
1973	Loue Amont Quingey	Verneaux 1973	16,9°C
1973	Loue Aval Quingey	Verneaux 1973	16,8°C

Après cette période estivale 2015 très chaude, la température décroît progressivement de début Septembre à début Décembre.

La période hivernale est également atypique, les températures clémentes avec des précipitations récurrentes et un débit soutenu n'ont pas permis la mise en place d'une période de température très froide et stable. La température moyenne journalière n'est descendue sous 7°C que durant 5 jours en Décembre à l'occasion d'une courte période de basses eaux. Par comparaison à 2011, le mois de Février 2016 présente une température moyenne près de 2°C plus chaude (voir tableau page suivante)

Cet hiver doux se poursuit par un printemps également atypique où la température de l'eau prend énormément de temps pour se réchauffer, en raison d'une fonte de neige tardive et de précipitations abondantes jusque fin juin. Ainsi la température moyenne mensuelle passe de 8,4°C en janvier à 11,8°C en juin, soit un réchauffement de seulement 3°C en six mois.

La température augmente ensuite très rapidement dès début Juillet 2016, atteignant parfois plus de 20°C.

#### ► Régime thermique et biologie de la truite

La macro Excel MACMASALMO (Dumoutier et al 2010) a été utilisée pour étudié la qualité du régime thermique vis-à-vis de la truite.

On rappelle que la gamme de confort thermique de la truite est comprise entre 4 et 19°C et la température létale couramment admise est de 25°C.

Dans la passe, sur un suivi de 404 jours, 13% des jours présentent une température moyenne supérieure à 19°C. Le nombre total d'heure où la température dépasse la gamme de confort



thermique est de 1331, dont 111 heures au dessus de la température létale de 25°C. Ces éléments confirment que le régime thermique dans la passe et potentiellement dans la Loue a été très peu favorable à la truite durant la période estivale 2015.

► Régime thermique et biologie de l'apron.

L'apron du Rhône a besoin d'une période de vernalisation, c'est-à-dire d'une période froide marquée en hiver pour maximiser son succès reproducteur.

L'étude de la reproduction en captivité sur plusieurs années a permis de déceler que l'allongement de la période froide (5°C) a permis d'améliorer le taux d'éclosion (Bejean 2014). En 2014, un taux d'éclosion de 40%, meilleure valeur obtenue, l'a été avec une période de vernalisation de 90 jours.

L'hiver 2016 particulièrement doux n'a pas permis d'obtenir une période de température froide stabilisée, celle-ci descendant rarement sous les 8°C. Les conditions thermiques hivernales seraient donc peu favorables au succès reproducteur en 2016, avec les réserves quant à la représentativité des données thermique dans la passe par rapport à la thermie de la Loue.

D'autre part le réchauffement très tardif et le maintien durant la majeure partie du printemps (27 mars au 22 juin) d'une température moyenne journalière se situant dans la gamme de frai (10 à 12°C) a également pu contribuer à perturber la phase de reproduction.

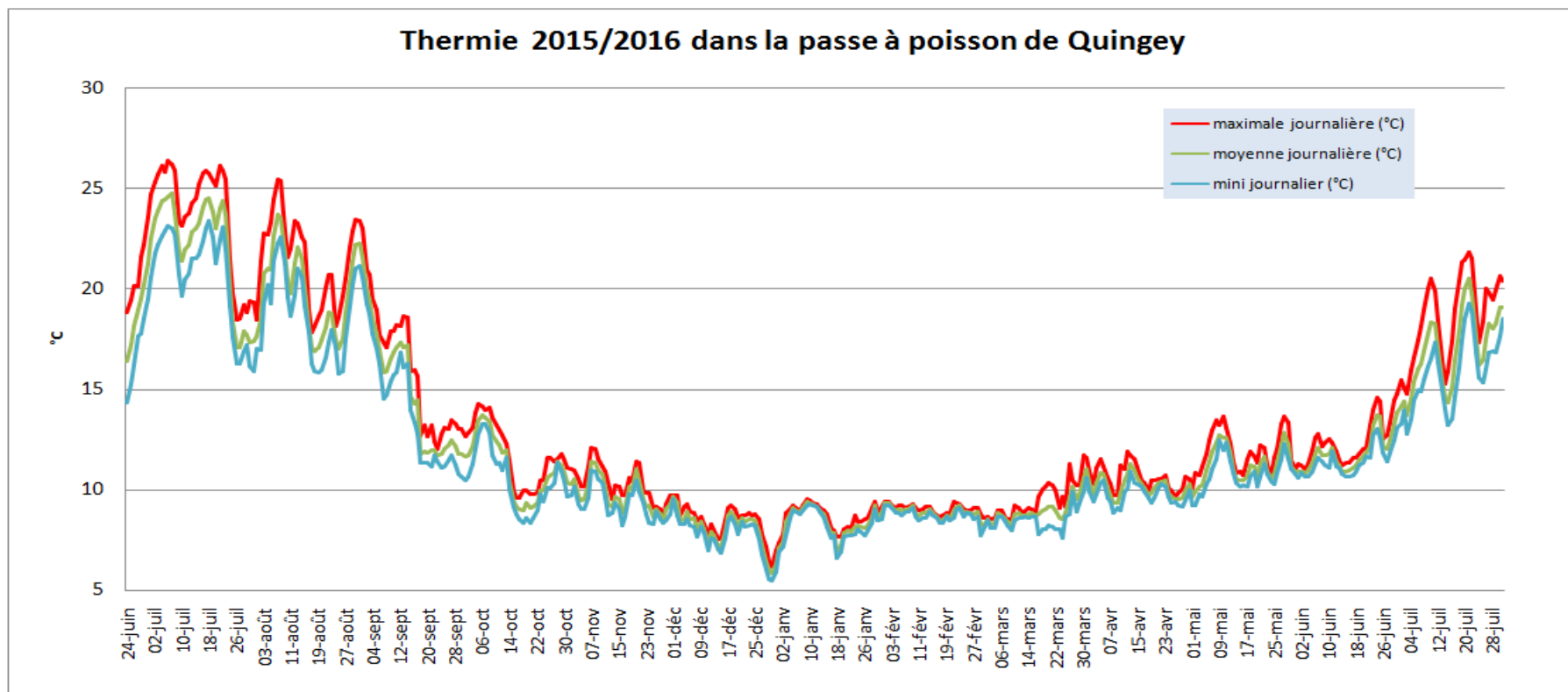


Figure 12 : Thermie 2015/2016 dans la passe à poisson

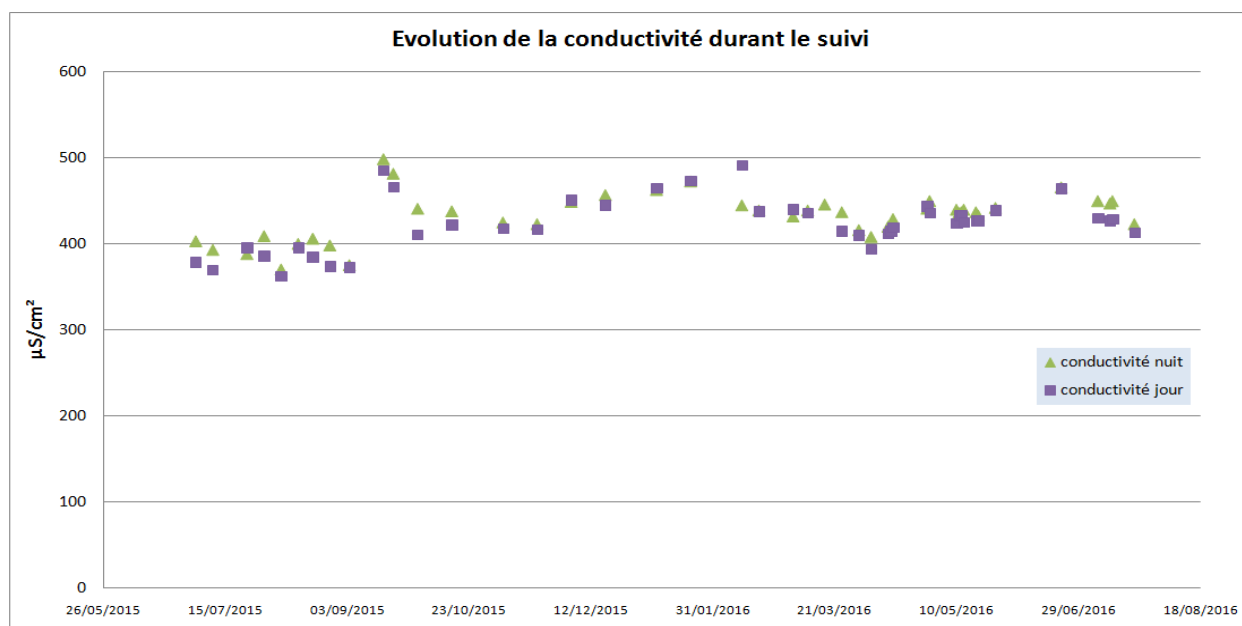
Température moyenne mensuelle												
	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
<b>2015</b>						18.8	22	19.8	14.9	11.1	9.7	8.0
<b>2016</b>	8.4	8.9	8.9	10.1	11.2	11.8	16.9					
<b>2010</b>				13.7	13.7	14.5	20.7	15.5	13.5	11.2	9.5	7.8
<b>2011</b>	7.7	7.0	9.25									

### 5.1.4. Paramètres physico-chimiques

Lors de chaque relevé du piège, c'est-à-dire pour chaque campagne en fin d'après midi (17h30 à 18h) et début de matinée (8h30 à 9h) plusieurs paramètres physico-chimiques ont été mesurés sur le terrain

#### ► Conductivité

La conductivité présente des valeurs élevées (432  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  en moyenne), typiques des cours d'eau calcaires de la région.



Tout comme lors du suivi 2010, les valeurs les plus faibles (363  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  en journée) sont observées durant l'été, en lien avec un moindre lessivage et drainage du bassin versant durant cette période.

Les plus fortes valeurs (499  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) sont mesurées lors d'épisodes de montée d'eau automnale, et des valeurs élevées sont mesurées lorsque les débits sont soutenus. Une hausse est notamment observée le 18/09, cela correspond également à une hausse du débit après une longue période sans pluie. Le drainage du bassin versant et le ruissellement sont plus conséquents suite à des fortes précipitations

Si l'on se réfère à Nisbet-Verneaux (1970), les valeurs supérieures à 400  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  peuvent être considérées comme excessives et traduisent une altération de la qualité de l'eau.

Outre cette variabilité saisonnière, une variation nyctémérale de la conductivité est décelée sur l'ensemble du suivi. La conductivité mesurée en fin de nuit est en effet toujours plus élevée que celle mesurée en fin de journée. Cette diminution diurne de la conductivité résulte

de la consommation de sels minéraux par les végétaux au cours de la photosynthèse. L'écart moyen entre la conductivité de fin de nuit et de fin de journée est de  $9 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ .

### ► pH

Les valeurs de pH mesurées sur l'ensemble du suivi sont relativement élevées, comprises pour la plupart entre 7,3 et 8,4. Les valeurs observées sont en effet le signe d'une intense activité photosynthétique, ce dont témoignent également les fortes variations nyctémérales enregistrées. Le pH est en effet toujours plus élevé en fin de journée qu'en fin de nuit. En effectuant leur photosynthèse, les organismes photosynthétiques (végétaux supérieurs, algues, diatomées) capturent le dioxyde de carbone contenu dans l'eau, conduisant à une augmentation progressive du pH au cours de la journée.

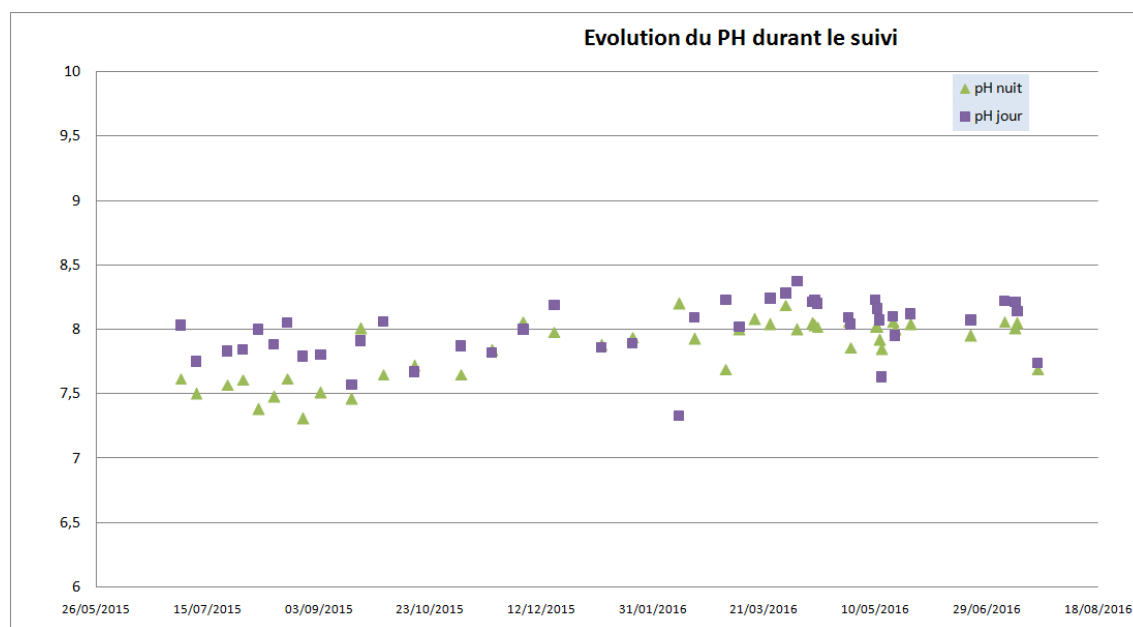


Figure 14 : Suivi du pH

### ► Oxygénation

Tout comme les précédents paramètres, la concentration en oxygène dissous et le taux de saturation en oxygène montrent de fortes variations nyctémérales en lien avec l'activité photosynthétique.

En période diurne, les végétaux aquatiques en effectuant la photosynthèse, consomment du gaz carbonique dissous et rejettent de l'oxygène. Cet apport d'oxygène au cours d'eau augmente au fur et à mesure de la journée, et l'oxygénation atteint des valeurs maximales en fin d'après-midi. L'eau est alors sursaturée en oxygène. En période d'étiage et lors des journées les plus ensoleillées, la concentration en oxygène a atteint  $16,5 \text{ mg/L}$  avec une sursaturation de  $160\%$ . Ces valeurs sont extrêmement élevées et sont la signature des proliférations végétales et notamment algales.

A l'inverse, durant la nuit l'activité photosynthétique s'interrompt laissant la place à la consommation d'oxygène due à la respiration des végétaux. En conséquence, la concentration

en oxygène décroît dès le coucher du soleil pour atteindre un minimum à l'aube. De faibles teneurs ont ainsi été mesurées lors du lever de piège matinal : 6,71 mg/L et 60,8% pour les minimales. **Cette valeur de saturation est inférieure au seuil de « Bon Etat Ecologique » fixé par la Directive Cadre Européenne sur l'EAU (limite à 70% de saturation).**



Figure 15 : Suivi de l'oxygénation

Globalement, les mesures de terrains effectuées lors de cette étude indiquent que la qualité de l'eau, notamment son oxygénation et sa température, peuvent s'avérer à certaines périodes critiques pour la faune aquatique. C'est notamment le cas pour les espèces les plus sensibles et emblématiques de ce secteurs de la Loue, comme la truite, l'ombre ou l'apron. La protection de ces espèces passe donc par une prise de conscience de l'altération profonde de la qualité de l'eau de la Loue.



## 5.2. Résultats bruts des captures

Le cycle de piégeage 2015/2016 a débuté le 3 juillet 2015 pour s'achever le 22 juillet 2016.

**Réalisé sur une année complète avec 44 campagnes de piégeage, cette opération a permis la capture de 16 espèces différentes. Au total, 264 poissons ont été piégés, pour une biomasse de 11,468 Kg.**

Tableau 4 : résultats globaux des campagnes de piégeage

Espèce	2015/2016 (44 campagnes)				2010/2011 (49 campagnes)			
	nombre	% nombre	poids (g)	%poids	nombre	% nombre	poids (g)	%poids
ablette	1	0.33	28	0.24				
apron	18	5.94	271	2.4	57	19.13	660	3.46
barbeau	6	1.98	970	8.5	10	3.36	7994	41.9
blageon	105	34.6	1980	17.3	139	46.6	3626	19.02
chabot	6	1.98	32	0.28				
chevesne	2	0.66	652	5.7	5	1.68	1398	7.33
gardon	1	0.33	60	0.52	3	1.01	80	0.42
goujon	2	0.66	22	0.19	10	3.36	214	1.12
hotu	2	0.66	1250	10.9	1	0.34	36	0.19
loche franche	1	0.33	2	0.02	3	1.01	8	0.04
ombre	1	0.33	310	2.7	5	1.68	889	4.66
spirilin	88	29.04	691	6.02	12	4.03	124	0.65
toxostome					3	1.01	110	0.58
truite fario	13	4.29	4604	40.1	23	7.72	3668	19.24
truite arc en ciel	1	0.33	230	2.0				
vairon	3	0.99	14	0.12	5	1.68	26	0.14
vandoise	14	4.6	352	3.07	22	7.38	234	1.23
<b>total</b>	<b>264</b>		<b>11468</b>		<b>298</b>		<b>19067</b>	

### ► Composition de l'échantillon 2015/2016.

En 2015/2016, le blageon et le spirilin sont les deux espèces les mieux représentées en termes d'effectif, avec respectivement 34,6% et 29% des captures. Elles sont suivies par l'apron (5,94%), la vandoise (4,6%) et la truite (4,29%).

En termes de biomasse, la truite est largement dominante avec 40,1% du poids total capturé. Le blageon du fait de nombreuses captures se classe second (17,3%) tandis que le hotu se classe en 3<sup>ème</sup> position pour la biomasse. Il représente 10,9% de la biomasse capturée, mais cela tient uniquement à la capture d'un individu de grande taille, puisque seulement 2 individus ont été piégés.

Les autres espèces sont minoritaires, aucune ne dépassant 2% de l'effectif. Parmi ces espèces faiblement représentées, deux catégories se distinguent :

- Les espèces très peu abondantes sur le tronçon de Loue étudié : ablette, gardon, ombre, truite arc en ciel (poisson introduit). Si certaines espèces sont en limite amont de leur zone de

répartition, le déficit de captures d'ombre traduit bien la très nette dégradation de sa population sur ce secteur de la Loue.

- Les espèces un peu plus abondantes, mais qui peuvent soit avoir une faible affinité pour l'habitat de la passe, soit plus vraisemblablement être des espèces pour lesquelles le dispositif de piégeage est moyennement ou peu efficace.

Le barbeau, le hotu et le toxostome ont été peu voire pas capturés pour ce dernier, alors qu'ils colonisent l'aval du barrage. Cela rappelle les observations de 2010 et conduit aux mêmes interprétations : Il est possible que les hauteurs d'eau et dans la passe soient trop faibles et qu'elles se cantonnent à leurs habitats de prédilections (vitesse et hauteur d'eau moyennes à fortes) en aval du seuil, n'utilisant la passe qu'à des périodes courtes et précises. Il est également possible que ces espèces benthiques, en contact régulier avec le substrat, décèle l'entrée de la nasse en grillage métallique et n'y entre pas...

Les espèces de petit taille, comme le chabot, le vairon et la loche franche peuvent passer à travers les mailles de la nasse pour les plus petits sujets, ou avoir des difficultés à rentrer dans le piège, notamment en cas de colmatage et d'une mise en vitesse au niveau de l'entrée. On remarque qu'une des quatre campagnes où le chabot est capturé correspond au piégeage effectué en crue lorsque la passe était ennoyée par l'aval et le courant de la passe nul.

Tableau 5 : Fréquence des captures

	2015/2016 (44 campagnes)		2010/2011 (49 campagnes)	
	Nombre de campagne avec présence de l'espèce	Fréquence de capture (%)	Nombre de campagne avec présence de l'espèce	Fréquence de capture (%)
<b>ablette</b>	1	2,3		
<b>apron</b>	11	25,0	17	34,7
<b>barbeau</b>	3	6,8	5	10,2
<b>blageon</b>	15	34,1	19	38,8
<b>chabot</b>	4	9,1		
<b>chevesne</b>	2	4,5	5	10,2
<b>gardon</b>	1	2,3	3	6,1
<b>goujon</b>	1	2,3	6	12,2
<b>hotu</b>	2	4,5	1	2
<b>loche franche</b>	1	2,3	3	6,1
<b>ombre</b>	1	2,3	4	8,2
<b>spirilin</b>	12	27,3	5	10,2
<b>toxostome</b>			2	4,1
<b>truite fario</b>	12	27,3	15	30,6
<b>truite arc en ciel</b>	1	2,3		
<b>vairon</b>	2	4,5	5	10,2
<b>vandoise</b>	6	13,6	6	12,2

Tableau 6 Comparaison des rendements des deux suivis

Espèce	rapport ind/campagne			rapport kg/campagne		
	2010/11	2015/16	évolution en %	2010	2016	évolution en %
ablette	0,00	0,02	présence nouvelle	0,0	0,6	présence nouvelle
apron	1,16	0,41	-65%	13,5	6,2	-54%
barbeau	0,20	0,14	-33%	163,1	22,0	-87%
blageon	2,84	2,39	-16%	74,0	45,0	-39%
chabot	0,00	0,14	présence nouvelle	0,0	0,7	présence nouvelle
chevesne	0,10	0,05	-55%	28,5	14,8	-48%
gardon	0,06	0,02	-63%	1,6	1,4	-17%
goujon	0,20	0,05	-78%	4,4	0,5	-88%
hotu	0,02	0,05	+55%	0,7	28,4	+97%
loche franche	0,06	0,02	-63%	0,2	0,0	-72%
ombre	0,10	0,02	-78%	18,1	7,0	-61%
spiralin	0,24	2,00	+88%	2,5	15,7	+84%
toxostome	0,06	0,00	absence	2,2	0,0	absence
truite fario	0,47	0,30	-37%	74,9	104,6	+28%
truite arc en ciel	0,00	0,02	présence nouvelle	0,0	5,2	présence nouvelle
vairon	0,10	0,07	-33%	0,5	0,3	-40%
vandoise	0,45	0,32	-29%	4,8	8,0	-40%

### ► Apron, capture 2015/2016 et évolution

Parmi les espèces capturées, l'apron est une des mieux représentées. Avec 18 captures, c'est la quatrième espèce capturée en termes d'effectif derrière le blageon et le spiralin. En termes de fréquence de capture, avec 25% (capturé en moyenne une campagne sur 4) l'apron de classe en 4<sup>ème</sup> position. L'apron reste donc en 2015/2016 une des espèces utilisant le plus la passe à poisson.

En revanche, les captures d'aprons sont nettement moins nombreuses que lors du premier suivi, puisqu'en 2010/2011 57 aprons avaient été capturés et l'espèce était la seconde en termes d'effectif. Le rendement numérique passe de 1,16 à 0,41 individus/campagne, soit une baisse de 65%.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées concernant cette baisse des captures entre les suivis et seront discutées dans les chapitres suivants :

- Conditions hydrologiques et climatiques moins favorables aux mouvements migratoires (forte variabilité hydrologique et réchauffement printanier très tardif en 2016).
- Moins bonne efficacité du piège du fait d'une utilisation à des débits globalement un peu plus forts que lors du premier suivi.

- Forte utilisation de la passe en 2010 suite à sa mise en service par des individus bloqués ou concentré à l'aval du barrage, puis diminution locale des individus susceptibles d'utiliser la passe.
- Baisse de l'abondance de l'espèce à l'échelle du tronçon de Loue en aval de Quingey. Les études de populations d'apron de 2005 et 2015 ont montré une certaine stabilité des densités aussi bien en amont qu'en aval de Quingey (voir chapitre 2.3). Cela n'exclut pas nécessairement l'hypothèse d'une baisse d'abondance entre 2010 et 2015, mais tend à la nuancer

► **Tendances sur l'évolution des autres espèces.**

**Ces hypothèses peuvent être également avancées pour une part importante des espèces capturées dans la passe, puisque 11 espèces sur les 16 capturées montrent des rendements d'effectifs dont la baisse est jugée significative** (diminution de plus de 25%).

Pour certaine espèce, le nombre d'individus reste faible pour les deux suivis, et il est difficile d'affirmer que la baisse d'effectif est significative, mais le fait qu'une majeure partie des espèces soient concernées tend à indiquer une tendance générale à une moindre utilisation qu'en 2010/2011. Il reste difficile de privilégier une hypothèse parmi celles proposées pour expliquer cette moindre utilisation. On souligne toutefois la régression des captures d'ombre (1 seul individu lors du second suivi) alors qu'il était déjà peu abondant en 2010.

**La truite montre une diminution de l'effectif mais une progression de la biomasse**, du fait d'une taille moyenne des captures nettement plus élevées lors du second suivi.

**Le blageon, est une des rares espèces à montrer une situation stable** (-16% en rendement d'effectif), ce qui tend à confirmer une forte utilisation de la passe par cette espèce, la plus régulièrement capturée.

Le hotu montre une progression en termes de rendement, mais il s'agit uniquement du passage d'une capture par suivi annuel à deux captures par suivi annuel, ce qui n'est pas significatif.

**Le spirilin est la seule espèce montrant une très forte hausse des captures** : +88% en rendement d'effectif et passage de la fréquence de capture de 10,2 à 27,3%. Une telle hausse conduit à privilégier l'hypothèse d'une augmentation de la population sur le bief en aval du barrage. Une progression du spirilin, espèce dont le niveau préférentiel typologique est B7, soit plus basal que le niveau typologique d'origine de ce secteur (B5+/B6) pourrait être l'expression du phénomène de glissement typologique qui touche la Loue, notamment du fait du réchauffement des eaux.

**Le nombre d'aprons capturés ainsi que sa contribution notable à l'effectif indique une bonne efficacité du dispositif de franchissement ainsi que du dispositif de piégeage pour cette espèce, confirmant les premières observations de 2010.**

**Les captures d'aprons sont néanmoins en net recul par rapport au premier suivi.**

**Outre l'apron, les campagnes de piégeages ont permis la capture de 15 espèces différentes, témoignant des possibilités d'utilisation de la passe par une variété**

**conséquence d'espèce. La disparité des effectifs capturés semble toutefois indiquer une plus forte fréquentation (ou une meilleure efficacité du piège...) par les espèces de pleine eau de taille moyenne à grande comme le blageon, le spirilin, la vandoise ou la truite.**

### 5.3. Biométrie, structure en taille des captures

Chaque individu capturé ayant été pesé et mesuré, il est possible d'établir pour chaque espèce un histogramme illustrant le nombre de capture au sein des différentes classes de taille.

*Remarque : il faut préciser que lorsque de tels graphiques sont réalisés en s'appuyant sur des échantillonnages quantitatifs, comme des inventaires par pêche électrique, ils permettent d'évaluer la structure en âge de la population sur le tronçon étudié. Dans le présent cas, ces graphiques sont issus d'un piégeage qui ne constitue pas une méthode satisfaisante pour apprécier la structure d'une population. Le piège est en effet sélectif et ne permet pas la capture de toutes les classes de taille. D'autre part, les captures s'étalant tout au long d'un cycle de croissance annuel, il est donc difficile d'identifier avec certitude les classes d'âge. Les données de biométrie peuvent donc uniquement nous renseigner d'un point de vue qualitatif sur la taille des poissons utilisant la passe et capturables par piégeage. Pour certaines espèces, l'âge des individus peut être approché en s'appuyant sur les résultats d'études démographiques ou scalimétriques issues de la bibliographie et de résultats de pêches électriques locales.*

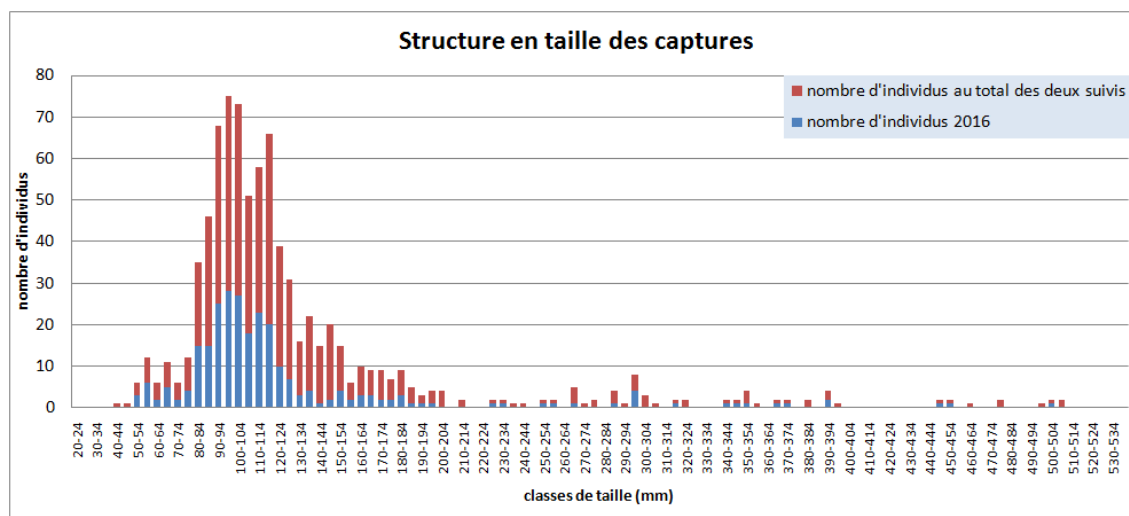


Figure 16 : Fréquence de taille des captures dans le piège toutes espèces confondues

En 2016, la taille des poissons capturés varie de 50 à 500mm, avec un mode au voisinage de 100mm. Cette structure est comparable à celle de 2010, indiquant que la passe est fonctionnelle pour une large gamme de taille de poissons. L'essentielle des captures est située entre 80 et 130mm, en lien avec la dominance des cyprinidés de petite taille dans l'échantillon, notamment blageon et spirilin.

On note une nette augmentation des captures lorsque la taille est supérieure à 80mm. Cette taille peut globalement correspondre à la taille à partir de laquelle le piège, et notamment le vide de maille de 1cm<sup>2</sup>, est efficace. C'est une valeur approchée fournie à titre indicatif, car susceptible de varier sensiblement selon les espèces et leur morphologie.

### 5.3.1. Taille des aprons capturés

La taille des aprons capturés en 2015/2016 varie de 99 à 166 cm (en longueur totale du poisson ; comprise entre l'extrémité de la bouche et l'extrémité de la nageoire caudale). Lors du premier suivi, la taille des captures variait de 86 à 154mm. Cette gamme de taille est assez large compte tenu des caractéristiques de l'espèce. Lors des deux suivis, les individus dont la taille est comprise entre 90 et 130 mm sont les plus nombreux dans l'échantillon.

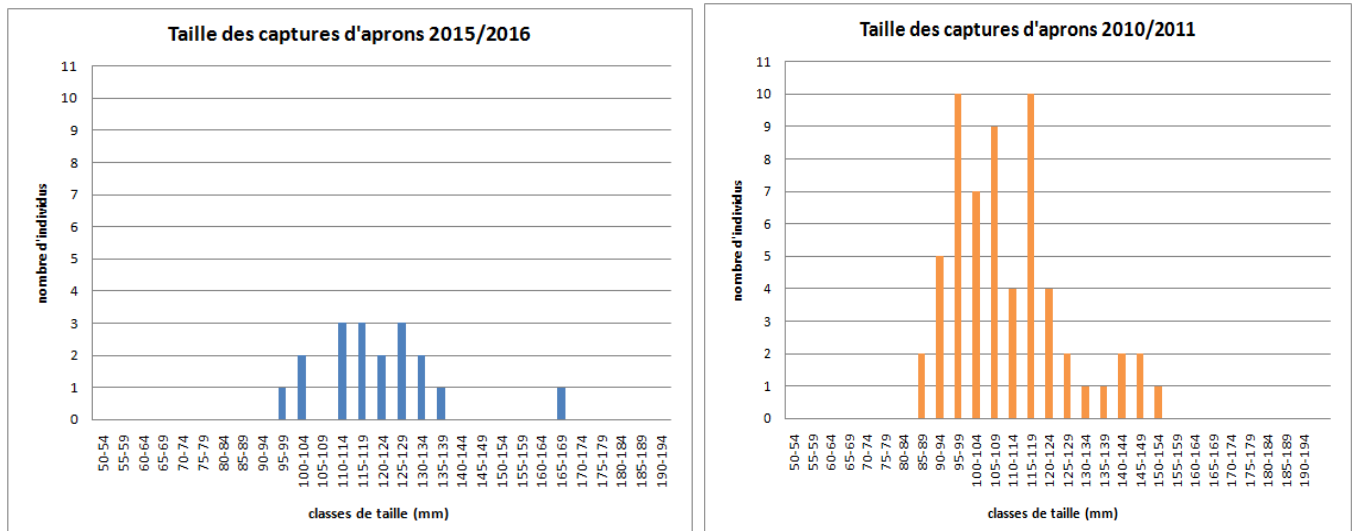


Figure 17 : structure en taille des caprons capturés

Si l'on se réfère à la croissance de l'espèce sur la Loue (saint Olympe 2005), la majeure partie des captures seraient des individus âgés d'un voire deux ans. Les jeunes stades étant les plus abondants dans une population de poisson, cette fréquence de capture plus élevée apparaît normale. On rappelle toutefois que la courbe de croissance sur la Loue a été établie avec un nombre limité d'individu et qu'elle reste à prendre avec précautions (Saint-Olympe 2005)

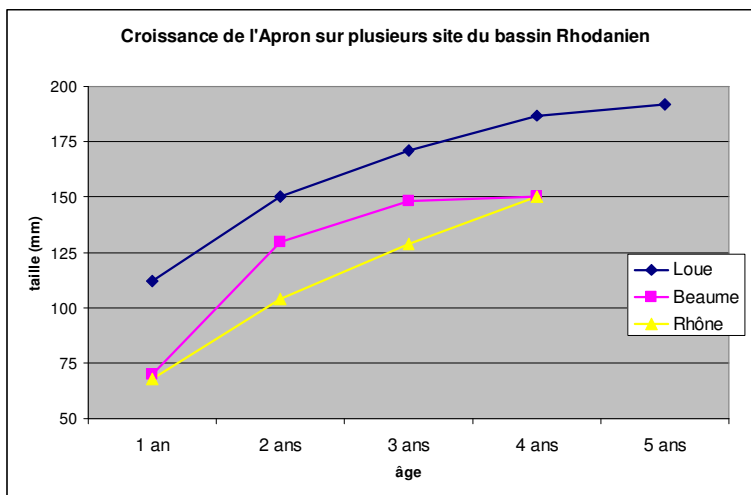


Figure 18 : Croissance de l'apron d'après études scalimétriques (St Olympe 2005, Danancher 2000 et Boutitie 1984) et apron lors de la biométrie à droite

En 2016 un individu d'assez grande taille à été capturé (166mm, potentiellement âgé de 3 à 4 ans), mais à l'inverse du premier suivi aucun sujet de 130 à 150 mm (potentiellement de 2 à 3 ans) n'a été capturé.

Cette absence de sujet de 130 à 150 mm et le nombre moins élevé de sujet de 90 à 130 mm que lors du premier suivi suggère que la diminution des captures d'aprons entre les deux suivi ne concerne pas uniquement une classe d'âge.

### 5.3.2. Taille des truites capturées

La taille de la truite capturée lors du suivi 2015/2016 varie de 232 à 390 mm. Sur les 13 truites capturées, 7 mesurent plus de 300mm. Il s'agit donc essentiellement de truite de plus de deux ans, avec une majorité de géniteurs potentiels.

Contrairement au suivi 2010/2011, aucune truite née dans l'année ou âgée d'un an n'a été capturée alors que lors du premier suivi 11 truites entre 75 et 200mm avaient été capturées. Il est possible que la réussite du frai aient été moins bonne les années précédents le second suivi, expliquant l'absence de truites de petite taille dans la passe en 2015/2016.

Cette absence est inquiétante quant à l'état de la population de truite sur ce secteur de la Loue.

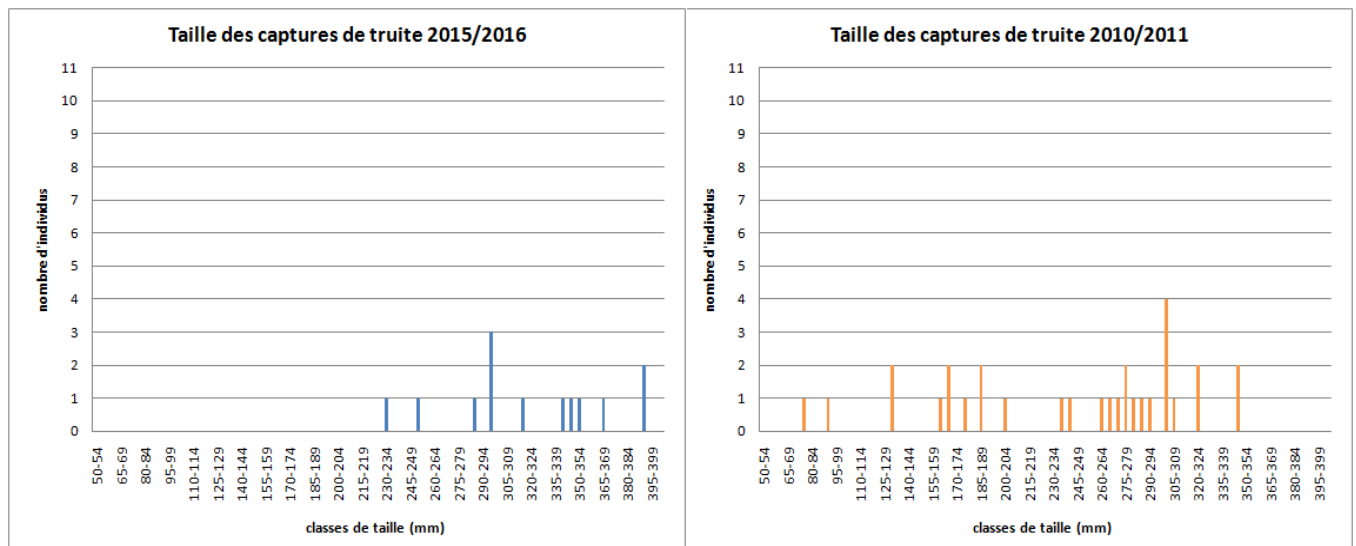


Figure 19 : taille des truites capturées





### 5.3.3. Taille des blageons capturés

La taille des blageons capturés varie de 80 à 195 mm. Hormis les juvéniles inférieurs à 80mm, toutes les classes de taille de l'espèce sont représentées, avec une dominance d'individus de petite et moyenne taille, entre 80 et 120mm .

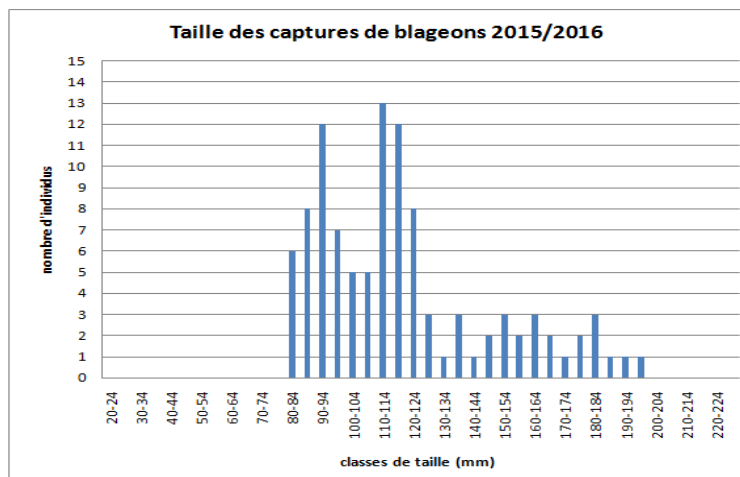


Figure 20 : Tailles des blageons capturés

### 5.3.4. Taille des spirilins capturés.

Quatre individus de très petite taille ont été capturés, de 50 à 60mm, indiquant l'utilisation de la passe par des poissons de très petite taille. Les autres captures présentent une structure fréquence/taille uni-modale avec une majorité des captures aux alentours de 100 mm. Il s'agit d'adulte pour cette espèce de cyprinidé rhéophile de petite taille.

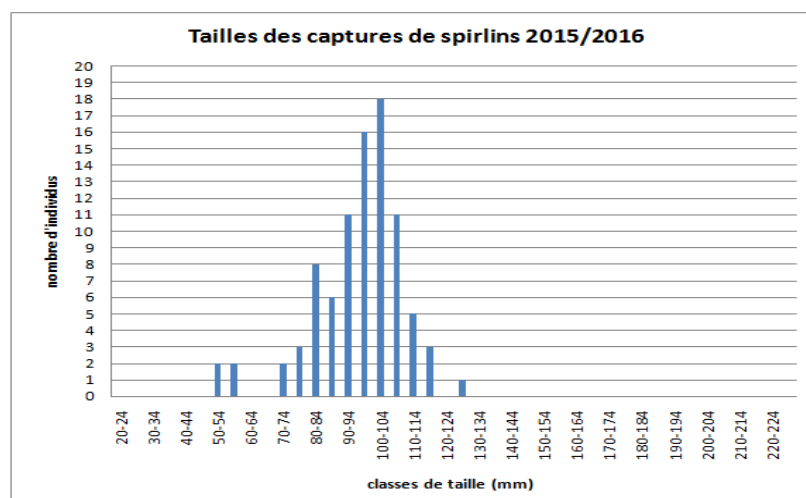


Figure 21 : taille des spirilins capturés

### 5.3.5. Tailles des autres espèces

Tableau 7 : gammes de tailles capturées en 2015/2016 pour l'ensemble des espèces

espèce	nombre	taille min (mm)	taille max (mm)	taille moyenne (mm)
apron	18	99	166	121
blageon	105	80	195	118
spirin	88	50	127	95
truite	13	232	390	319
barbeau	6	52	501	129
chabot	6	61	98	71
chevesne	2	265	448	356
goujon	2	94	115	104
hotu	2	255	450	352
loche franche	1	68	68	68
ombre	1	370	370	370
vairon	3	66	86	73
vandoise	14	80	234	120
gardon	1	173	173	173
ablette	1	154	154	154

**La taille des individus capturés dans le piège lors des deux suivis varie du vairon de 4 cm au barbeau de 51 cm, indiquant qu'une très large gamme de taille de poisson est capable d'utiliser la passe.**

**La capture d'individus de petite taille, qui plus est d'espèces à faible capacité de nage et de saut (loche franche, apron, chabot...) indique une très bonne franchissabilité de la passe à poisson.**

## 5.4. Variabilité de l'utilisation de la passe

### 5.4.1. Observations générales

**Pour les captures d'aprons du suivi 2015/2016**, les premières captures interviennent les 3 et 10 Juillet 2015, dans des conditions de faibles débits et de fortes températures (maximale journalières atteinte par l'eau de 25,7 et 23,1°C. Cela rappelle les pics de captures observés en Juillet lors du premier suivi avec des conditions de forte chaleur, et conduit donc à renouveler l'hypothèse de déplacement à la recherche de zone de refuge thermique ou de zones aux écoulements turbulents et mieux oxygénées que l'on trouve dans la passe.

Aucune capture n'est recensée en sur la deuxième moitié de Juillet et durant tout le mois d'Aout. Septembre voit le retour des captures d'aprons : des individus sont capturés à l'occasion des trois campagnes effectuées, avec notamment 5 individus le 22/09/15. La baisse progressive des températures qui s'opère dès le début du mois ainsi qu'un premier coup d'eau conduit à une période de déplacement et d'activité qui s'intercale entre la période de calme lors des chaleurs estivales et une longue période sans capture en automne et hiver. Il est possible que les aprons, comme de nombreuses espèces de poissons aient un pic d'activité en Septembre afin de constituer des réserves pour la période froide. Il peu également s'agir de déplacements à la recherche de tenues propices pour passer l'automne et l'hiver.

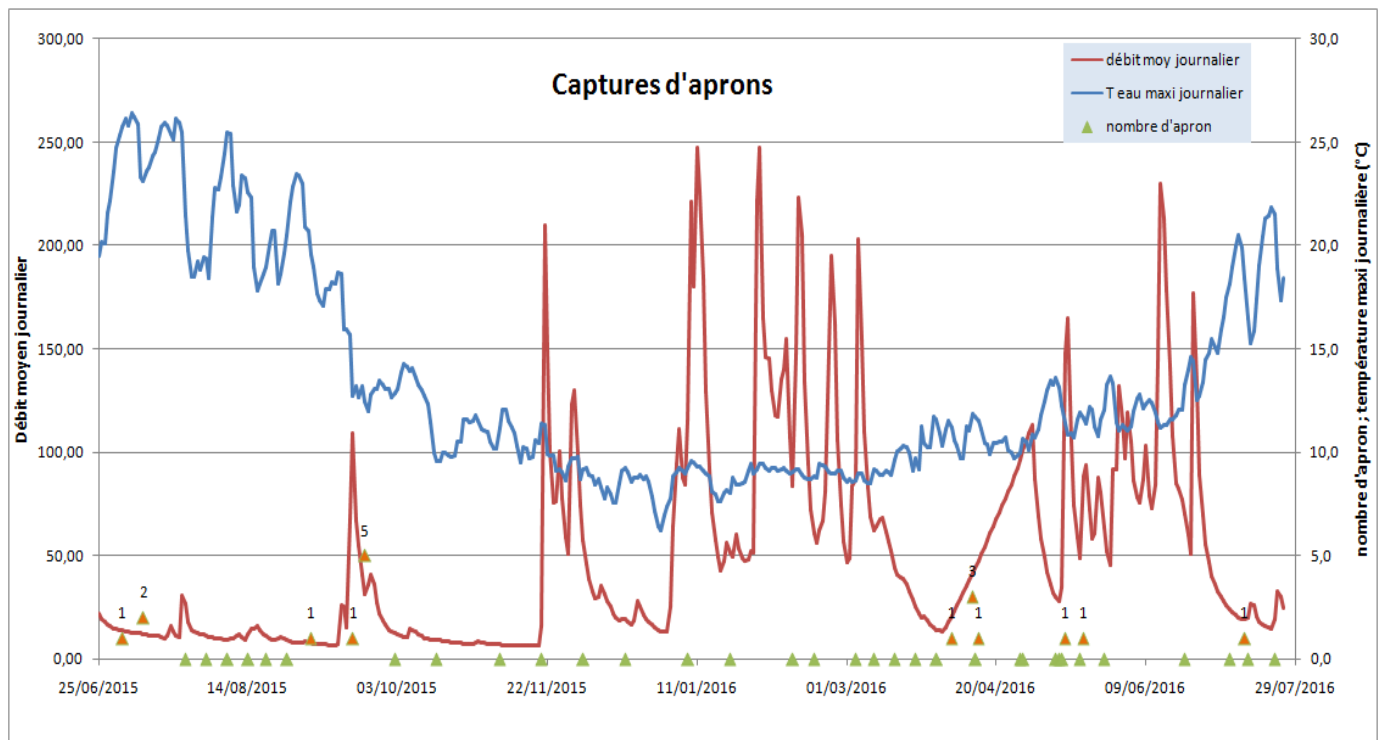


Tableau 8 : Rendement mensuel des captures d'aprons en 2015/2016 (individu/campagne)

	2015						2016						
	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
<b>aprons</b>	0,75	0,00	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,29	0,00	0,25

Aucune capture n'est recensée en automne et hiver, les premières captures 2016 survenant début Avril. Il est possible qu'il s'agisse d'individu à la recherche de zones de frai, mais les captures si elles sont régulières début Avril, ne montre pas de pic en termes d'effectifs. En Avril et Mai 2016, les captures d'aprons sont effectuées lorsque les campagnes correspondent à un début de période de hausse de débit. Ces épisodes peuvent être des éléments déclencheurs de montaison dans la passe.

Les très forts débits durant le printemps ont toutefois rendu difficile la réalisation des piégeages et on peut s'interroger sur les possibilités de passages d'aprons lorsque le piège n'est pas en place et les conditions d'écoulement dans la passe non influencées par le colmatage des grilles.

La dernière capture est effectuée le 12/07/2016, quand le débit faiblit et les températures atteignent de nouveau des valeurs supérieures à 20°C, à l'image des captures de juillet 2015.

#### Les tendances mensuelles pour l'aprons qui se dégagent des deux suivis :

- **Absence de capture en automne et hiver, les captures d'étalent sur 7 mois, de mars à septembre.**
- **Captures régulières au printemps, avec un pic en avril (réchauffement de températures et période de reproduction).**
- **Captures régulières en juillet avec parfois de forts effectifs durant les épisodes de forte chaleur et de faible débit (hypothèse d'une recherche de zone refuge fraîche et oxygénées).**
- **Captures très faibles en aout, puis un nouveau pic de capture en Septembre.**
- **La répartition des classes de taille selon les mois (graphiques en annexe 2) ne montre pas de tendance au déplacement d'une cohorte particulière à une période donnée, mais compte tenu de nombre modéré de capture cette hypothèse mériterait d'être vérifiée avec un jeu de donnée plus important.**

Tableau 9 : rendement mensuels calculés sur l'ensemble des deux suivis

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.
<b>nombre campagne</b>	4	5	10	15	12	7	12	8	8	4	5	3
<b>rendement total</b>	2,0	1,2	1,6	9,5	5,3	1,4	14,3	11,5	3,9	1,8	3,0	0,7
<b>rendement aprons</b>	0,0	0,0	0,1	1,0	0,9	1,1	2,3	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0
<b>rendement blageons</b>	1,5	0,4	1,1	5,0	2,0	0,0	6,8	4,3	0,5	0,0	1,0	0,0
<b>rendement truite</b>	0,3	0,2	0,3	0,9	0,2	0,1	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3

**Pour les captures toutes espèces confondues**, les rendements sont nettement plus élevés en Juillet et Aout 2015, lors des campagnes effectuées en basse eaux et températures élevées. Au sein de cette période de fortes disparités entre les campagnes sont tout de même observée. Deux pics de captures sont observés le 24/07/15 avec 79 poissons et le 07/08/15 avec 59 poissons, essentiellement spirilins et blageons. La campagne du 24/07/2015 correspond à un petite hausse de débit, phénomène qui en période estivale déclenche fréquemment une activité du poisson. Celle du 07/08/2015 correspond à un épisode caniculaire avec 33°C en température maximale aérienne et 25°C en maximale pour l'eau.

A l'inverse entre ces deux campagnes, celle du 31/07/15 ne permet aucune capture. On peut y voir un effet d'une baisse de la température suite à un front froid (chute de 5°C de la température aérienne et de 3°C de la température de l'eau). D'une part soit cette baisse brusque a pu conduire à un arrêt de l'activité du poisson, ou d'autre part il est possible que des températures plus fraîches ne conduisent pas le poisson à rechercher des zones fraîches et oxygénées et à remonter dans la passe.

En Septembre 2015, les rendements diminuent puis deviennent très faibles d'octobre 2015 à mars 2016. Ils augmentent en avril et mai 2016 mais restent modestes, en lien avec une instabilité hydrologique et météorologique et de faibles températures qui ne favorisent pas la reprise d'activité et le déplacement du poisson. En juin 2016 le débit est particulièrement fort, et aucune capture n'est recensée. Les rendements restent encore faibles en Juillet 2016 malgré la baisse des débits et la hausse des températures.

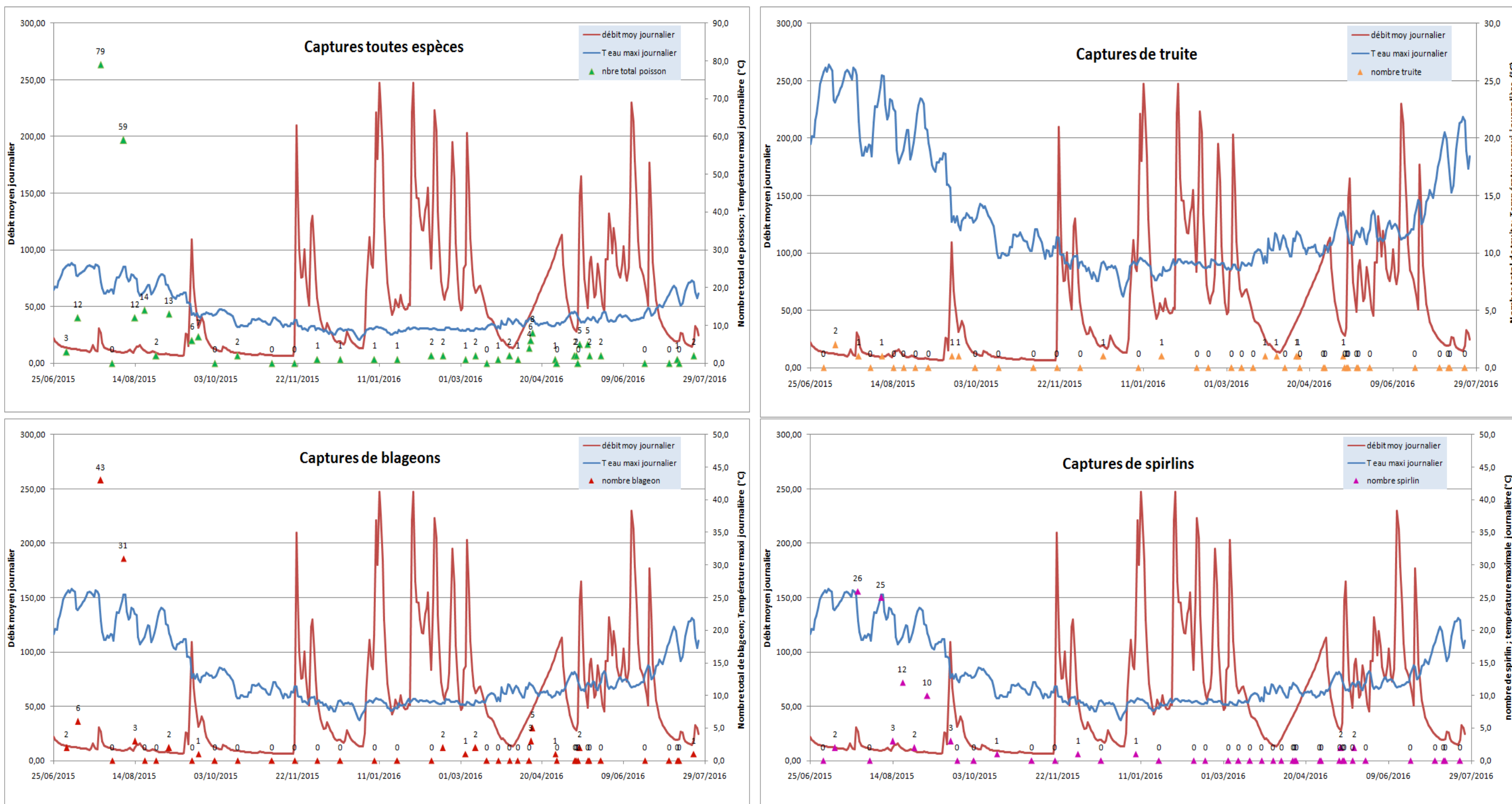
**Concernant les rendements mensuels calculés sur l'ensemble des suivis 2010/2011 et 2015/2016 pour les captures totales, la tendance suivante se dégage**: rendements extrêmement faibles sur les trois mois d'hiver, puis un premier pic de capture en Avril et dans une moindre mesure en Mai. Une baisse de rendement est observée en Juin, mais ce mois a fait l'objet de moins de campagnes, cette tendance reste donc à prendre avec précaution. Les rendements maximaux sont mesurés en Juillet et Aout, puis une baisse s'observe dès Septembre pour aboutir à des rendements faibles à très faible en automne

**Pour la truite**, les captures sont régulière toute l'année, hormis en Janvier/Février où elles sont très rares. Cette tendance est observée lors des deux suivis. Aucun pic d'effectif n'est constaté avant la période de frai, mais d'une part les campagnes de piégeage sont plus espacées durant cette période et la faible abondance sur la Loue médiane rend difficile l'étude des migrations de cette espèce.

**Pour le blageon et le spirilin**, on retrouve les tendances observée pour les captures totales, auxquelles ces deux espèces contribuent majoritairement.

Figure 23 : évolution des rendements mensuels lors du suivi 2015/2016. Unité : individu/campagne

	2015						2016						
	Juillet	Aout	Sept	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
<b>Total</b>	23,50	21,75	8,33	2,00	0,00	1,00	1,00	2,00	1,20	3,33	2,57	0,00	0,75
<b>blageons</b>	12,75	8,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,60	1,50	0,29	0,00	0,00
<b>truite</b>	0,75	0,25	0,67	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,40	0,33	0,14	0,00	0,00



### 5.4.2. Influence des conditions environnementales sur les captures

**Rappel : les analyses suivantes sont effectuées en compilant les données des suivis, afin 2010/2011 et 2015/2016. Les résultats détaillés sont présentés en annexe 3.**

#### 5.4.2.1. Variation entre période diurne et nocturne

L'approche consiste tout d'abord à étudier les résultats en termes de présence/absence dans le piège, indépendamment du nombre d'individus capturés. Afin d'être pertinente l'étude statistique traite le nombre de capture total, toutes espèces confondues. Les trois espèces les plus abondantes en termes d'effectifs font également l'objet d'une analyse séparée. Pour les espèces peu abondantes, seules des observations peuvent être commentées.

L'analyse en termes de présence/absence s'appuie sur un test du Khi 2 des tableaux de contingence suivant :

**Tableau 10 : Tableaux de contingence, comparaison des captures entre le jour et la nuit**

Total poisson	présence	absence
nuit	64	29
jour	38	54

blageon	présence	absence
nuit	28	65
jour	12	80

apron	présence	absence
nuit	22	71
jour	7	85

truite	présence	absence
nuit	18	75
jour	13	70

En ce qui concerne les captures d'apron, l'hypothèse nulle est rejetée, il y a une différence dans les proportions de présence dans le piège entre le jour et la nuit. Ce résultat était particulièrement prévisible, cette espèce ayant une activité préférentiellement nocturne. Le résultat est particulièrement net pour l'apron en 2010, qui n'a été capturé que 2 fois en journée pour 15 fois la nuit. En revanche on note pour le seul suivi 2015/2016 une différence moins nette entre les captures diurne et nocturne, puisque l'apron est capturé lors de 5 piégeages diurnes et 7 piégeages nocturnes.

**Pour l'ensemble des captures et pour le blageon, l'hypothèse nulle est rejetée, il existe une différence significative de présence dans le piège selon qu'il soit tendu le jour ou la nuit. Cela indique la tendance générale d'une plus forte activité du poisson la nuit qu'en journée.**

**Pour la truite, il n'y a pas de différence significative, l'utilisation de la passe est aussi fréquente en journée que la nuit.**



**Une approche quantitative**, basée sur le nombre de captures peut ensuite être effectuée par le test de Wilcoxon pour échantillon appariés.

Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence d'effectifs entre les captures de nuit et les captures de jour pour la truite et le blageon. Une différence significative est par contre observée pour l'apron et lorsque l'on considère l'ensemble des espèces.

Avec un test unilatéral, plus puissant, on teste alors l'hypothèse alternative H1 : « l'effectif capturé la nuit est plus élevé que celui capturé de jour ». Dans les deux cas, H1 est acceptée.

Le nombre d'apron et le nombre total de captures sont plus élevés la nuit que le jour

Les deux analyses fournissent des résultats concordants et confirment pour l'apron que l'activité nocturne est nettement plus importante que l'activité diurne. Cette tendance semble également valable à l'échelle globale du peuplement, bien que certaines espèces comme la truite et le blageon apparaissent actives aussi bien le jour que la nuit.

*Remarque:* Une certaine prudence est toutefois de mise quant à la tendance dégagée par l'analyse des résultats. En effet, il peut sembler réducteur de scinder un cycle nyctéméral complet et une phase de « jour » et une phase de « nuit ». En effet, de nombreuses espèces de poisson ont des pics d'activité marqués à l'aube et au crépuscule. Ces deux périodes clés, bien que de courte durée, ont été plutôt englobées dans nos résultats dans la période appelée « piégeage de nuit », uniquement pour des raisons pratiques d'horaires de relevés. Ces résultats peuvent en partie biaiser la comparaison effectuée en faveur de la période nocturne.

#### 5.4.2.2. Variabilité liée à la température

La température est un des principaux facteurs affectant l'activité d'alimentation et de reproduction des poissons, organismes à sang froid.

##### ► Température en valeur absolue

Afin d'apprécier l'influence de la température de l'eau sur les résultats du piégeage, la corrélation entre le nombre de capture et la température a été testée pour les captures totales et les trois espèces les plus abondantes (test de corrélation de Spearman).

**Les résultats des tests indiquent une corrélation significative pour les captures totales et l'apron (augmentation des captures avec la température)**, mais l'absence de corrélation significative pour la truite et le blageon. On rappelle en effet que des captures de truite ont été effectuées toute l'année à l'exclusion des mois les plus froids de l'hiver. **Les résultats de ces tests de corrélation sont tout de même à prendre avec précaution**, du fait du nombre important de campagnes sans captures quelque soit la température. Cela peut conduire à masquer une influence plus subtile et plus difficile à mettre en évidence de la température sur la truite et le blageon. Les rendements mensuels pour le blageon ont ainsi montré des fortes valeurs en été, mais aussi au début du printemps.

**En termes de rendement l'évolution de captures totales et d'apron indique une très faible valeur lorsque les températures sont minimales et une augmentation progressive des captures lorsque la température se réchauffe.** Ce phénomène s'observe notamment en sortie d'hiver. **Une augmentation nette des rendements, que ce soit pour l'apron et la totalité des espèces, est observée lorsque la température dépasse 15°C.** Cette température peut correspondre à l'entrée dans la gamme de température pour laquelle les espèces typiques du secteur sont les plus actives concernant la recherche de nourriture (aprons, truite), voire démarrent leur migration vers les frayères (blageons, vandoise, chevesne...).

**A signaler que l'on ne note pas de rendement élevés pour l'apron quand les températures sont inférieures ou dans la gamme de température de frai (11 à 14°C).** Il est possible que les quelques captures effectuées dans cette gamme de température correspondent à des migrations de pré-frai (capture de 2 femelles gravide pour l'ensemble des deux suivis ; température moyenne journalière la plus faible avec capture d'apron est de 10,2°C), mais ce type de déplacement est loin de constituer l'essentiel des remontées d'apron dans la passe.

**Un second pic de rendement est observé pour les températures maximales.** Il correspond au contraire du premier pic à des températures pénalisantes pour les espèces fragiles, qui se déplacent alors à la recherche de zones de refuge et de confort thermique. Pour les températures les plus élevées, on note que le rendement concernant l'apron chutent (température moyenne journalière la plus élevée avec capture d'apron: 22,9°C) alors qu'elles sont maximales pour les captures totales. Il semble que l'apron ne se déplace plus ou très peu lorsque les températures dépassent le voisinage de 23°C.

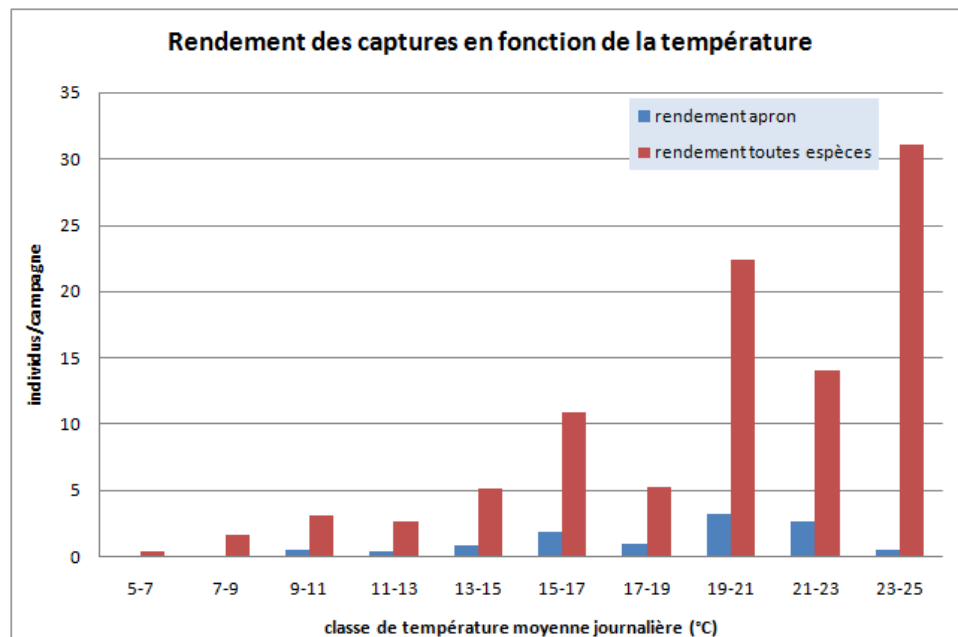


Figure 24 : Rendement en fonction des classes de température.

### ► Variation de température

Si des relations ont été établies entre le nombre de captures totales ou d'aprons et la valeur absolue de la température, il est possible de s'interroger si les variations de température ne sont pas également un facteur primordial pour expliquer la fréquentation de la passe. On ne travaille alors plus sur la valeur absolue de la température enregistrée un jour donné, mais sur le fait que ce jour se situe dans une phase de réchauffement ou de refroidissement. Le cycle thermique a donc été découpé en phase de réchauffement, de stabilité et de refroidissement de l'eau.

La distribution des captures selon la tendance à la baisse, à la stabilité ou à l'augmentation de la température de l'eau est présentée dans les graphiques en « box-plot » ci-dessous.

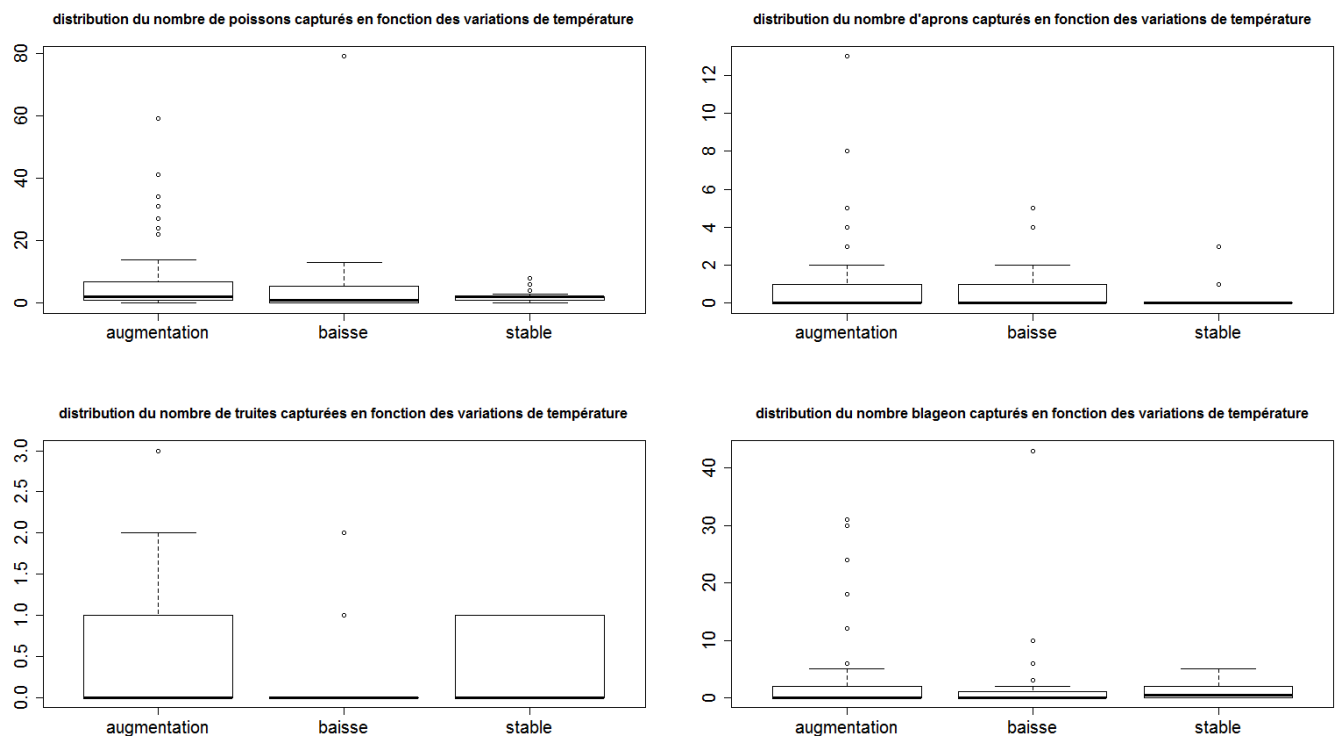


Figure 25 : Distribution du nombre de capture en fonction des variations de température

L'analyse avec un teste de Kruskal-Wallis n'indique pas de relation significative entre le nombre de capture et les modalités de variations du régime thermique. La tendance à des captures plus nombreuses en phase de réchauffement observées sur le graphique n'est pas donc pas significative au sens statistique.

Ce résultat obtenu avec les données cumulées des deux suivis ne permet pas de valider la première tendance obtenue en 2010 où les captures totales et de blageons étaient significativement plus nombreuses en phase d'augmentation de la température.

**En revanche, cela confirmerait l'hypothèse déjà avancée en 2010 que le nombre d'apron capturé est davantage influencé par les valeurs atteintes par la température plutôt que par les variations thermiques. Le nombre élevé de captures serait pour cette espèce davantage lié au dépassement de certains seuils thermiques. Ce peut notamment être des seuils de déclenchement d'activité puis des seuils de tolérance expliquant les pics de captures lors des fortes chaleurs, en lien avec la recherche de zone de confort.**

Une certaine prudence reste malgré tout de mise quant aux tendances dégagées, compte tenu du nombre restreint de données et de la forte variabilité des conditions environnementales, mais aussi du caractère très particulier du régime thermique de l'année 2016 (réchauffement printanier lent et tardif).

#### 5.4.2.3. Influence du débit

##### ► Valeur absolue du débit

L'influence du débit sur le nombre de capture a été testée en s'appuyant sur le coefficient de corrélation non-paramétrique de Spearman.

Les résultats indiquent une corrélation significative entre le nombre de capture total et le débit, mais une absence de relation significative pour l'apron, la truite et le blageon.

Les campagnes avec des captures nombreuses sont en très grande majorité effectuées en conditions d'assez faibles débits, mais on note également en faible débit de nombreuses campagnes sans captures, ce qui peut expliquer l'absence de corrélation au sens statistique. A ces remarques on rappelle les interrogations quant à une pleine efficacité du piège en fort débit, car systématiquement colmaté. Les résultats de cette analyse statistique sont présentés à titre indicatif et à prendre avec précautions.

**Il apparaît plus pertinent de travailler sur les rendements. Les rendements de captures apparaissent ainsi plus élevés pour des débits assez faibles.**

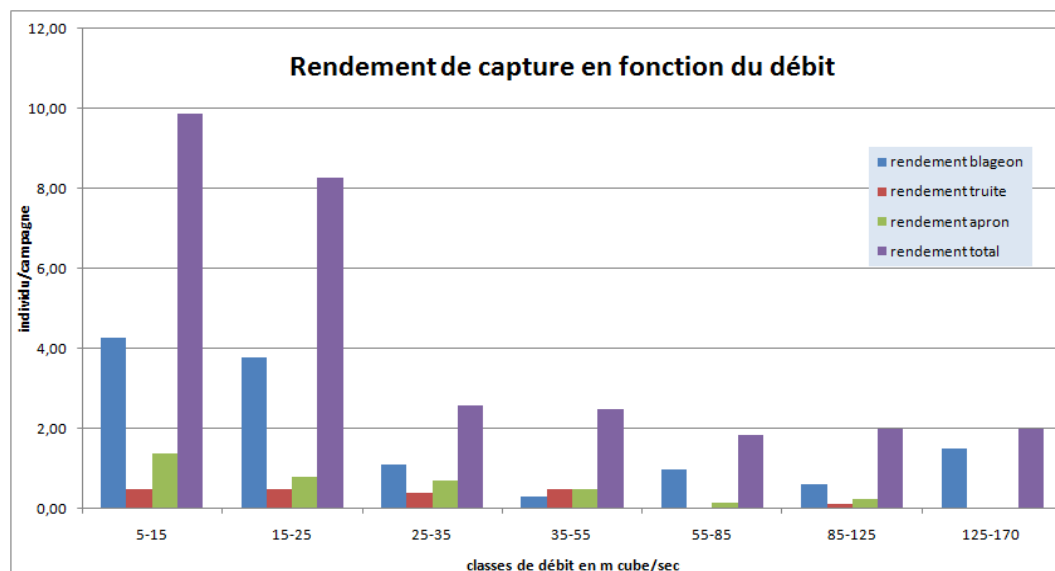


Figure 26 : rendement de capture en fonction du débit

**D'autre part, 90% des captures d'aprons ont été effectuées avec un débit inférieur à 35 m<sup>3</sup>/seconde et 90% des captures totales avec un débit inférieur à 38 m<sup>3</sup>/seconde.**

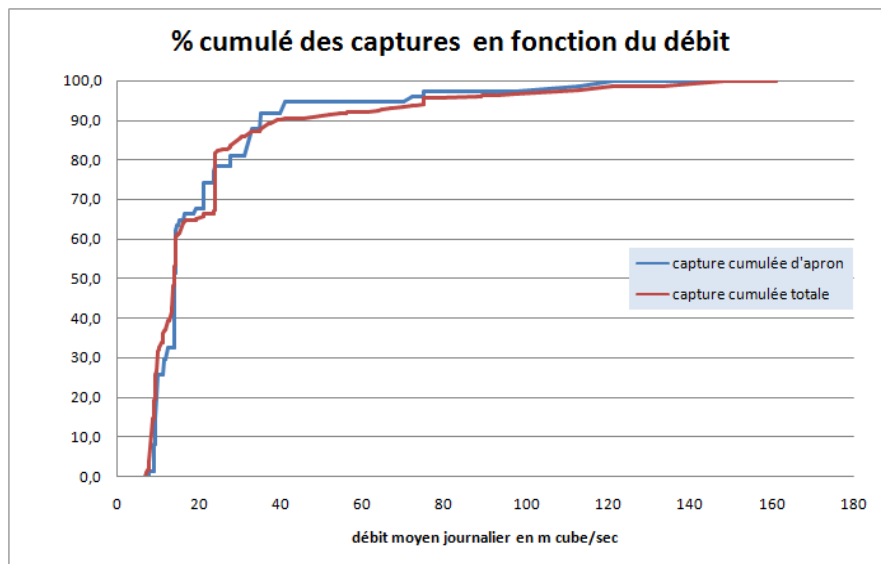


Figure 27 : captures cumulées en fonction du débit

Cette information pourrait indiquer une plus grande mobilité du poisson lorsque les débits sont faibles. Il serait également possible qu'en situation d'étiage, le débit en sortie de passe soit plus attractif pour le poisson que le débit à l'aval immédiat du barrage, incitant le poisson à emprunter la passe.

Les faibles débits étant pour partie observés en période estivale, il est également possible que la tendance observée résulte de l'influence d'autres facteurs, tels que la température et l'oxygénation.

On note cependant que lors de campagnes en hautes eaux, l'attractivité du piège a été réduite par le colmatage des grilles. Cela peut donc conduire à une sous-estimation des quantités de poissons qui empruntent réellement la passe lorsque le débit est soutenu.

**La plage de débit sur laquelle des aprons sont capturés est très large, de 7,75 à 113 m<sup>3</sup>/seconde en débit moyen journalier.** Cela précise l'efficacité de la passe pour l'apron sur une large gamme de débit. Une certaine prudence reste toutefois de mise pour l'interprétation de ces chiffres, les poissons capturés lors de ces campagnes ayant pu migrer sur la partie intermédiaire de la passe avant le coup d'eau, et pas nécessairement franchi la zone de plots aval au moment même où le débit était le plus élevé.

► Variation du débit

Il est possible de s'interroger sur l'influence des variations de débit. La distribution du nombre de capture est présentée page suivante pour 5 classes d'événement hydrologiques (baisse lente, baisse rapide, stable, montée lente, montée rapide).

Le test de Kruskal Wallis indique qu'il n'y aurait pas de différence significative de nombre de capture suivant les modalités de variation du débit.

Les campagnes en phase de baisse rapide, au nombre de 2, ne sont pas suffisantes pour pouvoir tirer des conclusions quant à leur effet.

Pour l'apron, une légère tendance à davantage de capture en phase de hausse lente du débit est observée sur les graphiques, mais sans validation statistique.

**A noter que lors du printemps 2016, avec un réchauffement lent à priori peu favorable aux déplacements, 4 des 5 campagnes avec présence d'aprons ont été effectuées en phase de hausse lente ou rapide du débit. Il est possible que la hausse du débit et l'augmentation de la turbidité qui s'ensuit provoque une activité et un déplacement des aprons.**

#### *5.4.2.1. Influence des phases de la lune*

Lors de chacune des campagnes, les phases du cycle lunaire ont été renseignées, permettant une comparaison des rendements selon les différentes phases.

Un test de Kruskal Wallis a été effectué. **Les résultats des tests ne font pas état de différence significative de nombre de capture entre les différentes phases du cycle lunaire.**

#### *5.4.2.2. Influence des vents dominants*

L'examen de la distribution des variables (annexe 3) indique une tendance à des captures plus nombreuses par flux de Sud pour l'ensemble des captures, ainsi que pour l'apron, la truite et le blageon.

Le test de Kruskal-Wallis n'indique pas de différence significative, la tendance à davantage de captures en flux de sud n'est pas validée statistiquement.



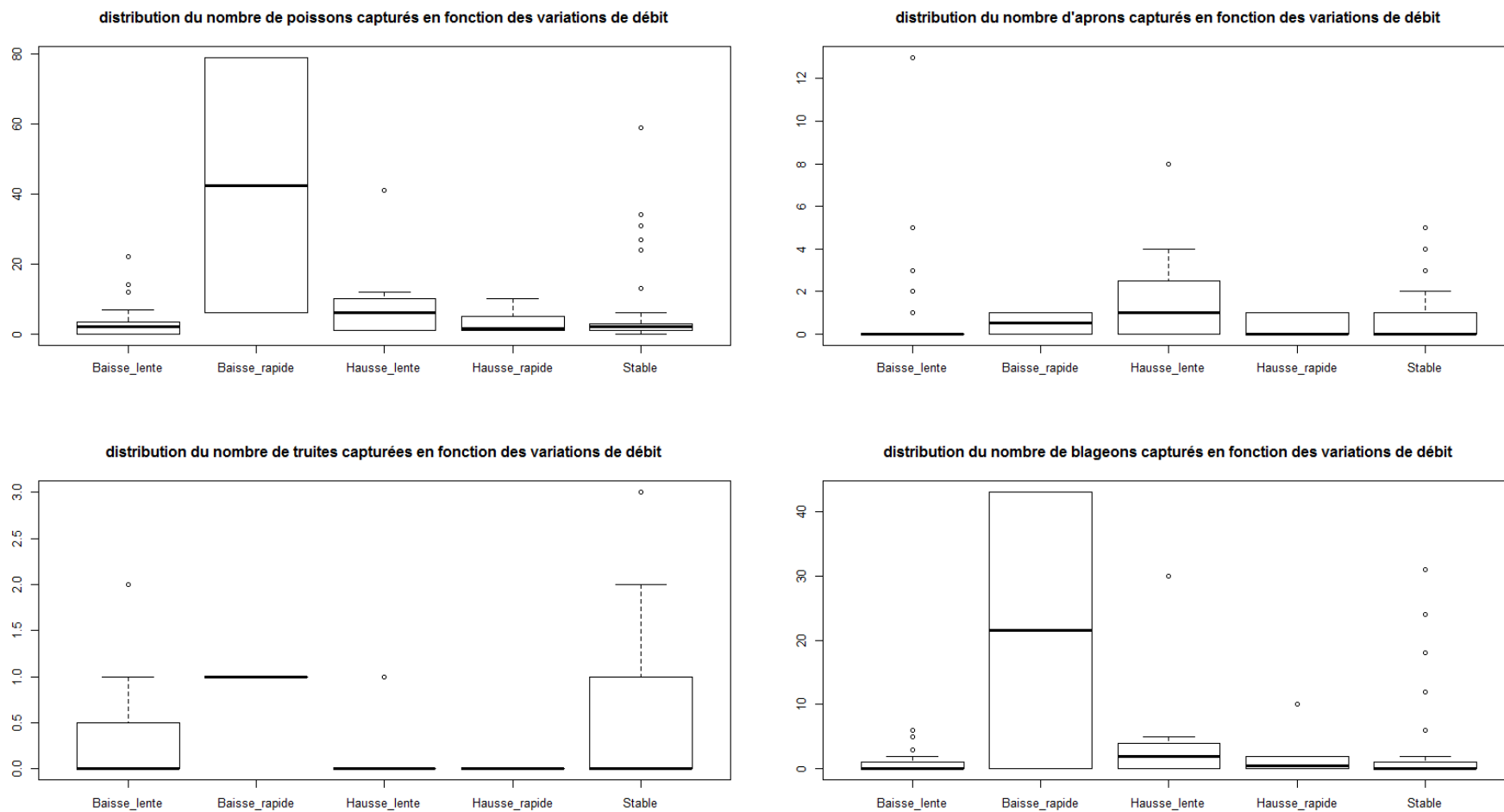


Figure 28 : Distribution du nombre de capture en fonction des variations de débit

## 6. Conclusion

---

### 6.1. Efficacité du dispositif de franchissement

Le suivi de la passe à poisson de Quingey sur deux cycles annuels complets ainsi que la pêche électrique effectuée à l'automne 2010 ont permis de capturer 17 espèces de poissons dont la taille et les capacités de nages sont extrêmement variées. Lorsque l'on compare ces résultats avec la composition du peuplement de la Loue sur ce secteur, il apparaît que l'ensemble des espèces typiques sont capables d'utiliser la passe. **Cela témoigne d'une bonne franchissabilité du dispositif, qui profite à l'ensemble du peuplement.**

**L'apron, pour lequel la passe a été conçue, est une des mieux représentée en termes d'effectifs capturés, indiquant que le dispositif est bien adapté à l'espèce.** L'étude biométrique indique par ailleurs que plusieurs classes de tailles sont capables d'utiliser la passe, et des captures sont effectuées dans une très large gamme de débit (de 7 à 113 m<sup>3</sup>/sec).

### 6.2. Efficacité du dispositif de piégeage

Le dispositif de piégeage, avec un vide de maille de 1 cm<sup>2</sup>, a permis de capturer une variété conséquente d'espèce, avec une large gamme de taille des individus. En termes d'efficacité de capture intrinsèque, le piège remplis donc a priori pleinement son rôle.

On rappelle toutefois que le colmatage récurrent du piège par les algues et feuille mortes lors d'augmentation du débit rend difficile l'évaluation du nombre de poissons transitant par la passe lors de ces périodes. Lorsque le piège est colmaté, les vitesses d'écoulement au niveau de l'ouverture du piège augmentent très fortement. Il est donc probable que nombre d'espèce ne parviennent alors plus à entrer dans le piège.

Enfin, la dernière remarque concernant le dispositif de piégeage concerne les mortalités observées lors des premières campagnes de piégeage du suivi 2010. Les conditions hydrauliques régnant dans la cage initiale apparaissent très difficiles à supporter pour les espèces ayant de faibles capacité de nage comme l'apron, ou les espèces de pleine eau comme le blageon. Les sujets capturés en début de campagne mouraient donc d'épuisement avant le relevé du piège. Les aménagements réalisés ont permis de réduire significativement des mortalités en créant des abris hydrauliques. Il serait donc souhaitable que les futurs pièges implantés dans des passes à aprons soient équipés d'un système de caches directement intégré à la cage.

### 6.3. Influence des variables environnementales

L'utilisation des données acquises lors des deux suivis a permis de percevoir des certaines tendances quant à l'influence des facteurs environnement sur l'utilisation de la passe, mais avec lesquelles il convient de rester prudent du fait d'un jeu de données qui reste malgré tout restreint.

Tableau 11 : Synthèse sur l'influence des facteurs environnementaux

Espèce	Observations générales	Observations d'événements particuliers
Apron	Captures plus nombreuses de nuit, Tendance possible à l'augmentation du nombre de capture avec la valeur de température, Tendance possible à l'augmentation des captures avec la diminution du débit	Captures plus nombreuses au printemps et début d'été, avec un pic en Juillet 2010 lors des fortes chaleurs et faibles oxygénation. Capture au printemps 2015 ciblées lors des débuts de période de hausse de débit. Pas de captures au cœur de l'été 2015, mais retour marqué des captures en Septembre Pas de captures en Automne et Hiver. Capture d'une femelle gravide le 16 mars 2011
Blageon	Tendance possible à l'augmentation des captures avec la diminution du débit	Pic de capture lors de fortes chaleurs de Juillet 2010 et Juillet et Début aout 2015
Truite	Tendance possible à l'augmentation des captures avec la diminution du débit	Des captures étalées sur l'année Pas de pic à l'automne avant le frai.
Total des captures	Captures plus nombreuses de nuit, Tendance possible à l'augmentation du nombre de capture avec la valeur de température	Captures plus nombreuses au printemps et début d'été, avec des pics en Juillet et début Aout lors des fortes chaleurs et faibles oxygénation. Peu de captures en automne et hiver

Le débit est un facteur influençant l'ensemble du peuplement, les captures étant nettement plus nombreuses lorsque le débit est faible. Le poisson apparaît donc moins mobile en période de hautes eaux, sans doute cantonné au niveau de zones calmes. Le colmatage du piège en hautes eaux induit toutefois un biais dans l'étude de l'influence du débit.

Les captures de truite apparaissent très peu influencée par les variables autres que le débit. En dehors des mois les plus froids de l'année, les captures sont réparties sur l'ensemble du suivi, sans relation apparente avec les variables mesurées. Il est possible que la truite utilise la passe de manière aléatoire, mais on peut également avancer que le suivi n'est pas assez fin pour permettre de cerner tous les facteurs déclenchant une utilisation par la truite. La densité hélas très modeste de truite sur le secteur et donc le nombre de captures assez faibles dans le piège ne facilite pas non plus la compréhension des facteurs déclenchant sa montaison dans la passe.

La proximité de la période de reproduction est également un facteur pouvant déclencher la montaison de poisson dans la passe. Cette tendance est nette pour le barbeau, capturé uniquement à l'approche de la période de frai en 2010 et non capturé en 2015/2016 où le réchauffement tardif a pu perturber les déplacements préliminaires au frai.

La température est un facteur qui influencerait l'utilisation de la passe. C'est notamment le cas pour l'apron qui apparaît plus actifs et plus mobile lorsque la température de l'eau se réchauffe au printemps ou au début de la période de refroidissement en Septembre.

L'ensemble des résultats témoignent d'une utilisation de la passe par de nombreuses espèces, et notamment par l'apron. Les tronçons situés en amont et en aval du barrage de Quingey peuvent donc être désormais considérés comme connectés, et les poissons peuvent circuler d'un tronçon à l'autre. L'observation de pic d'utilisation de la passe lorsque les conditions d'oxygénation ou de températures sont limitantes permet toutefois de rappeler que la qualité de l'eau apparaît particulièrement pénalisante pour l'expression du potentiel piscicole de la Loue. Pour qu'elle puisse porter ses fruits, la restauration de la continuité longitudinale doit donc impérativement être accompagnée de mesures de restauration de la qualité d'eau conduisant en particulier à une réduction des nutriments azotés et phosphorés et à une diminution des proliférations végétales.

#### **6.4. Synthèse des deux suivis sur l'utilisation de la passe au cours d'un cycle annuel**

Le suivi 2015/2016 se caractérise par de moindres captures d'aprons que lors du premier suivi de 2010/2011. Compte tenu des variables environnementales qui semblent favorables à la capture d'aprons (notamment débits assez faibles et températures supérieure à 15°C), il est fort probable que le printemps 2016 ait été moins favorable au déplacement des aprons et à leur capture que le printemps 2011.

**On rappelle les tendances mensuelles pour l'apron qui se dégagent des deux suivis :**

- **Les captures s'étalent sur 7 mois, de mars à septembre, absence de capture en automne et hiver.**
- **Captures régulières au printemps, avec un pic en Avril (réchauffement de températures et période de reproduction).**
- **Captures régulières en Juillet avec parfois de forts effectifs durant les épisodes de forte chaleur et de faible débit (hypothèse d'une recherche de zone refuge fraîche et oxygénées plus en amont ou plus communément migration thermique estivale.**
- **Captures très faibles en Aout, puis un nouveau pic de capture en Septembre.**

Ces observations pour l'apron se rapprochent de celle effectuées pour l'ensemble du peuplement, c'est-à-dire de très faibles captures en automne et hiver, et un pic au mois d'avril puis en été. Une différence notable concerne le pic de capture estivale puisqu'il est centré sur Juillet pour l'apron, mais s'étend jusqu'en Aout pour l'ensemble des captures.

Tableau 12 : rappel des rendements mensuels calculés sur l'ensemble des deux suivis

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.
nombre campagne	4	5	10	15	12	7	12	8	8	4	5	3
rendement total	2,0	1,2	1,6	9,5	5,3	1,4	14,3	11,5	3,9	1,8	3,0	0,7
rendement aprons	0,0	0,0	0,1	1,0	0,9	1,1	2,3	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0
rendement blageons	1,5	0,4	1,1	5,0	2,0	0,0	6,8	4,3	0,5	0,0	1,0	0,0
rendement truite	0,3	0,2	0,3	0,9	0,2	0,1	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3

**BIBLIOGRAPHIE**

BARAS E et PHILIPPART J.C. 1999 : Adaptive and evolutionary significance of a reproductive thermal threshold in *Barbus barbus*. J.Fish. Biol. 55: 354-375.

BOISMARTEL 2009 : Actualisation des connaissances sur les populations d'apron du Rhône (Zingel asper) dans le Doubs, linéaire du futur parc naturel régional franco-suisse. Université François Rabelais, Centre nature les Cerlatez

BOUCHARD 2010 : Etude des peuplements de poissons sur quatre stations de la Loue. ONEMA. 56 pages

BOUTITTE, 1984 : l'Apron Zingel asper ; Percidae, un poisson rare menacé de disparition. Mémoire de DEA 2écologie des eaux continentales. Université Lyon 1, 27 pages

BRUSLE J & QUIGNARD J.P. 2001 : Biologie des poissons d'eau douce européens. Editions Tec et Doc. 601 pages.

CONSERVATOIRE REGIONAL RHONE ALPES 2015 : Plan national d'actions en faveur de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) 2012-2016. Rapport d'activité 2015. 104 pages.

CSP 1999. Etude piscicole de la Haute et Moyenne Loue Syndicat Mixte de la Loue. 60p

CSP, 2006. Connaissance des populations d'aprons du Rhône (*Zingel asper*). Prospections et suivi annuel 2005 Life Apron II. 19 p

DESMAREST P. et BAS C. 2015 : déterminisme de la présence de l'apron du Rhône sur la moyenne Loue. Stage université de franche comté FDAAPPMA 25. 77 pages

EAUX CONTINENTALES, Syndicat mixte de la Loue 2007 : Aménagement d'une passe à poisson sur le site du seuil de Quingey. Dossier d'incidence, 68 pages.

LABONNE et GAUDIN 2005 : Exploring population dynamics patterns in a rare fish, *Zingel asper*, through capture –mark-recapture methods. *Conservation Biology*, vol 19 , n°2, pages 463-472.

SAINT OLYMPE L. 2005 : Contribution à l'étude écologique de l'Apron d Rhône. Fédération de pêche du Doubs, Université de Franche Comté. 56 pages.

SAINT-OLYMPE L., 2005. Contribution à l'étude de l'écologie de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*). Synthèse bibliographique. Fédération de pêche du Doubs. 33p.

STUCKY, 2006. Etude préliminaire pour le décloisonnement des habitats dans des secteurs de cours d'eau à apron – Partie 2 : La Loue entre Chenecey et Chay. Phase 2 : Seuil de Quingey : Avant-Projet. Document de travail. 20 p.

VERNEAUX J. 1973 : Cours d'eau de Franche-Comté. Recherche sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse d'Etat Univ. Fr.Comté, Besançon 275 pages



## Annexe 1 : Descriptif des différents éléments de la passe à poisson

L'ouvrage conçu pour permettre la remontée des poissons par le Canal de la Truite comprend les éléments suivants de l'amont vers l'aval (STUCKY, 2006) :

- Un dalot de section rectangulaire : 11 m linéaire/ horizontal.
- Un tronçon amont du canal : 27 m linéaire/ 3 % de pente.
- Un tronçon intermédiaire (non modifié) : 45 m linéaire / horizontal.
- Un tronçon aval du canal : 20 m linéaire/ 4,3 % de pente.

### Dalot de section rectangulaire

Le dalot rectangulaire, réalisé en béton, permet le franchissement d'une voie communale (rue des Promenades). Pour empêcher l'intrusion accidentelle ou volontaire de canoéistes dans la passe (présence d'un embarcadère à 50m à l'amont), une grille métallique à barreaudage vertical (espacement entre barreaux : 15 cm) est implantée à l'entrée hydraulique de l'ouvrage.

Pour la protection de la passe contre les éventuels embâcles, cette grille qui fait également office de protection est complétée par un épi en enrochement implanté en amont immédiat. Par ailleurs, une vanne d'isolement amont permet de prévoir l'assèchement de la passe pour effectuer d'éventuels travaux d'entretien.

Le fond du dalot est calé au niveau du fond de la rivière où des enrochements améliorent la continuité des substrats vers l'amont : les aprons en migration ne rencontrent donc pas un approfondissement brutal à l'amont de la passe qui est susceptible de les désorienter.

Le dalot présente les caractéristiques suivantes :

Largeur	2,5 m
Longueur	11 m
Fond horizontal calé à	262,5 NGF
Hauteur	1,55 m
Fond	Petits enrochements insérés dans le béton
Hauteur d'eau	0,90 à 1,10 m
Vanne d'isolement amont	1,35 m x 2,50 m
Grille de protection amont	Entre-axe barreaux de 15 cm
Epi en enrochement	Blocs calcaires de 500 à 1000 kg

### Tronçon amont du canal

Ce tronçon permet le raccordement à l'actuel canal de la Truite. Pour limiter l'encombrement de ce canal, sa section est rectangulaire.. Ce canal est muni de plots sub-triangulaires transversaux alternés permettant une bonne dispersion des vitesses.

Les caractéristiques générales sont les suivantes :

Largeur	3 m
Longueur	27 m
Hauteur d'eau	0,90 à 1,10 m
Pente	3 %
Hauteur des murs latéraux	1,75 m (murs béton armé)
Fond	Béton avec petits enrochements
Dimension des plots	50 cm x 25 cm x 120 cm de hauteur
Entre-axe transversal des plots	1,25 m
Entre-axe longitudinal des plots	1,50 m

### Tronçon intermédiaire

Tronçon peu modifié, le substrat est majoritairement constitué de galets et graviers. Le linéaire correspondant au passage sous route (rive droite) présente la forme d'un radier en pierre.

### Aménagement du tronçon aval du canal

Il s'agit des 20 derniers mètres du canal et du débouché dans la Loue. L'aménagement a consisté à :

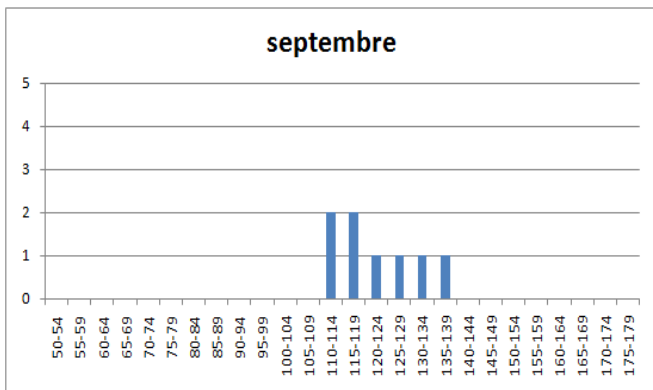
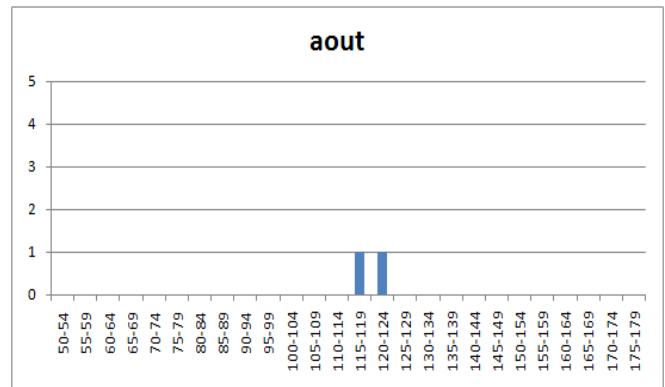
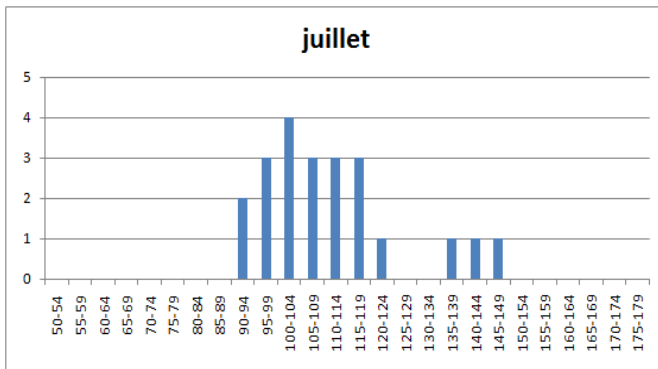
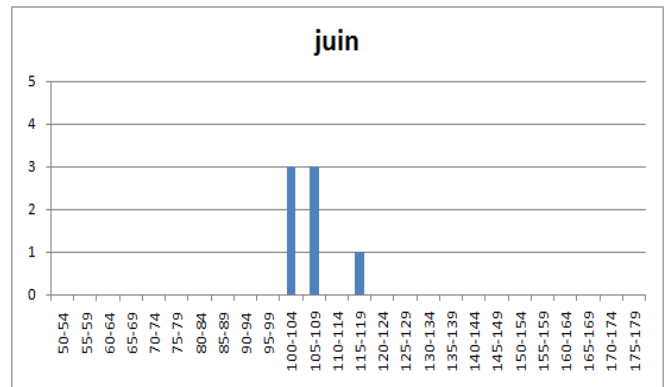
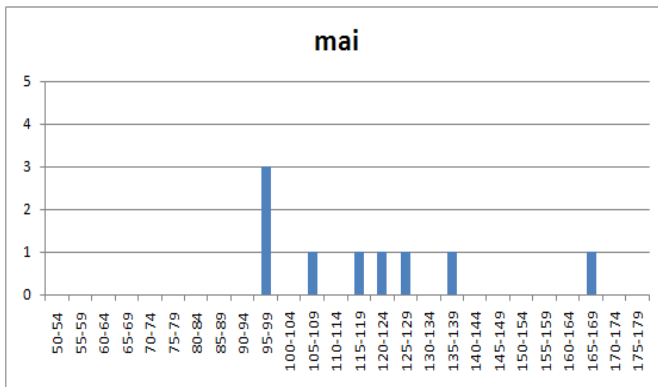
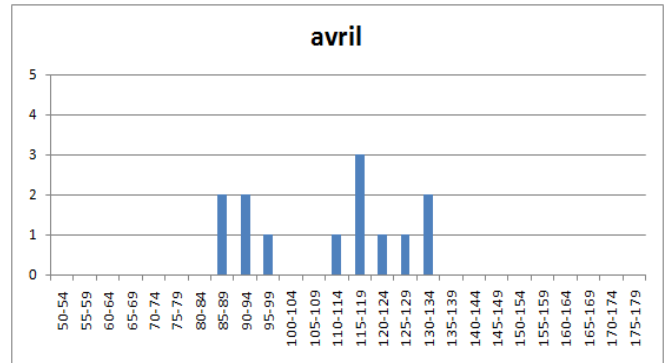
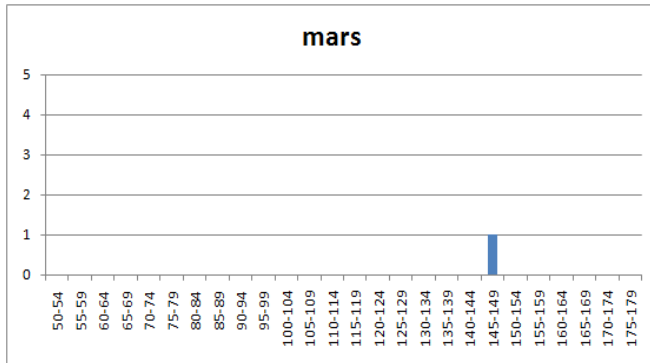
- planter des plots selon le même schéma que sur le tronçon amont,
- terrasser le fond au niveau du débouché pour allonger le canal et se rapprocher de la zone piscicole attractive,
- mettre en place deux épis en enrochements de faible hauteur (1 m environ, soit 10 cm au-dessus de la cote maximale mesurée pour un débit de la Loue de 160m<sup>3</sup>/s) en prolongement du canal vers la Loue.

Les caractéristiques générales sont les suivantes :

Longueur	21 m
Largeur	4 m
Hauteur d'eau	0,40 à 0,70 m
Pente	4,3 %
Fond	Béton avec petits enrochements
Dimensions des plots	50 cm X 25 cm X 0,80 m de haut
Entre-axe transversal des plots	1,25 m
Entre-axe longitudinal des plots	1,50 m
Calage des épis aval	262,60 NGF
Longueur des épis aval	5 à 7 m

## Annexe 2 : Aperçu des tailles d'aprons capturés en fonction des mois

Abscisse : classe de taille en mm. Ordonnées : nombre d'individu



### Annexe 3 : Détails des analyses statistiques

#### Variations entre période diurne et nocturne.

L'analyse en termes de présence/absence s'appuie sur les tableaux de contingence suivant :

Tableau 13 : Tableaux de contingence, comparaison des captures entre le jour et la nuit

Total poisson	présence	absence
nuit	64	29
jour	38	54

blageon	présence	absence
nuit	28	65
jour	12	80

apron	présence	absence
nuit	22	71
jour	7	85

truite	présence	absence
nuit	18	75
jour	13	70

Le test du Khi 2 est adapté à l'analyse de ces tableaux de contingence. Il permet de tester l'hypothèse nulle H0: « Pas de différence dans les proportions de présence dans le piège entre le jour et la nuit ».

Les résultats des tests effectués sont les suivants :

Tableau 14 : résultats de tests de Khi 2, étude des captures jour/nuit

	X <sup>2</sup>	ddl	p-value	conséquence
Total poisson	13,06	1	0,000301	Rejet de H0
Apron	7,83	1	0,00511	Rejet de H0
Blageon	6,97	1	0,008	Rejet de H0
Truite	0,19	1	0,657	Acceptation de H0

Une approche quantitative, basée sur le nombre de captures peut ensuite être effectuée par le test de Wilcoxon pour échantillon appariés.

. En complément de la question précédente « y'a-t-il une différence de présence entre le jour et la nuit ? », on teste ici l'hypothèse nulle H0 : « Il n'y a pas de différence d'effectifs entre les piègeages diurnes et nocturnes » dans un test bilatéral.

Tableau 15 : Résultats de tests Wilcoxon, étude des captures jour/nuit

	V	p-value	conséquence
Total poisson	1612.5	0.0029	Rejet de H0
Nombre d'aprons	318.5	0.00024	Rejet de H0
Nombre de blageons	320	0.297	Acceptation de H0
Nombre de truite	154	0.603	Acceptation de H0

Avec un test unilatéral, plus puissant, on teste alors l'hypothèse alternative H1 : « l'effectif capturé la nuit est plus élevé que celui capturé de jour ».

Tableau 16 : Résultats de tests Wilcoxon, étude des captures jour/nuit

	V	p-value	conséquence
Total poisson	1612.5	0.00146	Rejet de H0, Acceptation de H1
Nombre d'apron	318.5	0.00012	Rejet de H0, Acceptation de H1

### Influence de la température

Afin d'apprécier l'influence de la température de l'eau sur les résultats du piégeage, la corrélation entre le nombre de capture et la température a été testée pour les captures totales et les trois espèces les plus abondantes. Etant donnée la distribution non normale des données, le coefficient de corrélation non paramétrique de Spearman, basé sur les rangs, a été calculé et testé.

Tableau 17 : Résultats de tests du coefficient de corrélation de rang de Spearman

	S	p-value	conséquence
Total poisson	76412	$6.67 \times 10^{-5}$	Rejet de H0
Nombre d'aprons	79213	0.00012	Rejet de H0
Nombre de blageons	106440	0.086	Acceptation de H0
Nombre de truite	111770	0.187	Acceptation de H0

La distribution des captures selon la tendance à la baisse, à la stabilité ou à l'augmentation de la température de l'eau est étudiée. Le test de l'hypothèse alternative H0 «*Pas de relation entre le nombre de capture et les modalités des variations de température*» est effectué grâce à un test de Kruskal-Wallis

Tableau 18 : Résultats de tests de Mann-Whitney, étude des variations thermiques

	K. W chi squared	ddl	p-value	conséquence
Total poisson	3.64	2	0.16	Acceptation de H0
Apron	1.60	2	0.447	Acceptation de H0
Blageon	1.66	2	0.4234	Acceptation de H0
Truite	1.85	2	0.3985	Acceptation de H0

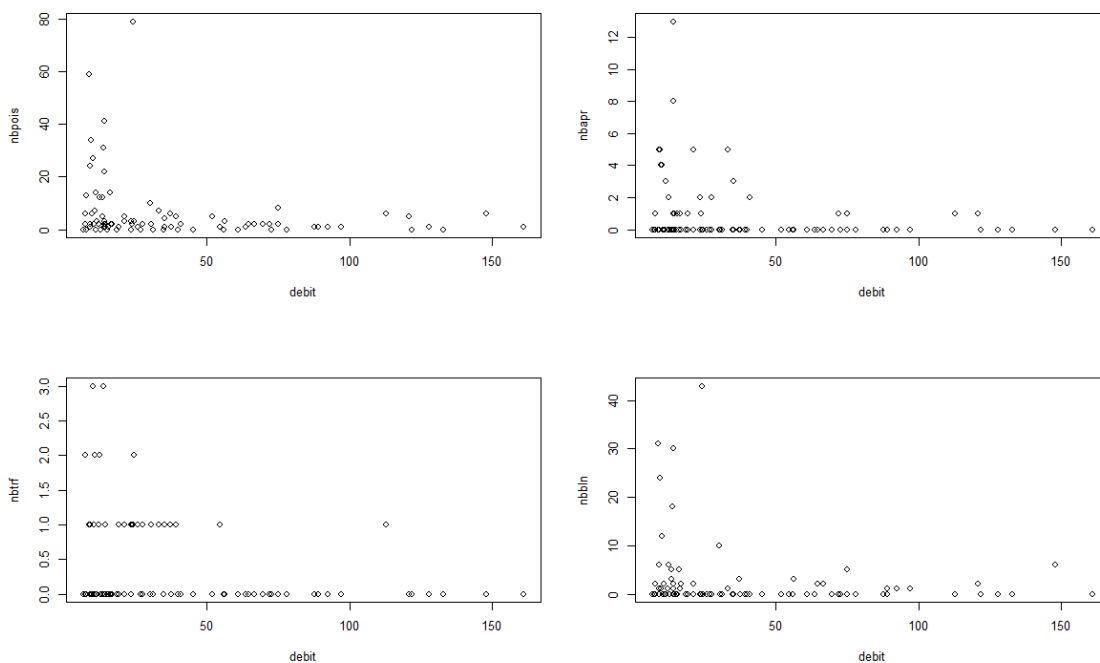
## Influence du débit

### ► Valeur absolue du débit

L'influence du débit sur le nombre de capture a été testée en s'appuyant sur le coefficient de corrélation non-paramétrique de Spearman. L'hypothèse  $H_0$  testée est : « *Absence de corrélation significative entre le débit et le nombre de capture* ».

Tableau 19 : Résultats de tests du coefficient de corrélation de rang de Spearman

	S	p-value	conséquence
Total poisson	164170	0,0106	Rejet de $H_0$
Nombre d'aprons	151800	0,105	Acceptation de $H_0$
Nombre de blageons	151340	0,11	Acceptation de $H_0$
Nombre de truite	153980	0,075	Acceptation de $H_0$



### ► Variation du débit

Il est possible de s'interroger sur l'influence des variations de débit. La distribution du nombre de capture est présentée ci-dessous pour 5 classes d'événement hydrologiques (baisse lente, baisse rapide, stable, montée lente, montée rapide).

Le test de Kruskal Wallis permet de tester l'hypothèse  $H_0$  suivante : « *Pas de relation entre le nombre de capture et les modalités des variations de débit* ».

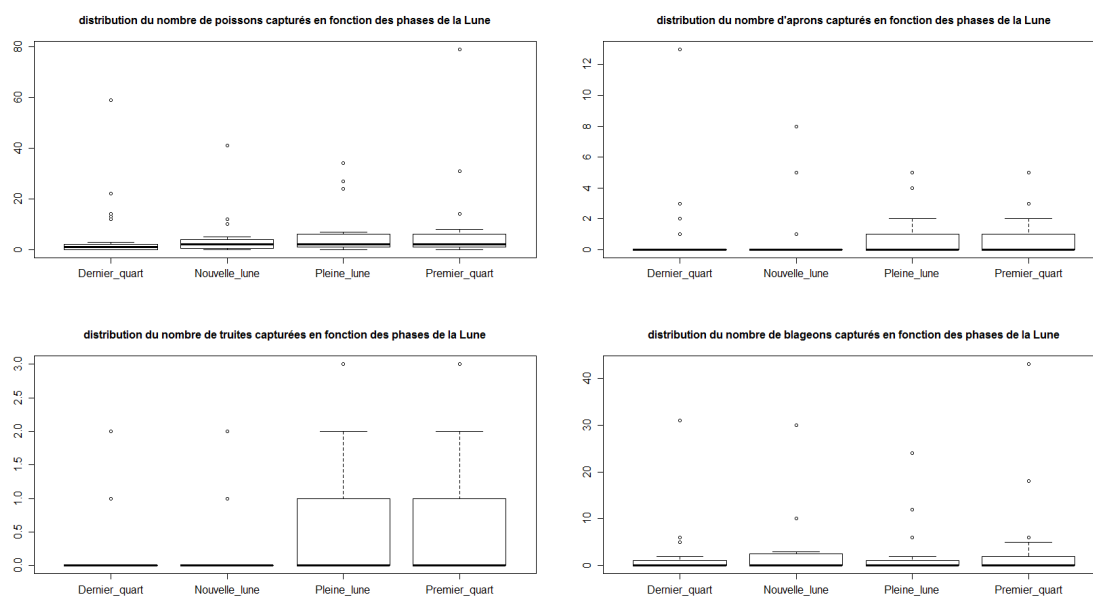


Tableau 20 : Résultats de tests de Kruskal Wallis, étude des variations de débit

	K. W. chi squared	ddl	p-value	conséquence
Total poisson	6.79	4	0,147	Acceptation de H0
Apron	6.08	4	0,19	Acceptation de H0
Blageon	4.97	4	0,28	Acceptation de H0
Truite	8.68	4	0,07	Acceptation de H0

**L'hypothèse H0 est acceptée pour tous les tests, indiquant qu'il n'y a pas de différence significative de nombre de capture suivant les modalités de variation du débit.**

### Phases de la lune



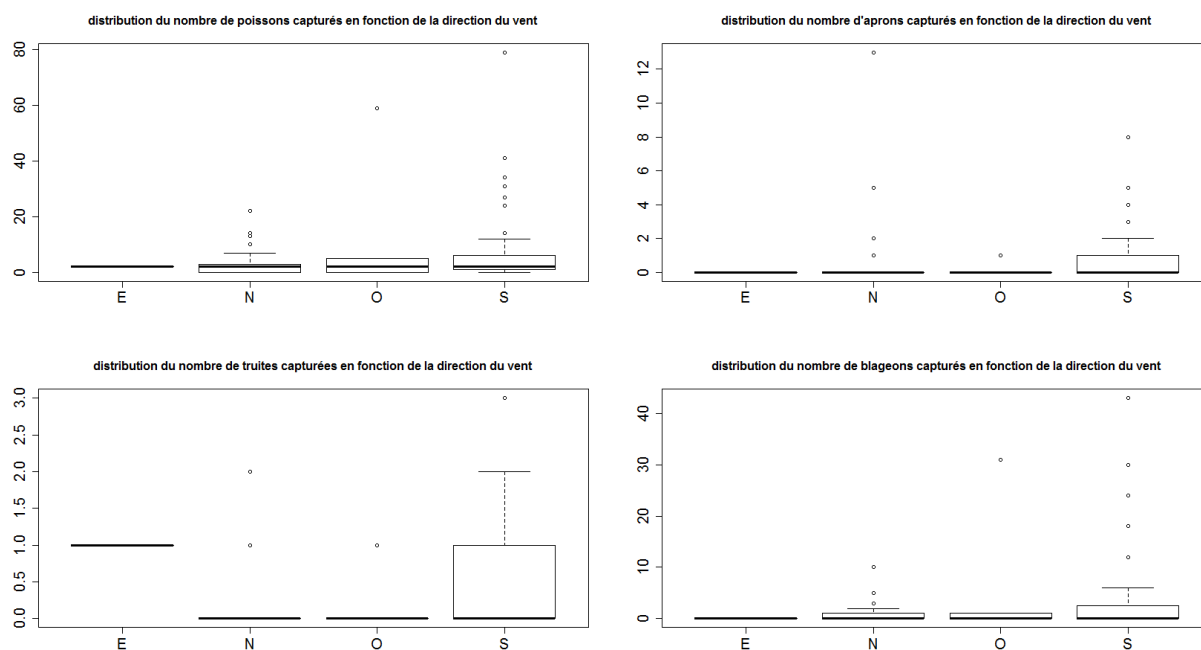
L'influence de la lune sur la distribution des variables est présentée ci-dessous. Pour essayer de valider les tendances observées sur la graphique des rendements, un test de Kruskal Wallis a été effectué. L'hypothèse H0 testée est « *Pas de différence du nombre de captures selon les phases de la lune* ».

**Les résultats des tests ne font pas état de différence significative de nombre de capture entre les différentes phases du cycle lunaire.**

Tableau 21 : Résultats de tests de Kruskal Wallis, étude des phases lunaires

	K. W. chi squared	ddl	p-value	conséquence
Total poisson	3.47	3	0,32	Acceptation de H0
Apron	1.93	3	0,58	Acceptation de H0
Blageon	1.49	3	0,68	Acceptation de H0
Truite	3.22	3	0,35	Acceptation de H0

## Vents dominants



Le test de Kruskal-Wallis a été mis en œuvre pour tester l'hypothèse nulle suivante : « Pas de différence de nombre de captures entre flux de Nord et de Sud ».

Tableau 22 : Résultats de tests de Mann-Whitney, étude de la direction des vents dominants

	K.W. chi squared	p-value	conséquence
Total poisson	3.03	0,38	Acceptation de H0
Apron	2.55	0,46	Acceptation de H0
Blageon	3.9	0,27	Acceptation de H0
Truite	3.9	0,27	Acceptation de H0

Les résultats indiquent que l'hypothèse nulle est acceptée pour toutes les espèces, la tendance à davantage de captures en flux de sud n'est pas validée statistiquement.



Etude s'inscrivant dans le cadre du PNA Apron, animé par le



Et coordonné par la DREAL Rhône-Alpes :



Partenaires financiers du PNA:

