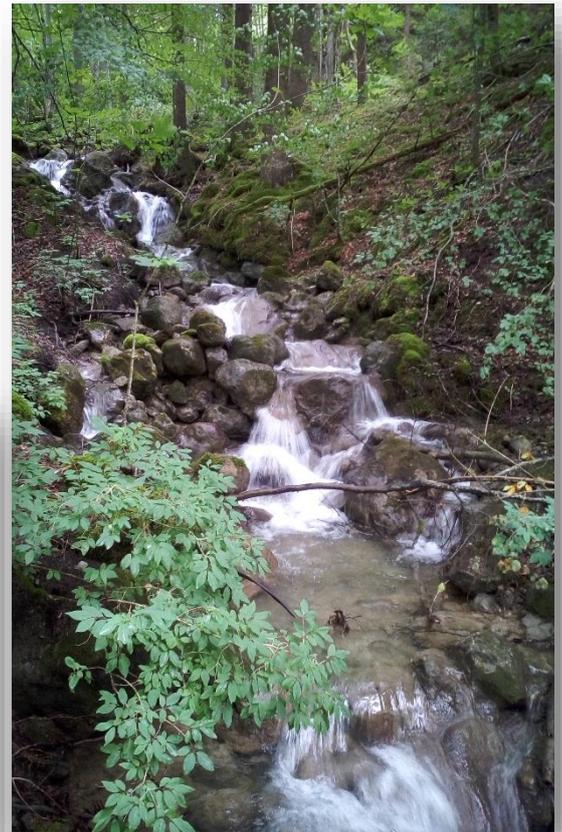


DIAGNOSTIC PISCICOLE DU BASSIN DE LA CHAISE HAUT- SAVOYARDE



BEAUFILS M.

Février 2018

Partenaire financier :

Table des matières

Table des matières.....	2
Table des figures.....	4
Introduction.....	6
Matériel et Méthodes.....	8
1 Description du bassin versant de la Chaise haut-savoyarde.....	8
1.1 Contexte général.....	8
1.2 Contexte réglementaire.....	10
2 Méthode de diagnostic écologique.....	11
3 Investigations à l'échelle du BV.....	12
3.1 Géologie.....	12
3.2 Occupation des sols.....	13
3.3 Continuité écologique.....	13
3.4 Hydrologie.....	13
3.5 Historique des pratiques de repeuplement.....	14
3.6 Usages.....	14
4 Investigations à l'échelle du tronçon.....	14
5 Investigations à l'échelle de la station.....	15
5.1 Qualité thermique.....	16
5.2 Calcul du Niveau Typologique Théorique (NTT).....	17
5.3 Etude du compartiment piscicole.....	18
5.4 Qualité physico-chimique.....	20
Résultats.....	21
6 Evaluation à l'échelle du bassin versant.....	21
6.1 Géologie.....	21
6.2 Occupations des sols.....	22
6.3 Continuité écologique.....	23
6.4 Hydrologie.....	24
6.5 Historique des pratiques de repeuplement.....	25
6.6 Usages.....	26
7 Evaluation à l'échelle du tronçon.....	26
8 Evaluation à l'échelle de la station.....	27
8.1 Qualité thermique.....	27
8.2 NTT.....	37

8.3	Interactions hydrologiques entre la Chaise et le biel de Saint-Ferréol.....	38
8.4	Qualité piscicole.....	40
8.5	Qualité physico-chimique.....	50
	Discussion.....	53
9	De la source à la prise d'eau du biel de Saint Ferréol.....	53
10	De la prise d'eau du biel à la limite départementale.....	54
	Conclusion et perspectives.....	57
	Bibliographie.....	58
	Webographie.....	60
	Annexes.....	61

Table des figures

Figure 1 : Carte des stations historiques sur le bassin haut-savoyard de la Chaise et le linéaire colonisé par la truite commune de souche autochtone.....	6
Figure 2 : Localisation du bassin versant de la Chaise dans le département de la Haute-Savoie (74)...	8
Figure 3 : Débits moyens mensuels au Pont de Soney, station W0425010 (Ugine, 73) sur 16 années consécutives (2001 à 2017). Source : banque hydro (http://www.hydro.eaufrance.fr/stations/W0425010).....	8
Figure 4 : Profil en long du linéaire principal de la Chaise, de sa source à la limite départementale.....	9
Figure 5 : Carte de classement réglementaire du bassin versant de la Chaise en Haute-Savoie.....	11
Figure 6 : Carte représentant les tronçons résultant du découpage cartographique selon les 5 critères que sont la pente, les affluents, la géologie, la forme du fond de vallée et la présence d'obstacles à la libre-circulation piscicole.....	15
Figure 7 : Localisation des stations d'inventaires et de sondages de pêches électriques et de suivis thermiques.....	16
Figure 8 : Carte géologique du bassin versant de la Chaise dans la partie haut-savoyarde (source : swisstopo).....	22
Figure 9 : Occupation des sols sur le bassin versant de la Chaise dans la partie haut-savoyarde.....	23
Figure 10 : Localisation des ouvrages selon leur franchissabilité sur le linéaire de recensement exhaustif des obstacles naturels et artificiels, et du linéaire concerné par un classement en liste 2.	24
Figure 11 : Graphique des débits moyens journaliers à la station W0425010 à Ugine sur une période de 5 ans (2013 à 2017).....	25
Figure 12 : Linéaire de repeuplement en truites communes de 2002 à 2005 par l'AAPPMA Annecy-Rivières.....	25
Figure 13 : Localisation du réseau de sondes thermiques suivi durant l'année 2017.....	28
Figure 14 : Graphique des températures moyennes journalières sur le cours principal de la Chaise.....	29
Figure 15 : (A) Température instantanée maximale et amplitude thermique sur la période étudiée ; (B) Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds ; (C) Durée en jours du préférendum thermique (4-19°C) de la truite commune <i>Salmo trutta</i> sur le cours principal de la Chaise durant l'année 2017.....	30
Figure 16 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température reste supérieure ou égale à 15°C, synonyme d'un risque de développement de la MRP (Maladie Rénale Proliférative) sur le cours principal de la Chaise durant l'année 2017.....	31
Figure 17 : (A) Durée totale (incubation + résorption) en jours de la Phase Embryo-Larvaire (PEL) de la vie sous graviers (de la fécondation à l'émergence) et (B) durée en heures des séquences maximales durant laquelle la température est restée en dessous de 1,5°C et au-dessus de 15°C pendant la période de la PEL sur le cours principal de la Chaise durant l'année 2017.....	32
Figure 18 : Graphique des températures moyennes journalières sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017.....	33

Figure 19 : (A) Température instantanée maximale et amplitude thermique sur la période étudiée ; (B) Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds ; (C) Durée en jours du préférendum thermique (4-19°C) de la truite commune <i>Salmo trutta</i> sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017.....	34
Figure 20 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température reste supérieure ou égale à 15°C, synonyme d'un risque de développement de la MRP (Maladie Rénale Proliférative) sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017.....	35
Figure 21 : (A) Durée totale (incubation + résorption) en jours de la Phase Embryo-Larvaire (PEL) de la vie sous graviers (de la fécondation à l'émergence) et (B) durée en heures des séquences maximales durant laquelle la température est restée en dessous de 1,5°C et au-dessus de 15°C pendant la période de la PEL sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017.....	36
Figure 22 : Graphique des températures moyennes journalières sur le tronçon court-circuité durant l'année 2017.....	37
Figure 23 : Carte des Niveau Typologique Théorique (NTT).....	38
Figure 24 : Carte de localisation des stations de jaugeages.....	39
Figure 25 : Graphique des débits mesurés durant la période d'étiage sur le biel et le TCC.....	40
Figure 26 : Répartition par classe d'abondance de la truite fario sur le bassin versant de la Chaise en Haute-Savoie.....	41
Figure 27 : Comparaison des classes d'abondance observées avec les classes d'abondance théorique des truites fario.....	41
Figure 28 : Répartition par classe d'abondance du chabot sur le bassin versant de la Chaise en Haute-Savoie.....	42
Figure 29 : Comparaison des classes d'abondance observées avec les classes d'abondance théorique des chabots.....	43
Figure 30 : Valeurs de densité de truites (individus/10 ares, bleu) par station à gauche (les points blancs = campagne 2017 ; les points noirs = données 2005 et les points rouges : données 2016) et à droite répartition (box-plot) de ces valeurs (2017 uniquement) sur la totalité du bassin versant de la Chaise, puis uniquement du cours principal.....	45
Figure 31 : Valeurs de biomasses de truites (individus/10 ares, bleu) par station à gauche (les points blancs = campagne 2017 ; les points noirs = données 2005 et les points rouges : données 2016) et à droite répartition (box-plot) de ces valeurs (2017 uniquement) sur la totalité du bassin versant de la Chaise, puis uniquement du cours principal.....	45
Figure 32 : Histogrammes de la densité de truites en fonction de la classe de taille et de l'âge, sur chaque station du cours principal de la Chaise.....	47
Figure 33 : Histogrammes de la densité de truites en fonction de la classe de taille et de l'âge, sur chaque station des affluents et du biel de la Chaise.....	48

Introduction

Dans un souci de gestion durable des populations piscicoles, la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de Haute-Savoie (FDAAPPMA 74) pratique une gestion axée sur la protection et la réhabilitation des milieux. Cette orientation nécessite une bonne connaissance des milieux et implique la réalisation de diagnostic écologique complet à l'échelle du bassin versant.

La FDAAPPMA 74 a réalisé en 2016, en vue d'initier son Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicole (PDPG), une synthèse piscicole de chaque unité homogène de gestion à l'échelle de son territoire. Cette synthèse est basée sur des données existantes d'inventaires et de sondages piscicoles, de thermie, de fonctionnalité des populations de truite, de repeuplement...

En ce qui concerne le bassin versant de la Chaise, le PDPG a mis en évidence un manque certain de données (seulement 4 stations de pêches électriques, Figure 1), et un besoin d'actualiser les données déjà existantes mais vieillissantes (les dernières données datant de 2005). Le bassin de la Chaise abrite une des 6 populations de truites fario de souche méditerranéenne du département de la Haute-Savoie (Caudron *et al.*, 2006).

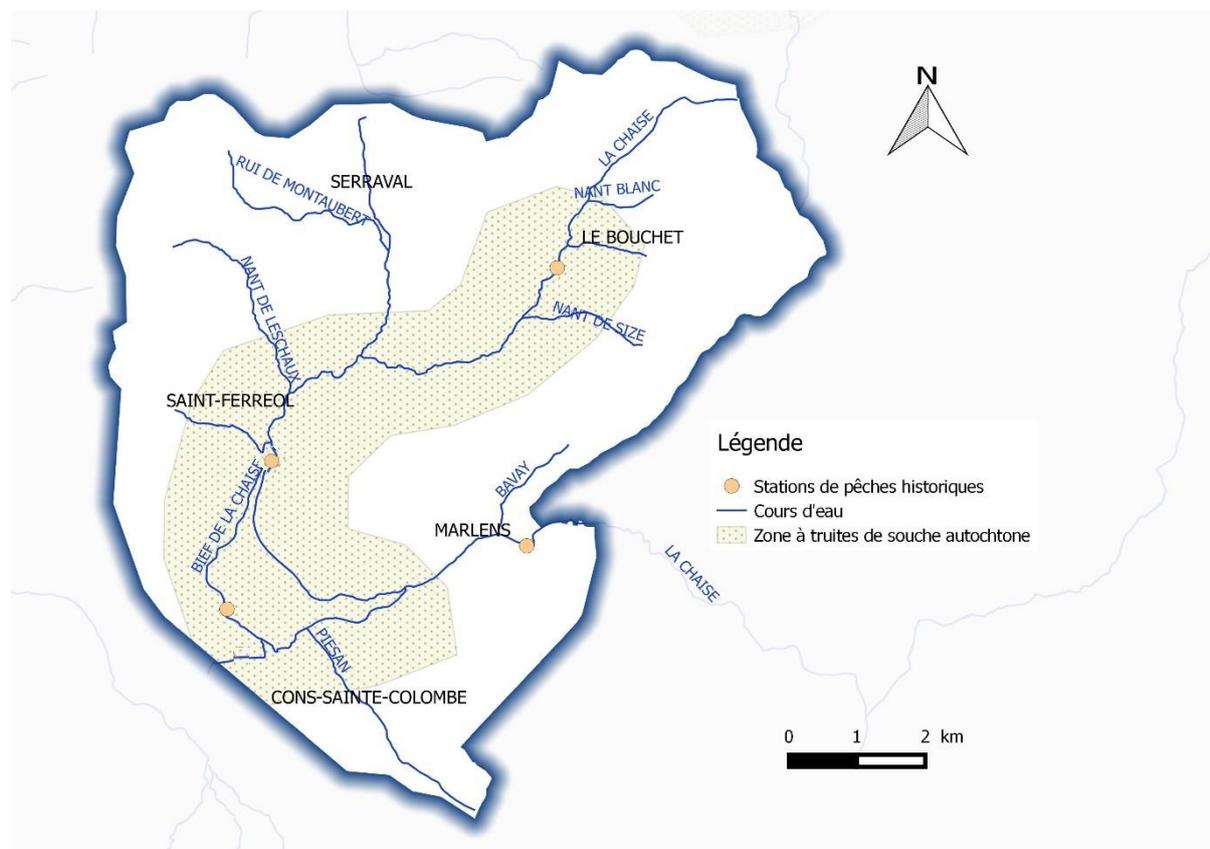


Figure 1 : Carte des stations historiques sur le bassin haut-savoyard de la Chaise et le linéaire colonisé par la truite commune de souche autochtone

Dans le même temps, une étude du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la nappe alluviale de la Chaise et ses interactions avec le biel de Saint-Ferréol a été menée par le SMBVA (Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Arly), de 2014 à 2016. L'étude avait pour objectifs :

- de caractériser le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la Chaise et de sa nappe alluviale pour identifier et quantifier les causes des asssecs constatés sur le tronçon court-circuité de la Chaise en période d'étiage ;
- de déterminer les fonctionnalités de chacun des axes d'écoulement (Chaise et biels) vis-à-vis des milieux aquatiques en jeu ;
- de préconiser un mode de gestion des vannes entre la Chaise et le biel de Saint Ferréol.

La FDAAPPMA 74 est intervenue dans les discussions car les enjeux piscicoles sont importants. Effectivement, le noyau de la population de truites de souche autochtone est situé dans le biel de Saint-Ferréol. Un changement de gestion pourrait modifier, voire compromettre grandement son bon fonctionnement.

C'est ainsi que la priorité de réaliser un diagnostic piscicole a été mise sur le bassin versant de la Chaise dans sa partie haut-savoyarde durant l'année 2017, qui a pour objectifs :

- d'établir un état des lieux initial avant modification de la gestion du biel et de la Chaise en ce qui concerne la partie aval du cours d'eau en Haute-Savoie (modification prévue à partir de l'année 2018) ;
- d'actualiser les données déjà existantes et de combler les points manquants afin d'enrichir les connaissances du territoire dans le cadre de l'actualisation du prochain PDPG (2021) ;
- de disposer de suffisamment de données pour pouvoir choisir un échantillon représentatif de stations qui seront inscrites dans l'observatoire départemental et suivies chaque année. En effet, le suivi des populations piscicoles trouve toute sa pertinence si les stations piscicoles sont suivies chaque année afin d'approcher la dynamique de la variabilité interannuelle naturelle des abondances. Toutefois, comme il est impossible de suivre toutes les stations de tous les cours d'eau du département, le choix de stations représentatives du bassin s'impose.

Matériel et Méthodes

1 Description du bassin versant de la Chaise haut-savoiarde

1.1 Contexte général

La Chaise est un cours d'eau située sur 2 départements: elle prend sa source au sud de la Haute-Savoie (Figure 2), sur la commune du Bouchet-Mont Charvin au pied du Mont Charvin à 1400 m d'altitude; puis rejoint l'Arly à Ugine (405 m d'altitude), en Savoie 27,3 km plus loin. La plaine alluviale de la Chaise sépare le massif des Bauges de celui des Bornes - Aravis et occupe la cluse glaciaire d'Annecy. Le bassin se situe dans un climat continental humide avec plus de 1000 mm de précipitations par an.

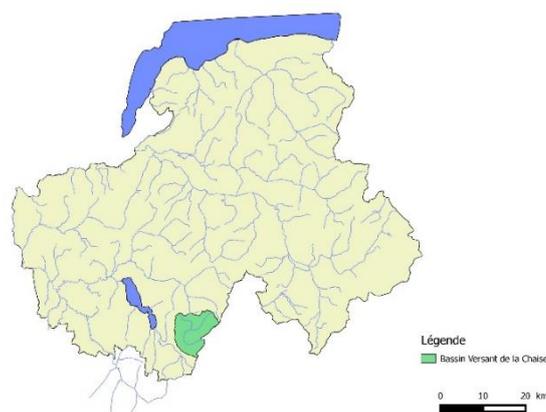


Figure 2 : Localisation du bassin versant de la Chaise dans le département de la Haute-Savoie (74)

La Chaise draine un bassin versant de 104 km², dont ses principaux affluents proviennent du massif du Charvin et de la Tournette : le ruisseau des Marais et le Nant de Leschaux. A la sortie des gorges, la Chaise entre dans un cône de déjection sur lequel les apports hydrologiques sont très limités. Son régime hydraulique est de type pluvio-nival avec une période de hautes eaux printanières lors de la fonte des neiges et de basses eaux en période estivale (Figure 3).

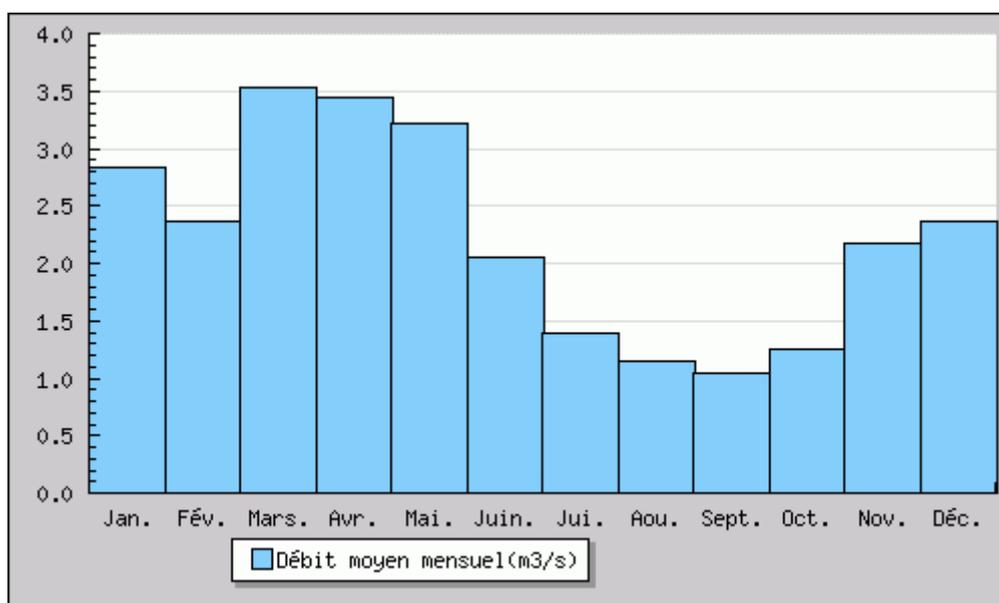


Figure 3 : Débits moyens mensuels au Pont de Soney, station W0425010 (Ugine, 73) sur 16 années consécutives (2001 à 2017). Source : banque hydro (<http://www.hydro.eaufrance.fr/stations/W0425010>)

On peut distinguer 3 sous-territoires du bassin versant dans la partie haut-savoyarde (Figure 4) :

Le secteur des gorges : de la source jusqu'à la prise d'eau du biel, la Chaise se comporte comme une rivière à régime torrentiel, en raison d'une forte pente.

Le secteur court-circuité et le biel : dès son entrée sur la commune de Saint-Ferréol, la pente du lit devient plus modérée. Une prise d'eau permet la dérivation du biel de Saint Ferréol. Les atteintes anciennes du lit de la Chaise dans ce tronçon ont induit une incision du lit.

Le secteur aval : la Chaise récupère les eaux du biel, elle est marquée ici par de nombreuses érosions de berges. Dans la partie extrême aval (dans le département de la Savoie), on note quelques enrochements et des rejets polluants (activités industrielles).

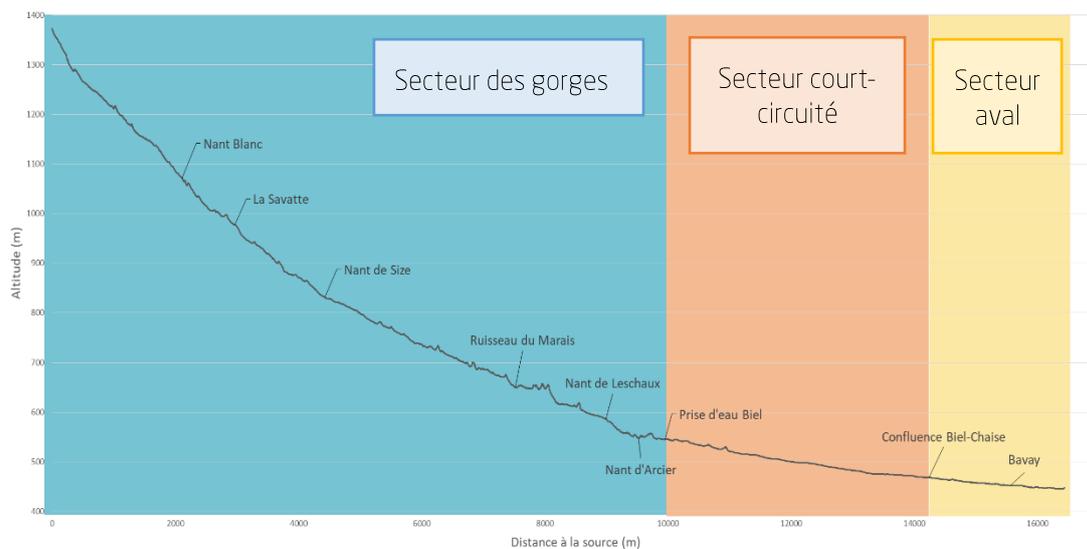


Figure 4 : Profil en long du linéaire principal de la Chaise, de sa source à la limite départementale

A la sortie des gorges de la Chaise, une prise d'eau est présente afin de dériver une partie des eaux de la Chaise dans le Biel de Saint Ferréol (rive droite de la Chaise), permettant ainsi une alimentation en eau de 9 anciennes usines dont 2 seulement utilisent encore la force motrice du biel.

Ce biel court-circuite la Chaise sur 6 km, et suivrait le tracé d'un affluent de la Chaise, le Nant d'Arcier, lui-même modifié afin de rejoindre la Chaise en amont de la prise d'eau du biel. Les apports hydrologiques rive droite qui allaient auparavant dans la Chaise, ont été détournés vers le biel. Sur le tronçon court-circuité, la Chaise ne reçoit quant à elle aucun affluent. Le biel reçoit les eaux de l'Eau Morte (affluent du lac d'Annecy) via le biel de Faverges, mais aussi quelques petits affluents non permanents tels que le Nant de la Reine dans la partie amont et le Piézan dans la partie aval.

Dans la traversée du village de Saint-Ferréol, le tracé du biel est rectifié entre des murs bétonnés. Dans les parties amont et aval du village, le biel possède un caractère plutôt attractif pour la faune aquatique avec des substrats et des écoulements plus hétérogènes (Vigier *et al.*, 2009).

Concernant le tronçon court-circuité, la bande active du lit de la Chaise a été fortement réduite (chenal unique) sur la partie amont (Pont des Bossons jusqu'au Pont de Chenay) afin de permettre l'urbanisation et l'implantation d'activités (Figure 5). Suite à la forte érosion du nouveau lit, une série d'une dizaine de seuils a été réalisée (Eau & Territoires, 2010).

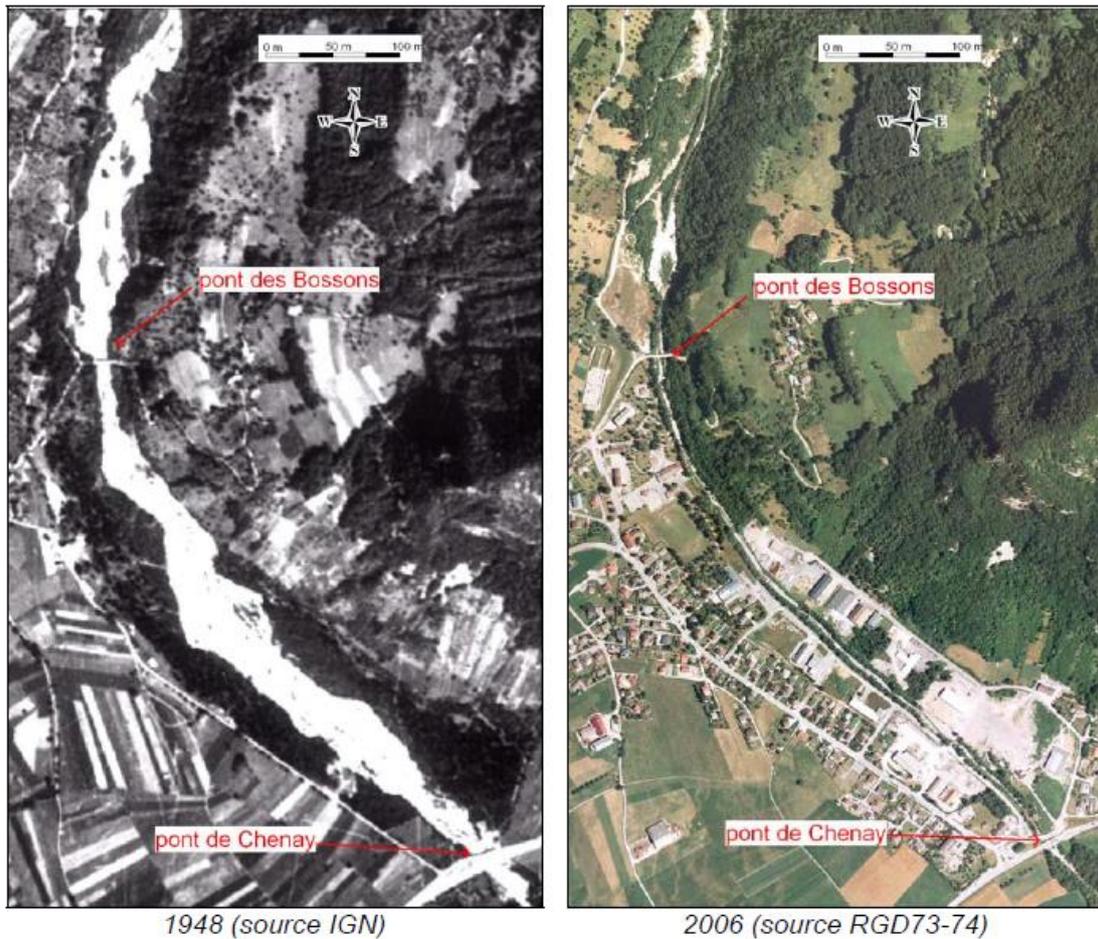


Figure 5 : Comparaison par photos aériennes du lit de la Chaise entre 1948 et 2006 (source : Eau & Territoires, 2010).

La Chaise a connu des extractions massives de matériaux à Saint Ferréol et Marlens par les entreprises de travaux publics locales.

1.2 Contexte réglementaire

Le bassin de la Chaise est constitué par une seule masse d'eau (SDAGE 2016-2021) classée en état écologique moyen (Tableau 1), avec un objectif d'atteinte de bon état fixé à l'échéance la plus longue : 2027. Cette masse d'eau est dans son intégralité en réservoir biologique.

Tableau 1 : Etat écologique et chimique de la masse d'eau du torrent de la Chaise au titre du SDAGE 2016-2021

Code masse d'eau	Libellé masse d'eau	Code sous bassin	Libellé sous bassin	Statut masse d'eau	Etat écologique	Etat chimique avec ubiquistes	Etat chimique sans ubiquiste
FRDR11525	torrent la chaise	ID_09_08	Val d'Arly	Masse d'eau naturelle	Moyen	Bon	Bon

Le cours principal de la Chaise est classé en liste 1 de l'article L214-17 du code de l'environnement (établi sur la base des réservoirs biologiques), ainsi que le ruisseau du Marais (Figure 6). L'objectif de ce classement est la non dégradation des milieux aquatiques. Ce même linéaire est reconnu d'intérêt écologique par le SRCE (Schéma Régional de Cohérence Ecologique) Rhône-Alpes. De plus, la partie aval de la Chaise (de la confluence du ruisseau des Marais avec la Chaise jusqu'à la limite

départementale) est classée en liste 2, c'est-à-dire que ce tronçon nécessite des actions de restauration de la continuité écologique.

Le nord-ouest du bassin (Nant de Leschaux et ruisseau de Montaubert) est concerné par la zone Natura 2000 (directive habitats, faune, flore) du Massif de la Tournette en bon état de conservation. Le nord-est du bassin (source de la Chaise) est quant à lui inscrit dans le site Natura 2000 des Aravis (les 2 directives, habitats, faune, flore et oiseaux sont représentées). Ce site est favorable aux galliformes de montagne tels que le tétra lyre et le lagopède alpin entre autre et à certains rapaces tels que le gypaète barbu ou l'aigle royal (INPN).

Enfin, certaines zones sur le bassin versant sont des réservoirs de biodiversités au sens du SRCE Rhône-Alpes.

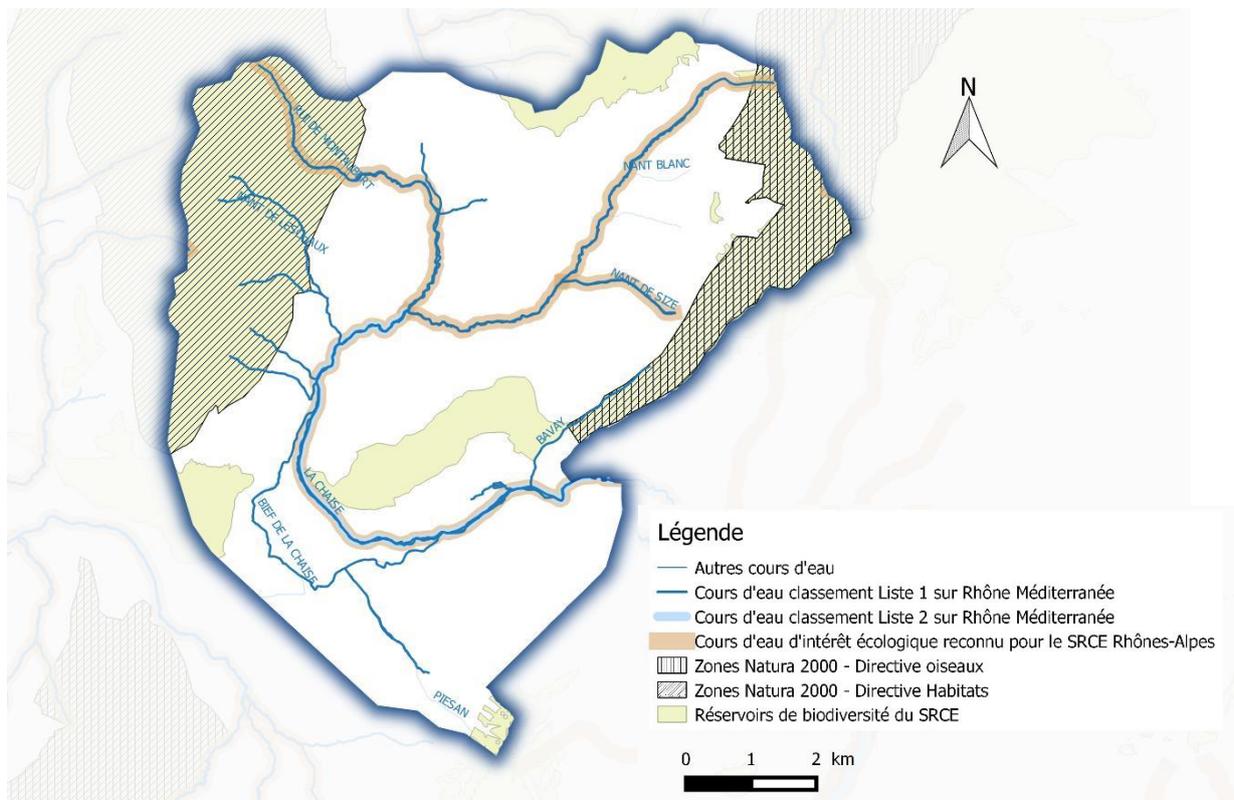


Figure 6 : Carte de classement réglementaire du bassin versant de la Chaise en Haute-Savoie

2 Méthode de diagnostic écologique

Un diagnostic écologique de cours d'eau à l'échelle du bassin versant s'établit par l'intermédiaire d'investigations réalisées à trois échelles de travail : bassin versant, tronçon et station. Cette méthode de travail, dite par "échelles emboîtées", est largement répandue et est préconisée par les agences de l'eau (Vigier *et al.*, 2010).

Les objectifs de ce type d'approche sont :

- de travailler du général vers le particulier. Les investigations menées à l'échelle du bassin versant permettent d'orienter les recherches aux échelles plus locales ;

- de croiser les diverses informations récoltées aux différentes échelles. La confrontation de données de natures diverses, réalisées principalement par le biais de la spatialisation des données permet de mettre en évidence certaines relations causes-impacts.

Le Tableau 2 reprend de manière synthétique les investigations qui seront menées pour les différents descripteurs renseignés aux différentes échelles emboîtées.

Tableau 2 : Descripteurs utilisés à différentes échelles pour établir le diagnostic écologique du bassin versant (Vigier et al., 2010)

Descripteurs	BV	Tronçon	Station
Caractéristique BV	Géologie Climatologie Hydrologie		
Occupation des sols	Surfaces boisées Surfaces exploitées par l'agriculture (type), densité de population		
Historique alevinage	Evolution des pratiques de repeuplement		
Usages	Prélèvements Assainissement Relevé des impacts directs	Recensement rejets + autres éléments notables	
Habitat physique		Diversité de l'habitat, Description des successions de faciès par tronçon <i>Non réalisé durant l'année 2017, description succincte</i>	
Suivi thermique			Cycle annuel complet <i>21 stations</i>
Peuplement piscicole			Pêche électrique d'inventaire <i>17 stations</i>
Physico-chimie			NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , conductivité, pH, température <i>9 stations</i>

3 Investigations à l'échelle du BV

3.1 Géologie

La géologie a été étudiée à partir des données lithologiques contenue dans les fichiers SIG de l'Office fédéral de topographie swisstopo.

L'étude de la géologie permettra de mieux comprendre le fonctionnement des écoulements superficiels (e.g. connexions avec la nappe d'accompagnement) et d'expliquer certains paramètres physico-chimiques (e.g. pH, dureté de l'eau, turbidité).

3.2 Occupation des sols

L'occupation des sols du bassin versant de la Chaise est décrite via des données géolocalisées de plusieurs origines :

- « BATI_INDIFFERENCIE » de la BDTPO 2016 ;
- Le recensement des zones humides de Haute-Savoie ([haute-savoie.gouv](http://haute-savoie.gouv.fr)) ;
- Le recensement des rejets de station d'épuration de Rhône-Alpes ([d@tARA.gouv](mailto:d@tARA.gouv.fr)) ;
- Corine Land Cover (CLC 2012).

Des regroupements de modalités ont été effectués lorsque celles-ci étaient proches dans le but de limiter le nombre de catégorie (e.g. les différents types de bâti et de cultures agricoles ont tous été regroupés).

L'étude de l'occupation des sols permet d'avoir une vision globale et spatialisée des activités sur le bassin versant. Celle-ci permettra éventuellement de faire ressortir certaines pressions sur le milieu et apportera des éléments pour mieux comprendre les résultats physico-chimiques, physiques et biologiques observés.

3.3 Continuité écologique

L'étude de la continuité écologique a été menée sur la base du Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE) réalisé par l'ONEMA (actuellement AFB) en collaboration avec la FDAAPPMA74 en 2010, actualisé depuis.

3.4 Hydrologie

L'hydrologie de la Chaise sera étudiée via l'unique station limnimétrique d'Ugine (Pont de Soney W0425010) située dans la partie aval du cours d'eau, en Savoie. L'étude des zones soumises à des assecs, notamment en ce qui concerne le tronçon court-circuité (TCC) de la Chaise au vu des enjeux actuels, est basée sur la connaissance des acteurs locaux, sur l'étude du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la Chaise, de la nappe alluviale et interactions avec les biels (SMBVA, 2013, 2014 & 2015), ainsi que sur des campagnes de jaugeages réalisées sur le biel et le TCC durant la période estivale 2017. Ce dernier point sera traité à l'échelle stationnelle dans une partie distincte de l'hydrologie globale du bassin versant.

Les débits serviront à expliquer les résultats biologiques observés et à montrer l'incidence de débits trop faibles sur les populations piscicoles en jeu.

De plus, les débits mesurés via les jaugeages sur le biel et le TCC serviront à justifier le besoin en eau sur les secteurs les plus riches en terme piscicole.

3.5 Historique des pratiques de repeuplement

Les pratiques de repeuplement n'ont plus lieu sur le bassin haut-savoyard de la Chaise depuis 2005, à la suite de la découverte de la population de truites de souche autochtone. Les déversements anciens n'ont pas d'incidences majeures directes sur les quantités de poissons observées actuellement. Néanmoins, ils peuvent expliquer l'existence actuelle de certaines populations de truites (devenues pérennes par la suite) dans certaines zones difficilement accessibles naturellement (certains affluents de la Chaise). Ainsi, une carte des linéaires alevinés sera présentée afin de visualiser les cours d'eau susceptibles d'avoir été colonisés de manière artificielle. Les données proviennent de l'AAPPMA Annecy-rivières, depuis 2002.

3.6 Usages

Une synthèse des usages de l'eau sur le bassin de la Chaise basée sur le Schéma de conciliation des usages et des ressources en eau du bassin versant de l'Arly et de ses affluents (Cabinet Merlin), rédigé en 2010 dans le cadre du contrat de rivière Arly Doron Chaise, sera effectuée.

4 Investigations à l'échelle du tronçon

Le réseau hydrographique principal a été découpé en tronçons homogènes à partir des critères suivants, listés par leur ordre d'importance :

- les ruptures de pente ;
- les confluences majeures ;
- la géologie ;
- la forme du fond de vallée ;
- la présence de seuils infranchissables.

Il en résulte 13 tronçons homogènes pour le cours principal de la Chaise et 23 sur les affluents/biels. La Figure 7 fait état de la localisation et des limites de ces derniers.

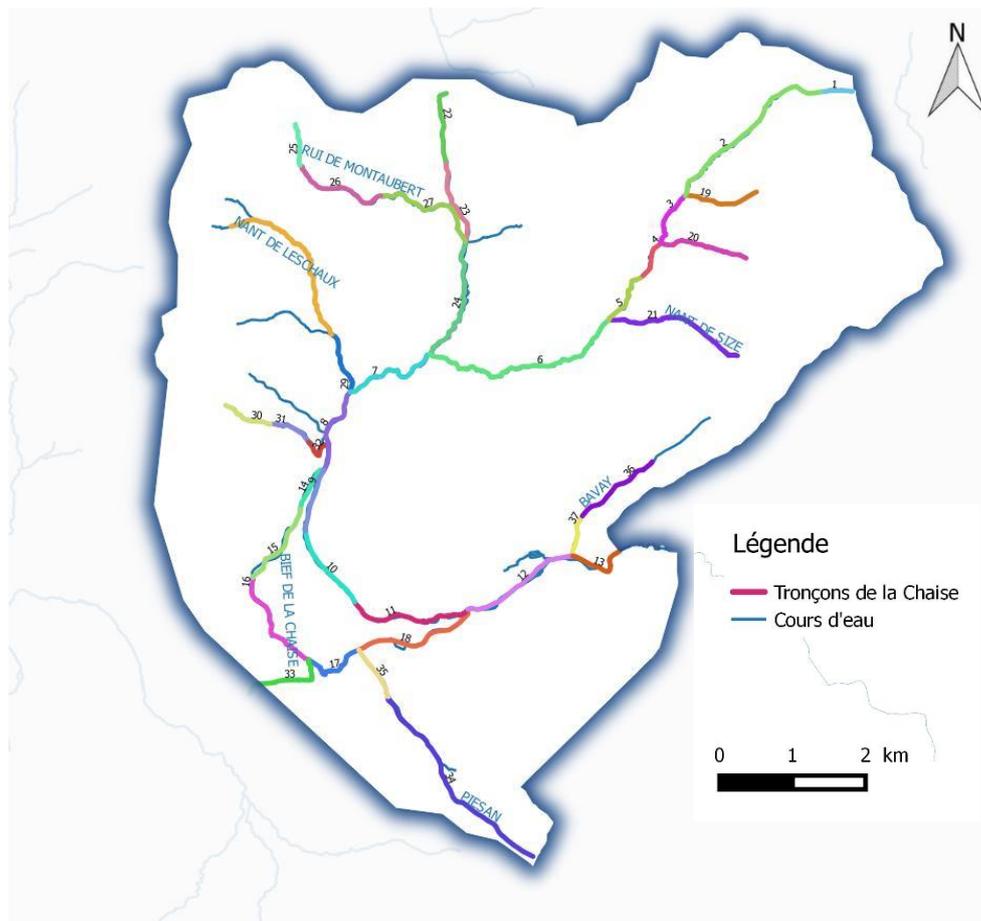


Figure 7 : Carte représentant les tronçons résultant du découpage cartographique selon les 5 critères que sont la pente, les affluents, la géologie, la forme du fond de vallée et la présence d'obstacles à la libre-circulation piscicole

L'étude de la qualité physique n'a pas été réalisée par la FDAAPPMA 74. Des résultats tirés de l'étude multifonctionnelle du bassin versant de l'Arly préalable au contrat de rivière Arly Doron Chaise (Cidee, 2008) sur des tronçons plus larges seront synthétisés. Attention toutefois, ces résultats ayant été effectué 10 ans auparavant, le cours d'eau est susceptible d'avoir évolué. La méthode utilisée par le bureau d'étude est basée sur le guide technique pour la gestion des boisements de rivières (1998) et le guide de gestion des forêts riveraines de cours d'eau (Dufour, 2004).

5 Investigations à l'échelle de la station

Ce premier découpage cartographique a par la suite permis de déterminer le nombre et l'emplacement des stations de pêches électriques d'inventaires et des stations de suivi thermique. Tous les tronçons ne pouvant faire l'objet d'investigations complètes (pêche électrique, suivi thermique, physico-chimique...) en raison d'un nombre de stations limités, une sélection a été faite selon plusieurs critères tels que :

- stations de pêche existantes (historiques) ;
- secteurs connus comme étant piscicole ;
- secteurs dont les enjeux actuels nécessitent une meilleure connaissance de l'état des populations piscicoles. Il s'agit ici des secteurs du biel et du tronçon court-circuité de la Chaise dont le mode de gestion sera prochainement modifié ; un état initial est donc nécessaire pour comparer les effets du changement.

Les emplacements sont ensuite affinés sur le terrain avec des prospections de linéaire pour tenter de placer les stations dans les zones les plus représentatives des tronçons.

Ainsi, 17 stations de pêches électriques d'inventaires et 4 stations de pêches électriques de sondage ont été positionnées et sont présentées dans la carte de la Figure 8 ci-dessous. Toutes ces stations sont accompagnées d'un suivi thermique.

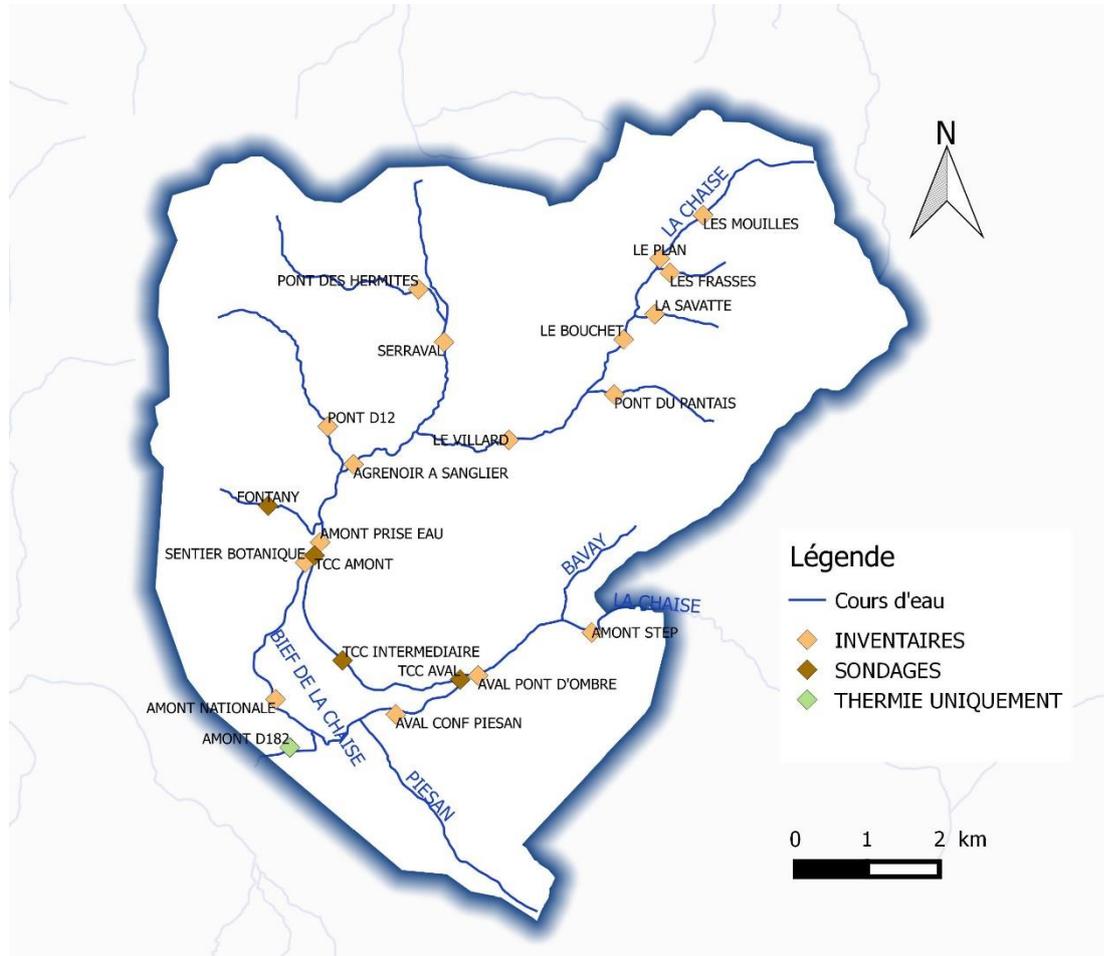


Figure 8 : Localisation des stations d'inventaires et de sondages de pêches électriques et de suivis thermiques

5.1 Qualité thermique

La température est un facteur déterminant de la qualité du milieu aquatique, notamment pour les cours d'eau salmonicoles. Aussi, pour bien appréhender ce paramètre, des thermogrammes sont posés sur les stations d'étude (Figure 8 ci-dessus), soient 22 au total (21 stations de pêche + 1 sonde sur le bief de Faverges, non inventorié) et enregistrent la température de l'eau au pas de temps horaire sur un cycle annuel complet. Toutes les modalités de pose des enregistreurs, de validation et de traitement des données thermiques sont décrites dans le manuel d'utilisation de la Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux milieux aquatiques (MACMASalmo, Dumoutier *et al.*, 2010). Les données brutes permettent de caractériser, sur chaque station, 30 variables thermiques différentes à l'aide de cette macro (Dumoutier *et al.*, 2010). Parmi ces variables, la valeur de la température moyenne calculée sur les 30 jours les plus chauds (Vernaux, 1973) sera utilisée pour le calcul du niveau typologique théorique. Les autres variables sont utilisées dans le but d'évaluer les

potentialités piscicoles ainsi que les conséquences biologiques potentielles pour la truite commune des contraintes thermiques (Tableau 3).

Tableau 3 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température (Dumoutier et al., 2010)

Catégorie	Code variable	Désignation succincte
Rappel	Dd Période	Date de début de la période étudiée
	Df Période	Date de fin de la période étudiée
	Durée	Durée de la période en jours
Thermie générale	Ti min	Température instantanée minimale
	Ti max	Température instantanée maximale
	ATi	Amplitude thermique sur la période étudiée
	Ajmax Ti	Amplitude thermique journalière maximale
	D Ajmax Ti	Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été observée
	Tmj min	T° moyenne journalière minimale
	Tmj max	T° moyenne journalière maximale
	ATmj	Amplitude thermique des moyennes journalières
	D Tmj max	Date à laquelle la T° instantanée maximale a été observée
	Tmp	T° moyenne de la période
	Tm30j max	T° moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Dd Tm30j max	Date de début de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Df Tm30j max	Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
Préferendum thermique	Nbj Tmj 4-19	Nombre total de jours durant lesquels la T° est comprise entre 4 et 19°C
	%j Tmj 4-19	Pourcentage de jours où la T° moy journalière est comprise entre 4 et 19°C
	Dd Tmj <4	Date à laquelle la T° moy journalière est pour la première fois < 4°C
	Df Tmj <4	Date à laquelle la T° moy journalière est pour la dernière fois < 4°C
	%j Tmj<4	Pourcentage de jours où la T° moy journalière est < 4°C
	%j Tmj>19	Pourcentage de jours où la T° moy journalière est > 19°C
	Nb Ti > 19	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est > 19°C
	Nb sq Ti > 19	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent > 19°C
	Nbmax Ti csf > 19	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent > 19°C
	Nb Ti >= 25	Nombre d'heures totales où la T° est ≥ 25°C
	Nb sq Ti >= 25	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent ≥ 25°C
Nbmax Ti csf >= 25	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent ≥ 25°C	
Développement potentiel MRP	Nb Ti >= 15	Nombre d'heures totales où la T° est ≥ 15°C
	Nb sq Ti >=15	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent ≥ 15°C
	Nbmax Ti csf >=15	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent ≥ 15°C
Phase de vie embryo-larvaire (PEL)	D50 ponte	Date médiane de ponte rentrée par l'utilisateur
	Nbj Inc	Nombre de jours d'incubation
	D50 Ecl	Date médiane d'éclosion
	Nbj Rsp	Nombre de jours de résorption
	Nbj PEL	Nombre total de jours de la phase de vie Embryo-Larvaire
	D50 Emg	Date médiane d'émergence
	Nb Ti > 15 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° est > 15°C pendant la PEL
	Nb sq Ti > 15 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T° restent > 15°C
	Nbmax Ti csf > 15 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T° restent > 15°C
	Nb Ti < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° est < 1,5°C pendant la PEL
	DNb sq Ti < 1.5 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T° restent < 1,5°C
Nbmax Ti csf < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T° restent < 1,5°C	

5.2 Calcul du Niveau Typologique Théorique (NTT)

La détermination de l'appartenance typologique d'une station (Verneaux, 1976) permet de définir les populations référentielles de poissons et de macroinvertébrés sur la base des caractéristiques mésologiques de la station. Il s'avère donc intéressant dans le cadre de la comparaison peuplement de référence/peuplement observé.

En prenant en compte 6 paramètres mésologiques à travers les 3 facteurs fondamentaux que sont les facteurs thermique, trophique et morphodynamique, il est possible de calculer le niveau typologique théorique d'une station de cours d'eau.

- le facteur thermique T_1 prend en compte la moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds (θ_{\max});
- le facteur géotrophique T_2 est fonction de la distance à la source (d_0 en km) et de la dureté calco-magnésienne (D en mg/L);
- le facteur morphodynamique T_3 est lié à la section mouillée à l'étiage (S_m en m²), à la pente du lit (p en ‰) et à la largeur du lit mineur (l en m).

Chaque facteur, composante du niveau typologique, se calcule de la manière suivante :

$$T_1 = 0,55 \theta_{\max} - 4,34$$

$$T_2 = 1,17 [\ln (d_0 \times D / 100)] + 1,50$$

$$T_3 = 1,75 [\ln (S_m / (p \times l) \times 100)] + 3,92$$

Le niveau typologique théorique (NTT) s'obtient grâce à une formule finale :

$$T_{th} = 0,45 \times T_1 + 0,30 \times T_2 + 0,25 \times T_3$$

Les NTT seront calculés sur 9 stations du cours principal de la Chaise, correspondant aux 9 stations qui feront l'objet d'analyses physico-chimiques et dont on aura les valeurs de dureté calco-magnésienne (voir 5.4 Qualité physico-chimique).

5.3 Etude du compartiment piscicole

Les échantillonnages piscicoles sont réalisés par pêche électrique d'inventaire selon la méthode par enlèvement successif (De Lury, 1951) entre le 31 mai et le 18 juillet 2017.

A noter que la station la plus amont sur le cours principal de la Chaise (station Les Mouilles) n'était pas prévue initialement dans le diagnostic. Elle a été ajoutée suite à un glissement de terrain ayant eu lieu sur un affluent supposé apiscicole (ruisseau des Mouilles) situé juste en aval de cette station, mais en amont de toutes les autres, fin août 2017. Le glissement est susceptible d'avoir eu un impact sur la Chaise en raison d'un apport sédimentaire conséquent ayant duré plusieurs semaines et ayant peut-être induit un colmatage. Cet évènement a eu lieu à la suite du diagnostic, les résultats décrits ici ne seront donc pas impactés. Toutefois, s'il s'avère que ce glissement a pu avoir des conséquences sur les populations piscicoles, il est apparu utile d'ajouter une station en amont et donc non impactée afin d'avoir des éléments de comparaison. D'après les riverains, les glissements de terrains sont assez fréquents sur ce bassin versant, mais celui de cet été 2017 reste tout de même d'une ampleur bien supérieure de par la quantité de matériaux ayant glissé dans la Chaise.

Les inventaires piscicoles ont été complétés par des pêches de sondage sur le tronçon court-circuité de la Chaise. Effectivement, cette partie de cours d'eau sèche très régulièrement chaque année en période de basses eaux. L'absence fréquente d'eau ne permet pas l'installation d'une population piscicole pérenne. La réalisation de sondages (ici, des pêches sur des tronçons d'environ 200 m à 1 seul passage) ne permet pas de quantifier une population, mais d'avoir une vision qualitative des espèces pouvant temporairement peupler le linéaire. Ainsi, les données sur ces stations ne seront pas traitées avec les données d'inventaires.

5.3.1 Densités biomasses

Les résultats des inventaires sont analysés sur le plan quantitatif (estimation des densités et biomasses selon Carle & Strub (1978)) et qualitatif (cortège d'espèces présentes).

Des résultats détaillés de densités et biomasses sont présentés pour l'espèce truite commune (truite fario). Ces résultats sont comparés au standard départemental (PDPG, 2016) afin de définir un statut à la population (conforme, moyen, perturbé ou dégradé). Ce standard départemental des abondances en truite commune a été établi pour décrire l'état des populations de truite commune au travers des abondances relevées, en l'absence de données quantitatives anciennes pouvant servir à établir une référence et dans un souci de ne pas comparer les abondances actuelles à une référence purement empirique. Ce standard a été défini à partir de 151 données d'inventaire issues de la base de données fédérale, qui ont été sélectionnées pour être statistiquement comparables ; c'est-à-dire satisfaisant la condition de Seber-Lecren (1967), validées statistiquement par l'estimateur de Carle & Strub (1978) et ne caractérisant qu'une seule station (le meilleur résultat en termes d'abondance ayant été conservé lorsqu'une station était caractérisée par plusieurs résultats d'inventaire).

5.3.2 Analyse de la structure en classe de taille des populations de truite commune

La structure de la population de truite est étudiée par l'intermédiaire de l'histogramme fréquence / taille. Les cohortes déficitaires peuvent être un indice précieux dans la précision de certains mécanismes de perturbations.

5.3.3 Analyse de la structure d'âge des populations de truite commune

Au cours de chaque pêche électrique d'inventaire, un prélèvement d'écaillés est réalisé sur un maximum de 60 individus répartis dans toutes les classes de taille afin de déterminer leur âge. Cette analyse apporte une information sur la croissance et la dynamique de la population.

Les prélèvements d'écaillés se font dans la zone standardisée pour les salmonidés (Ombredane & Richard, 1990). Le traitement et la lecture des écaillés se fait au laboratoire à l'aide d'un lecteur microfiches.

5.3.4 Etat des peuplements piscicoles en Savoie

La Chaise termine son cours dans le département de la Savoie. La FDPPMA 73 possède 2 stations de suivies sur le cours principal de la Chaise dans leur territoire, dont une a été suivie régulièrement et récemment. Les données de 2013, 2014 et 2015 nous ont été transmises.

5.3.5 Population autochtone : volet génétique

Le programme INTERREG III-A « Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie » a permis d'identifier plusieurs populations de truites fario de souche autochtone (méditerranéenne) (Caudron *et al.*, 2006), dont une se situant dans le bassin versant de la Chaise. Les taux d'introgression par les allèles atlantiques sont les suivants : 32% sur la Chaise amont ; 22% juste en amont de la prise d'eau du biel et 17% sur le biel de Saint-Ferréol. Une population est dite « de souche méditerranéenne » lorsque ses allèles comportent moins

de 25% d'introgession par les atlantiques. C'est donc sur la population du biel que le taux d'introgession est le plus faible et a permis de qualifier le bassin versant de la Chaise de « zone à autochtone » avec un taux d'introgession moyen de 23,6%. Toutefois, cette population a été qualifiée de fragile du fait de sa petite aire de répartition et des faibles densités de géniteurs (la densité la plus élevée a été observée dans le biel) (Caudron *et al.*, 2006).

Lors des pêches électriques du présent diagnostic piscicole, des prélèvements de fragments de nageoires adipeuses ont été réalisés sur les individus $\geq 2+$ (l'âge n'étant pas connu au moment des prélèvements, la scalimétrie permettra de ne sélectionner que les géniteurs potentiels c'est-à-dire à partir de 2+), afin d'affiner les connaissances génétiques de cette population. Les prélèvements seront envoyés dans le courant de l'année 2018 pour analyses génétiques par un laboratoire. Par conséquent, les résultats de ces analyses ne seront pas présentés dans ce rapport.

5.4 Qualité physico-chimique

La qualité physico-chimique des eaux de surface est évaluée sur 9 stations du cours principal de la Chaise et du biel (stations correspondant à certaines stations d'inventaires piscicoles) sur 2 campagnes annuelles (une au printemps et une à l'automne) à l'aide des paramètres suivants :

- Température ;
- pH ;
- Conductivité ;
- Oxygène dissous et taux de saturation ;
- Carbone organique ;
- Matières en suspension ;
- Dureté calcique ;
- Dureté magnésienne ;
- Azotes (NO₂, NO₃ et NH₄) ;
- Orthophosphates (PO₄) et Phosphore total.

Ces analyses ont été réalisées par l'intermédiaire d'un laboratoire certifié pour ce type d'analyses, CARSO-LSEHL. Des données physico-chimiques du Conseil Départemental de la Haute-Savoie sont également disponibles (une station de suivi sur le bassin de la Chaise).

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau sont interprétés sur la base des classes du guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (MEEM, 2016) dont les valeurs de références sont présentées en Annexe 1, ainsi que d'autres valeurs issues de la littérature scientifique (Nisbet & Verneaux, 1970).

En outre, la relation qualité d'eau – poisson sera basée sur une synthèse bibliographique de valeurs seuils, issues de la littérature, à partir desquels des effets négatifs pour les salmonidés sont observés (Caudron *et al.*, 2006). Le tableau des valeurs seuils se trouve en Annexe 2.

Résultats

6 Evaluation à l'échelle du bassin versant

6.1 Géologie

Le bassin versant de la Chaise, localisé au Sud du département de la Haute-Savoie est situé entre le massif des Bauges et celui des Bornes – Aravis.

Le Sud du bassin est situé dans la «trouée de Faverges-Ugine », vallée surcreusée par le passage de langues glaciaires.

Au Nord de la trouée de Faverges et de son rebord septentrional s'ouvre la dépression de Serraval, que la Chaise draine par d'étroites gorges. Il s'agit là de la partie méridionale de la cuvette tectonique de Thônes, où le matériel allochtone qu'héberge cette dernière affleure au cœur du grand synclinal de Serraval. Les couches autochtones des deux flancs de ce synclinal n'affleurent que sur les hautes pentes occidentales et orientales de la dépression (chaînon de la Tournette et du Charvin)¹. Les formations à l'affleurement composant ce synclinal sont représentées par les unités du Crétacé, dont l'Urgonien (unités ultrahelvétiques), qui de par sa dureté, a créé des verrous glaciaires au niveau de Faverges et de Marlens ; en délimitant ainsi le secteur de la zone alluviale au niveau d'un ombilic. Une faille transformante majeure de direction Nord-Sud est également observée. Elle constitue une structure servant de drain à la Chaise (SMBVA, 2014). Cette cluse a été tapissée lors du passage des glaciers de dépôts morainiques, avant d'être recouverte de dépôts lacustres argilo-silteux post-würmiens (Figure 9). Il s'en est suivi un dépôt de type alluvions de propagation correspondant à la fin du remplissage lacustre.

¹ Source : M. GIDON sur www.geol-alp.com

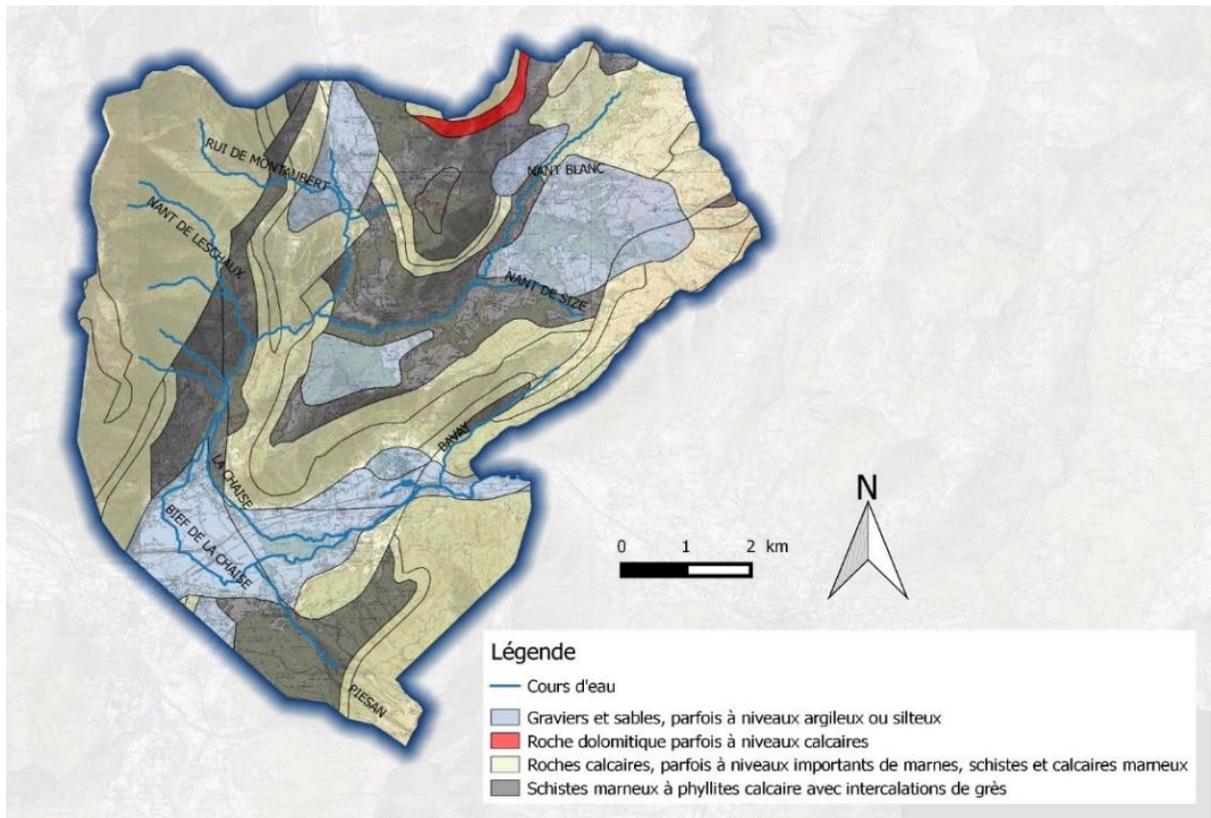


Figure 9 : Carte géologique du bassin versant de la Chaise dans la partie haut-savoiarde (source : swisstopo)

6.2 Occupations des sols

Le bassin versant de la Chaise dans sa partie haut-savoiarde occupe un territoire à dominante rurale (Figure 10), composé en grande partie de forêts (résineux principalement) et de prairies. Le pastoralisme pour la production fromagère étant la principale activité agricole.

Le sud du bassin est caractérisé par un noyau d'urbanisation sur l'axe Faverges-Ugine. Des surfaces agricoles dédiées aux cultures et prairies entourent ce tissu urbain.

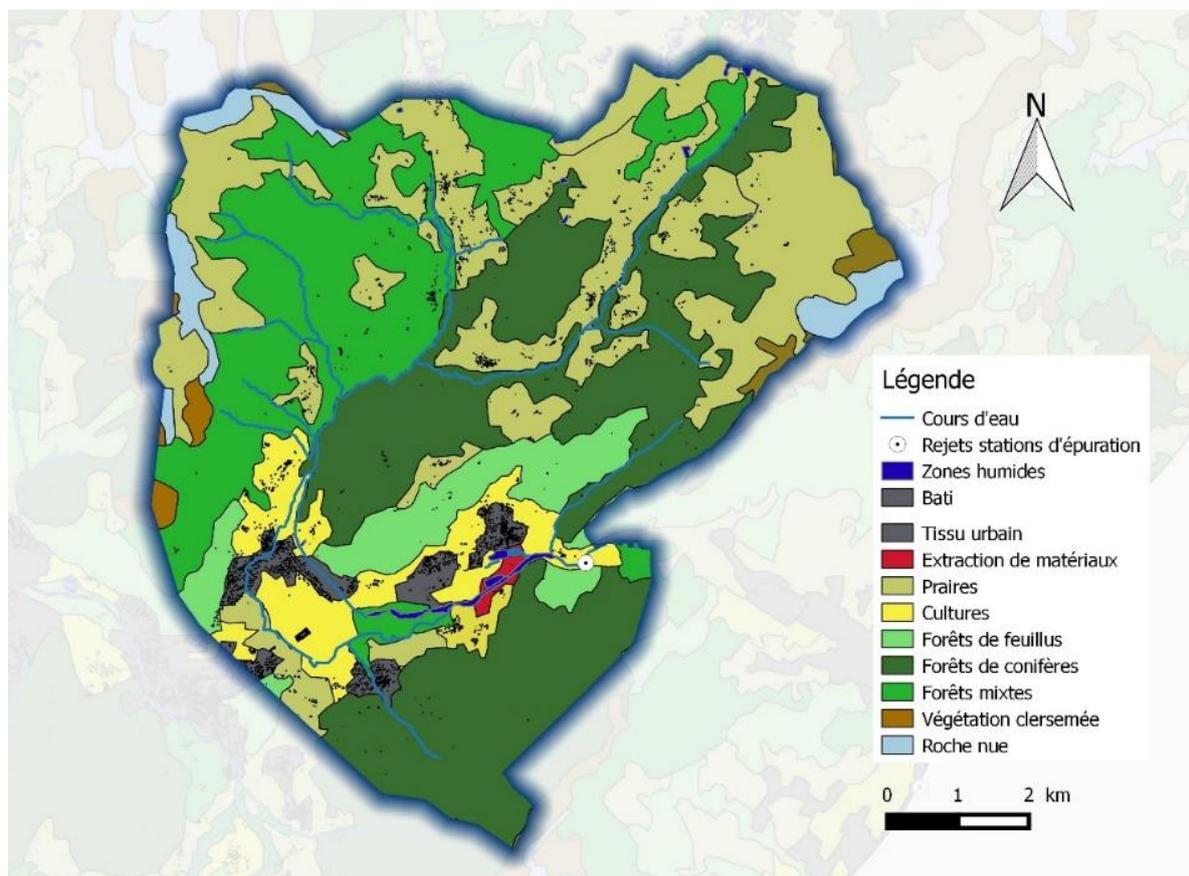


Figure 10 : Occupation des sols sur le bassin versant de la Chaise dans la partie haut-savoiarde

6.3 Continuité écologique

La partie aval du bassin, c'est-à-dire en aval des gorges et à partir de la prise d'eau du biel, a été fortement artificialisée. Ceci a conduit à une incision du lit, aujourd'hui stabilisée par une succession de 14 seuils (Figure 11). La plupart de ces seuils sont qualifiés de difficilement franchissables à totalement infranchissables pour la faune piscicole. L'un d'entre eux, le seuil sous le pont des Bossons a fait l'objet de modification pour le rendre franchissable en 2015. Cette partie est classée en liste 2 de l'article L214-17 du code de l'environnement. Sur la partie aval, un passage à gué classé « sans impact » pour la faune piscicole (Figure 11) a été remplacé par la construction d'un pont en 2016 (objectif plutôt de libre-circulation sédimentaire sur cet ouvrage).

Toutefois, la problématique de la continuité écologique sur le tronçon court-circuité s'ajoute aux assecs réguliers. La dérivation du biel a été mise en cause sur le manque d'eau dans la Chaise, mais une récente étude (SMBVA, 2015) a montré que l'eau du biel ne suffirait pas à stopper définitivement les assecs de la Chaise en cas de suppression de celui-ci. L'effacement des seuils ne contribuera donc pas à régler la totalité de la problématique de continuité écologique sur ce linéaire, notamment en période estivale.

Le biel possède quant à lui également de nombreux seuils pour la majorité infranchissable. Ces seuils sont situés dans la partie qui traverse le village de Saint-Ferréol, dans le biel amont. Cette zone est fortement urbanisée, le canal n'a ici aucun intérêt écologique de par son absence d'habitat, tandis que l'extrême amont (traversée du biel dans le « sentier botanique ») ainsi que l'aval (à partir du Noyeraie) du biel constituent des zones plutôt favorables à la vie aquatique.

En ce qui concerne la zone amont du bassin, il y a très peu de seuils artificiels. Les obstacles à la continuité sont plutôt d'ordre naturel (chutes, cascades) en raison du caractère torrentiel de la Chaise et de ses affluents.

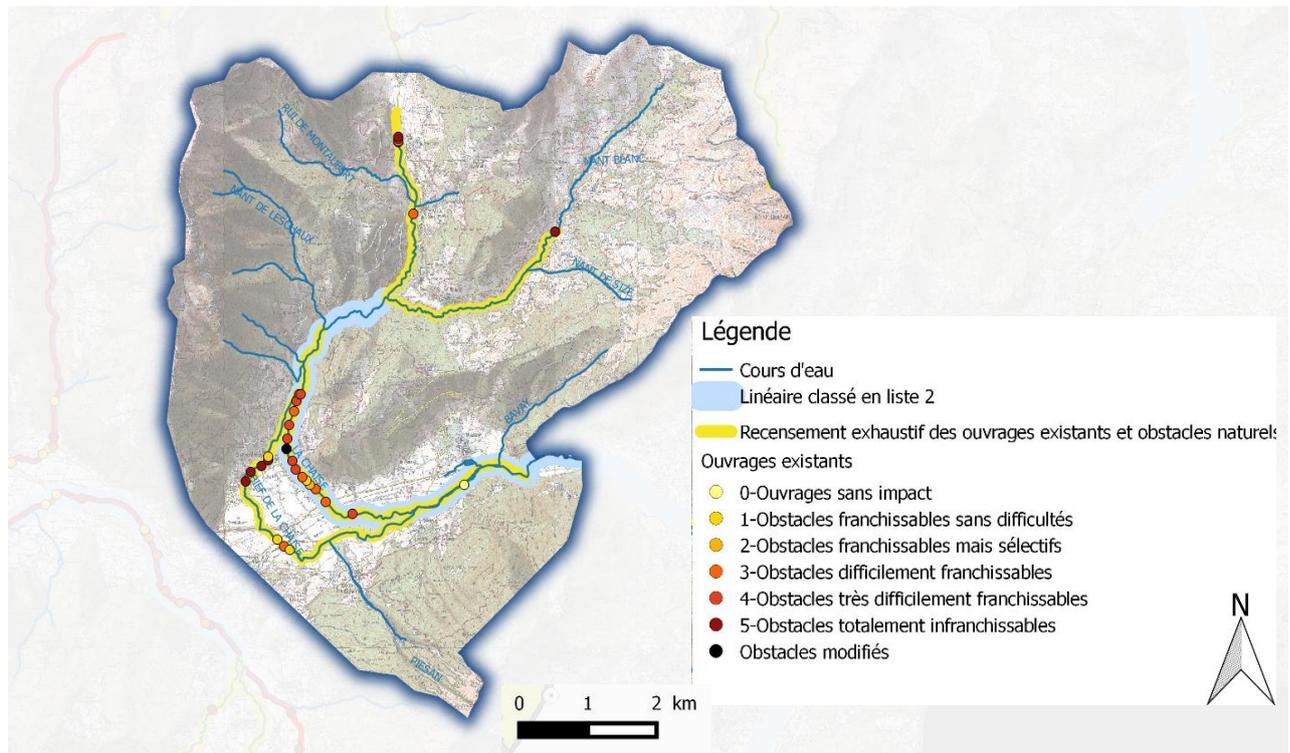


Figure 11 : Localisation des ouvrages artificiels selon leur franchissabilité sur le linéaire de recensement exhaustif des obstacles naturels et artificiels, et du linéaire concerné par un classement en liste 2

6.4 Hydrologie

La Figure 12 représente les débits moyens journaliers des 5 dernières années. Les plus importantes crues ont eu lieu au printemps 2015, avec un pic atteignant la crue biennale (NB : à noter qu'au début de l'année 2018, deux crues plus importantes que celle de 2015 ont eu lieu faisant monter la Chaise à Ugine à plus de $55 \text{ m}^3/\text{s}$, soit dépassant largement la crue quinquennale et occasionnant plusieurs coulées de boues sur le bassin versant de la Chaise). L'année la plus sèche est 2017 avec des débits moyens journaliers la majeure partie de l'année en dessous du module interannuel. Le QMNA5 est atteint chaque année durant la période estivale mais également hivernale (fin 2016-début 2017). L'année 2014 se démarque des autres, avec un été très humide mais un automne exceptionnellement sec.

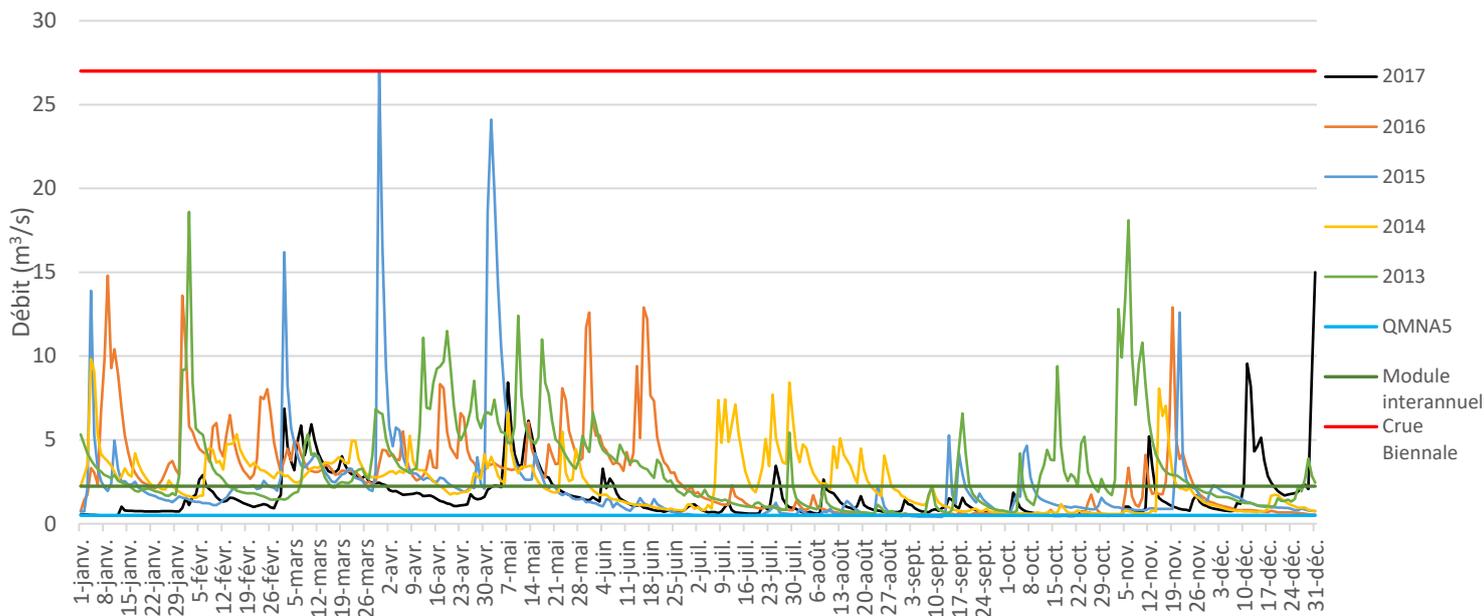


Figure 12 : Graphique des débits moyens journaliers à la station W0425010 à UGINE sur une période de 5 ans (2013 à 2017)

6.5 Historique des pratiques de repeuplement

De 2002 à 2005, tout le cours principal de la Chaise à l'exception du TCC a été aleviné, ainsi que le biel de Saint-Ferréol, le Nant de Leschaux, le ruisseau de Montaubert, le ruisseau du Marais, la Savatte et le Nant Blanc (Figure 13). En septembre 2015, le Nant d'Arcier en aval de la cascade a fait l'objet d'un apport de poissons issus d'une pêche de sauvetage (travaux) sur le tronçon court-circuité au niveau du Pont des Bossons.

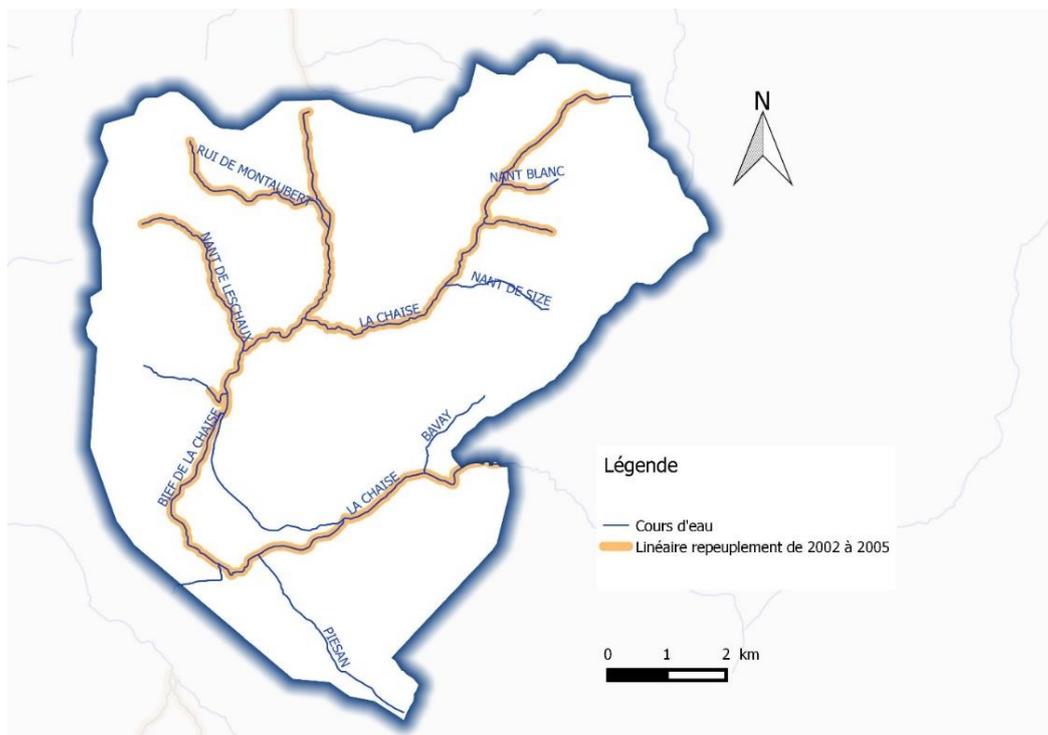


Figure 13 : Linéaire de repeuplement en truites communes de 2002 à 2005 par l'AAPPMA Annecy-Rivières

6.6 Usages

D'après le schéma de conciliation des usages et des ressources en eau du bassin versant de l'Arly (2010), les prélèvements en eau du bassin versant correspondent en grande majorité à l'alimentation en eau potable. Le Syndicat du Nant d'Arcier possède plusieurs captages sur ce sous bassin versant afin d'alimenter une partie de la commune de Faverges, Saint Ferréol et Marlens. La commune de Serraval exploite 5 sources en provenance du bassin du ruisseau du Marais. Enfin, la commune du Bouchet exploite des ressources situées sur les bassins du Nant Blanc et de la Savattaz.

En ce qui concerne les activités agricoles, on comptait 42 exploitations en 2010 (données AGRESTE) sur les 5 communes entièrement intégrées dans le bassin versant de la Chaise, pour un cheptel d'environ 2078 UGB et une superficie de 1797 ha. Deux établissements agroalimentaires étaient recensés (données de 2008) : une société coopérative laitière à Saint Ferréol, ainsi qu'une fromagerie à Serraval.

Il existe une entreprise de béton à Saint Ferréol. A Faverges, 3 industries majeures qui ne sont pas directement situées sur le bassin versant, envoient leurs eaux à la station d'épuration de Marlens. Cette station d'épuration est le seul système d'assainissement collectif sur le bassin de la Chaise côté Haute-Savoie. Elle possède une capacité de 15000 Equivalent habitants². La commune de Marlens héberge également une carrière d'extraction de matériaux ainsi qu'une pisciculture et un plan d'eau destiné aux loisirs pêche et baignade.

Contrairement à de nombreux bassins versant de la Haute-Savoie où l'activité des sports d'hiver est omniprésente, le bassin de la Chaise ne fait pas l'objet de stations de remontées mécaniques et ne produit pas de neiges artificielles. La pratique de la randonnée pédestre ou à ski ainsi que le canyoning sont les activités de loisirs principales. De plus, on note l'arrivée d'une activité assez récente sur la Chaise : le ruisseling. Cette discipline consiste à randonner dans le lit du cours d'eau, au risque de détruire des frayères et d'occasionner un dérangement pour la faune aquatique. La pratique de la pêche de loisir est principalement concentrée sur le plan d'eau situé dans la commune de Marlens.

7 Evaluation à l'échelle du tronçon

En ce qui concerne le cours principal de la Chaise sur le territoire haut savoyard, il a été décrit en 2 tronçons dans le cadre de l'étude multifonctionnelle préalable au contrat de rivière du bassin versant de l'Arly (Cidee, 2008) :

- La Chaise de la source à la prise d'eau du biel (tronçons 1 à 8) se comporte comme une rivière à caractère torrentiel. Elle se situe principalement dans des gorges et présente une pente importante. Les apports de matériaux provenant des versants instables sont fréquents et de nombreux glissements de terrain ont lieu dans cette zone. Le substrat est entièrement minéral et la granulométrie importante (blocs, galets). Cette partie supérieure de la Chaise présente de fortes potentialités piscicoles.
- La Chaise du biel à Marlens (tronçons 9 à 13) s'apparente plus à un cours d'eau de fond de vallée avec une pente faible. Le lit présente une succession de nombreux seuils infranchissables servant à limiter l'érosion régressive importante à ce niveau et sécuriser les activités installées sur les 2 rives. L'extraction de granulats jusque dans les années 90 a été

² Source : assainissement.developpement-durable.gouv.fr

extrêmement dommageable sur la qualité physique du cours d'eau. Ajoutées aux assecs réguliers en été dans le TCC, les potentialités piscicoles sont réduites sur ce secteur. Le problème des plantes invasives est récurrent sur l'ensemble du linéaire avec un point noir au droit du plan d'eau de Marlens.

Sur le biel de Saint Ferréol, canal de 6 km de long :

- La partie amont (tronçon 14) située entre la prise d'eau et Saint-Ferréol comporte quelques massifs de Buddléia, mais elle possède une attractivité particulièrement bonne puisque les couples substrats/vitesses de courant correspondent aux caractéristiques physiques des frayères à truites.
- Dans la traversée du village de Saint Ferréol (tronçon 15), le cours d'eau est rectifié entre des murs bétonnés. Les écoulements sont très homogènes, le débit est turbiné par des scieries. Cette utilisation de l'eau limite la connectivité biologique par la présence de plusieurs chutes infranchissables. L'urbanisation croissante le long du canal implique des écoulements pluviaux plus importants dans le lit et un fort colmatage minéral. Des curages ont été effectués dans le biel afin de lui rendre sa capacité hydraulique et éviter les débordements. Sur la majeure partie du canal, la ripisylve est rare voire inexistante.
- La partie basse (tronçons 16 à 18), à la sortie du village, présente plus d'hétérogénéité et d'attractivité. Le biel constitue à ce niveau un véritable réservoir pour la faune aquatique.

Le ruisseau des Marais : ce ruisseau constitue un des principaux affluents de la Chaise. Il présente de bonnes potentialités piscicoles, mais des infranchissables naturels (chutes d'eau) et artificiels (seuil, lit bétonné...) rendent la connectivité longitudinale très mauvaise.

8 Evaluation à l'échelle de la station

8.1 Qualité thermique

La Figure 14 localise pour rappel les emplacements des enregistreurs thermiques, correspondant pour la majorité aux stations de pêches électriques (inventaires et sondages) à l'exception de celui du biel de Faverges (amont D182) qui n'a pas fait l'objet d'inventaire et du Nant d'Arcier qui se situe en aval de la cascade de Fontany (la pêche de sondage a été faite à l'amont de cette cascade). Un seul enregistreur a été perdu, celui du TCC intermédiaire. L'enregistreur de la station « Les Mouilles » a été mis en place en fin d'année 2017, en raison de l'ajout de cette nouvelle station à la suite du glissement de terrain et ne sera donc pas traité dans ce présent rapport.

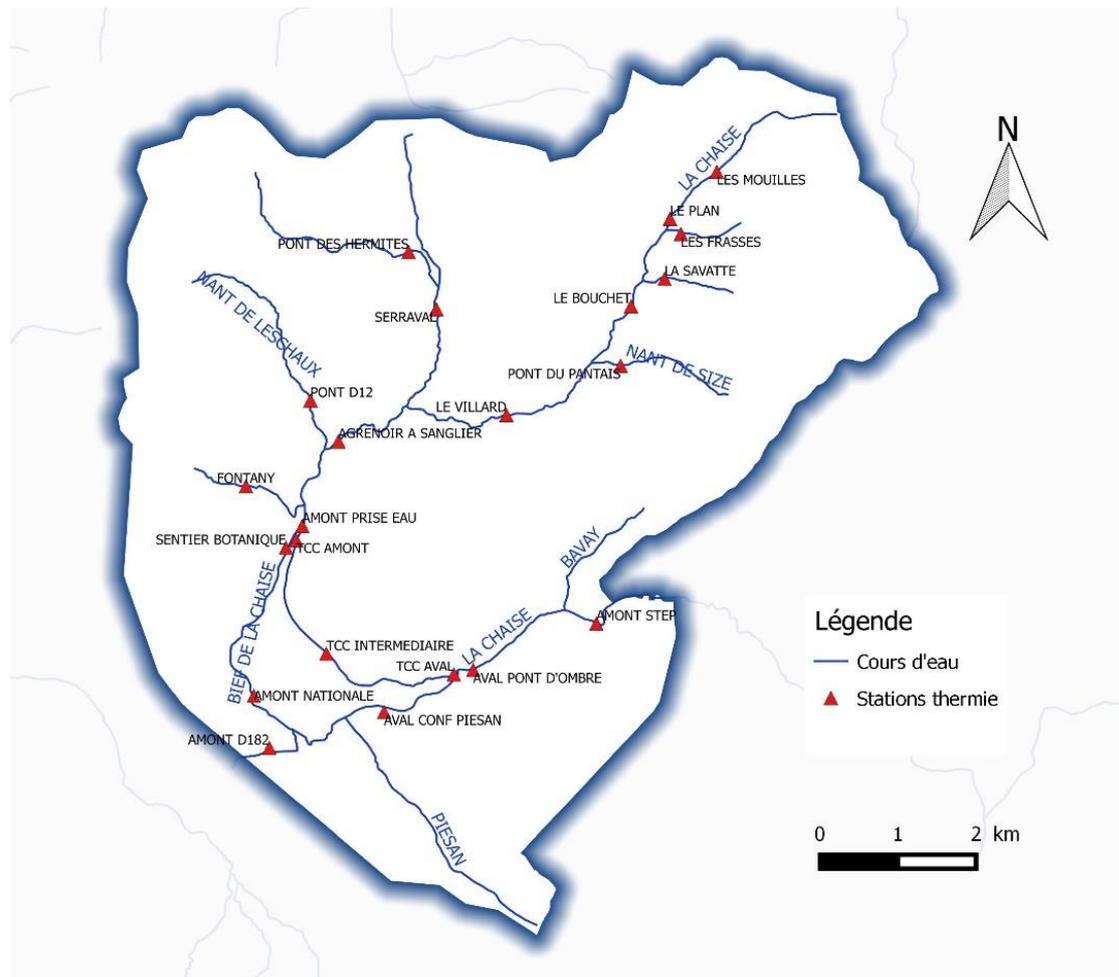


Figure 14 : Localisation du réseau de sondes thermiques suivi durant l'année 2017

8.1.1 Cours principal de la chaise

Sur le cours principal de la Chaise, les températures varient de 0 à 19°C (Figure 15). On observe bien un gradient amont-aval des températures, à l'exception de la station la plus aval (amont STEP Marlens) qui apparaît plus tamponnée que les autres, avec des variations plus faibles. Les températures les plus élevées sont sur la station aval Pont d'Ombre et les températures les plus basses sur la station Le Plan (la plus amont). Les courbes décrivent toutes la même tendance, avec des températures comprises entre 0 et 5°C en hiver, à l'exception de la station amont STEP Marlens qui varie autour de 6°C et atteint 3°C au plus froid. Puis les températures augmentent peu à peu au printemps. L'été, elles varient entre 10 et 16°C pour les stations les plus amont et la station amont STEP Marlens et entre 12 et 19°C pour les stations les plus en aval.

Sur le tronçon court-circuité, seule la station la plus amont de ce linéaire a été en eau durant toute la durée du suivi. Celle de l'aval a connu des périodes hors d'eau en raison de l'assèchement du lit en période estivale.

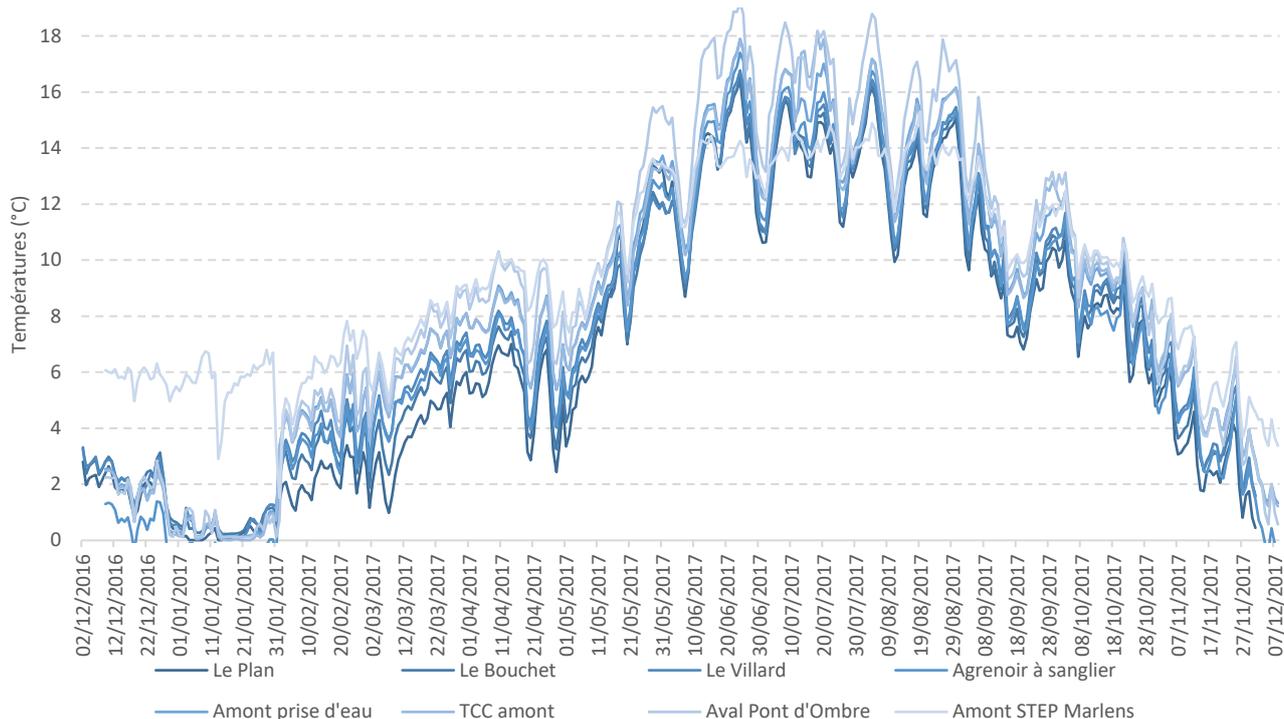


Figure 15 : Graphique des températures moyennes journalières sur le cours principal de la Chaise.

D'après la Figure 16, on observe 3 cas de figures dont le fonctionnement thermique est bien distinct :

- Les stations amont (de la station Le Plan à la sortie des gorges) : les températures maximales instantanées sont comprises entre 18 et 19,5°C, soit dans la fourchette maximale du préférendum thermique de la truite commune (4 à 19°C). Les températures moyennes des 30 jours les plus chauds sont inférieures à 15°C. Les températures moyennes journalières sont situées dans le préférendum thermique de la truite commune entre 229 et 260 jours dans l'année, soit entre 60 et 70% du temps. Le reste du temps (30 à 40%), les températures sont inférieures à 4°C.
- Les stations aval à partir de la prise d'eau du biel à l'exception de la station Amont STEP Marlens (la plus aval). Les températures maximales instantanées sont comprises entre 20 et 23°C, dépassant le préférendum thermique de la truite commune. Les températures moyennes des 30 jours les plus chauds sont comprises entre 15 et 16°C. Le préférendum thermique de la truite est atteint environ 80% de l'année sur cette partie de la Chaise.
- La station Amont STEP Marlens se démarque des autres avec moins de variations inter-saisonnières. Elle enregistre la température maximale instantanée la plus basse (17,2°C) et le préférendum thermique est atteint 356 jours par an, soit 98%. A ce niveau de la Chaise, ce fait est certainement dû à un effet tampon de la nappe.

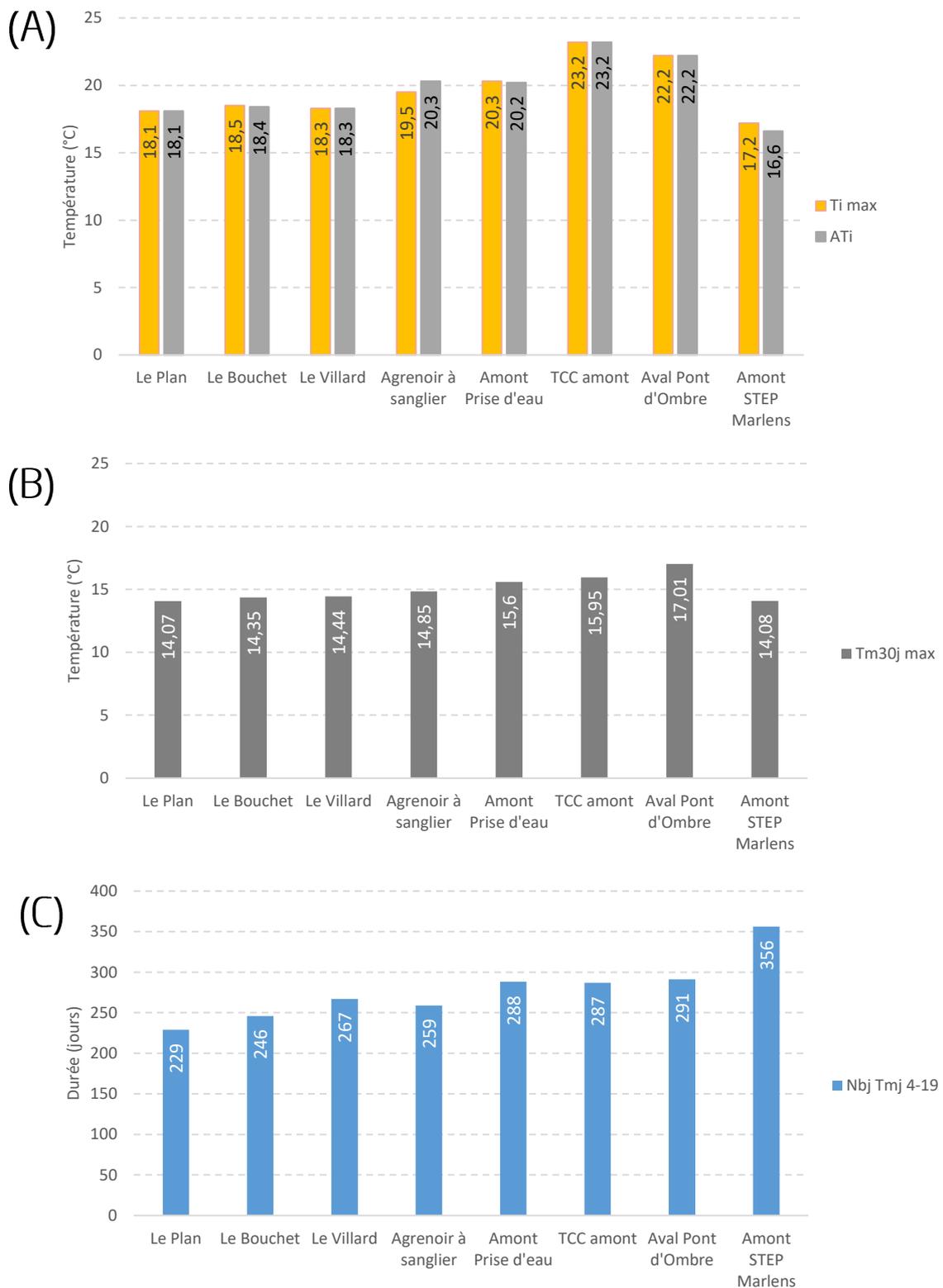


Figure 16: (A) Température instantanée maximale et amplitude thermique sur la période étudiée; (B) Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds; (C) Durée en jours du préférendum thermique (4-19°C) de la truite commune *Salmo trutta* sur le cours principal de la Chaise durant l'année 2017

La température de l'eau joue un rôle important dans le cycle de développement du parasite responsable de la PKD (« Proliferative Kidney Disease » = maladie rénale proliférative), qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C (Gay *et al.*, 2001).

L'apparition de la maladie chez la truite nécessite une température d'au moins 15°C consécutifs pendant 2 semaines. Comme vu précédemment, les températures de la Chaise sont relativement basses tout au long de l'année. La Figure 17 ci-dessous confirme bien que la Chaise est loin d'atteindre la durée des 15 jours (360 heures) consécutifs où la température est supérieure ou égale à 15°C. Pour la station avec les températures les plus élevées (Aval Pont d'Ombre), la durée atteinte est de 165 heures, soit un peu moins de 7 jours. Le risque de développement de cette maladie est donc nul dans le cours principal de la Chaise.

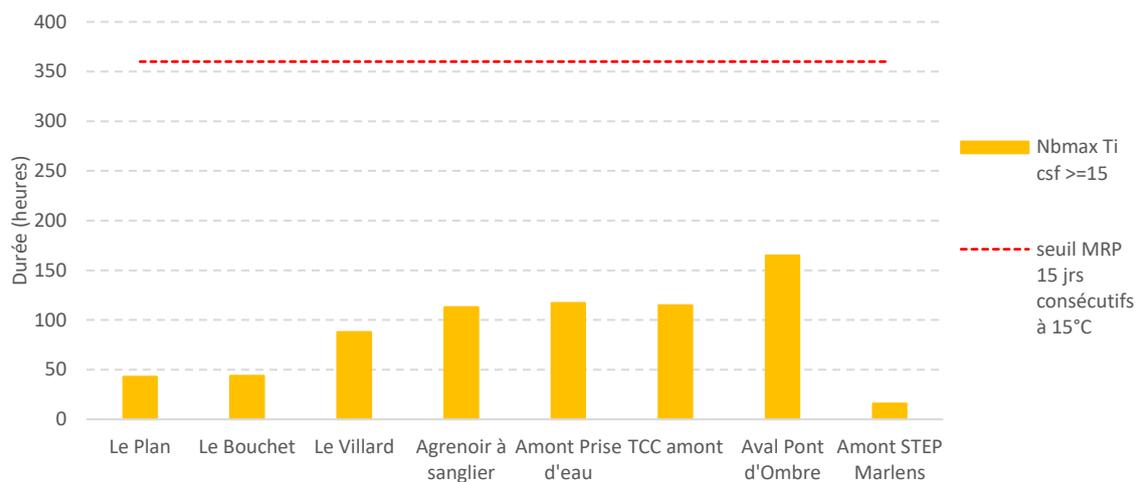


Figure 17: Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température reste supérieure ou égale à 15°C, synonyme d'un risque de développement de la MRP (Maladie Rénale Proliférative) sur le cours principal de la Chaise durant l'année 2017

Les températures moyennes journalières de 1,5°C et de 15°C peuvent être considérées comme des valeurs limites à partir desquelles le taux de survie embryo-larvaire est fortement affecté. Les durées d'accomplissement de ces phases de développement sont d'autant plus longues que la température de l'eau est basse, ainsi les différents seuils identifiés par phase sont de 130 jours pour l'incubation et 50 jours pour la résorption, soit un total de 180 jours pour la phase embryo-larvaire. Au-delà de ces durées, les chances d'émergence des alevins sont considérées comme extrêmement faibles.

Ainsi, les seuils ne sont pas dépassés sur le cours principal de la Chaise, mais les stations amont en sont très proches. Les chances de survie peuvent donc être significativement réduites (Figure 18). Sur la station la plus amont (Le Plan), la durée d'incubation atteint 129 jours (seuil à 130 jours) et sur la station Le Bouchet, c'est la durée de résorption qui est proche du seuil (46 jours pour un seuil à 50 jours). Pour ces deux stations, les durées de phase embryo-larvaire sont respectivement de 168 et 165 jours. On peut observer un gradient amont-aval au cours duquel les chances de survie augmentent : elles sont très faibles pour les 4 premières stations et un peu plus élevées à partir de la prise d'eau (sortie des gorges). Pour la station la plus aval (amont STEP Marzens), la durée totale de la phase embryo-larvaire n'excède pas 120 jours, les chances de survie sont donc plus élevées.

De manière plus approximative, les durées consécutives maximales tolérées au-delà de 15°C et en-deçà de 1,5°C durant la phase de vie sous-gravier sont respectivement de l'ordre d'une trentaine d'heures pour les fortes températures (>15°C) et d'une vingtaine de jours (480 heures) pour les faibles températures (1,5°C). Sur la Chaise, mise à part les 2 stations aval (Aval Pont d'Ombre et Amont STEP

Marlens), toutes les autres dépassent les 480 heures consécutives de températures inférieures ou égales à 1,5°C.

Par conséquent, le cours principal de la Chaise peut être caractérisé par des températures faibles pouvant compromettre le succès de reproduction.

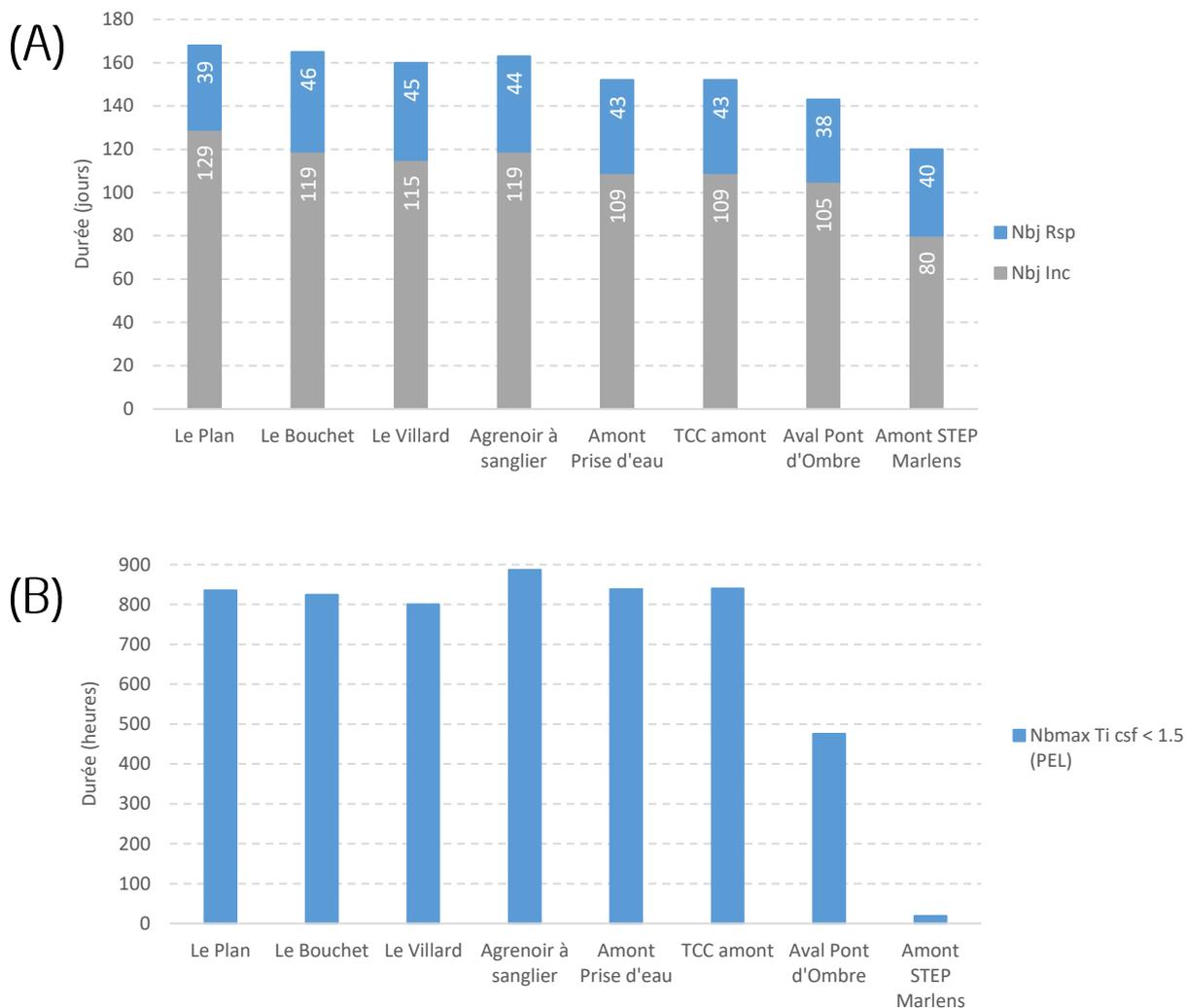


Figure 18: (A) Durée totale (incubation + résorption) en jours de la Phase Embryo-Larvaire (PEL) de la vie sous graviers (de la fécondation à l'émergence) et (B) durée en heures des séquences maximales durant laquelle la température est restée en dessous de 1,5°C pendant la période de la PEL sur le cours principal de la Chaise durant l'année 2017

8.1.2 Les affluents et le Biel de Saint-Ferréol

La thermie sur les affluents de la Chaise et le Biel de Saint-Ferréol suit le même schéma que sur le cours principal de la Chaise (Figure 19). L'enregistreur de la station biel de Faverges a été hors d'eau donc ne pourra pas être analysé. On observe un gradient amont-aval des températures (augmentation vers l'aval). Les 3 affluents rive gauche de la Chaise, c'est-à-dire le Nant Blanc, la Savatte et le Nant de Size, tous situés sur la partie amont du bassin se démarquent par leurs températures plus basses que les 3 autres affluents rive gauche que sont le ruisseau de Montaubert, du Marais et le Nant de Leschaux tout 3 situés sur la partie intermédiaire du bassin. Concernant le Nant d'Arcier, il se différencie par son caractère tamponné. En effet, les températures de ce ruisseau sont très constantes tout au long de l'année en raison de la proximité de l'enregistreur thermique de la source

du ruisseau. Enfin, le biel de Saint-Ferréol enregistre les températures les plus basses en hiver et les plus hautes en été.

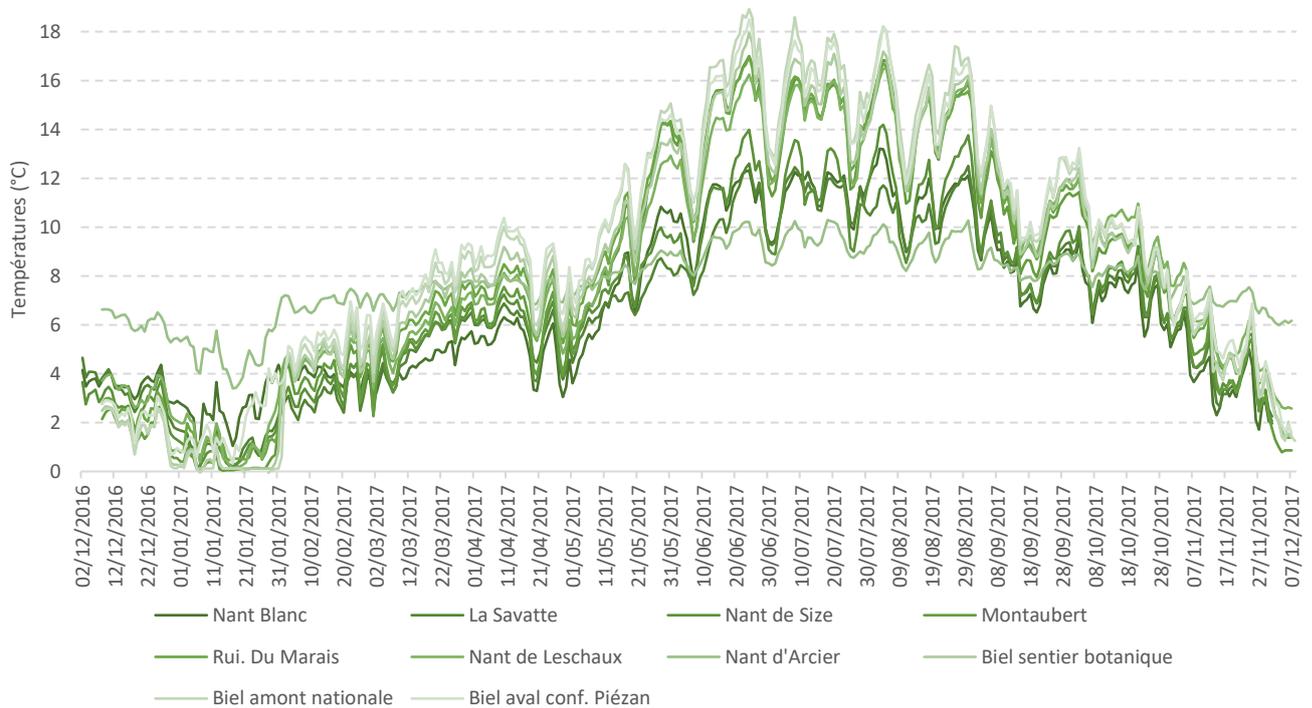


Figure 19 : Graphique des températures moyennes journalières sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017

Comme évoqué dans le paragraphe précédent, il existe un gradient amont-aval regroupant ainsi les affluents par leur situation sur le bassin versant. La Figure 20 montre que :

- Les 3 affluents amont n'excèdent pas 15°C en température maximale instantanée et 12°C de température moyenne des 30 jours les plus chauds. Le préférendum thermique de la truite est atteint 260 jours dans l'année, soit 71% du temps, tout comme sur le cours principal de la Chaise à ce niveau du bassin.
- Les 3 affluents rive droite situés sur la partie médiane ont des températures maximales instantanées atteignant entre 17,5 et 18,5°C. Les températures moyennes des 30 jours les plus chauds sont aux alentours de 15°C et le préférendum thermique est atteint 74 à 82% de l'année.
- Sur le biel, les températures sont nettement plus élevées en période estivale, avec des températures instantanées pouvant atteindre 23°C sur la partie intermédiaire du biel et 20-21°C sur l'amont et l'aval. Toutefois, la moyenne des 30 jours les plus chauds ne dépasse pas 16,6°C et les températures sont plus de 80% de l'année dans le préférendum thermique de la truite. Il est à noter également la prise en glace d'une partie du biel en début d'année 2017, induisant des températures négatives.
- Enfin, en ce qui concerne le Nant d'Arcier, les températures sont en moyennes bien plus basses que sur les autres affluents en période estivale (la température instantanée maximale n'atteignant que 11,6°C), mais elles sont les plus élevées en hiver. Le préférendum thermique de la truite est atteint 99% de l'année.

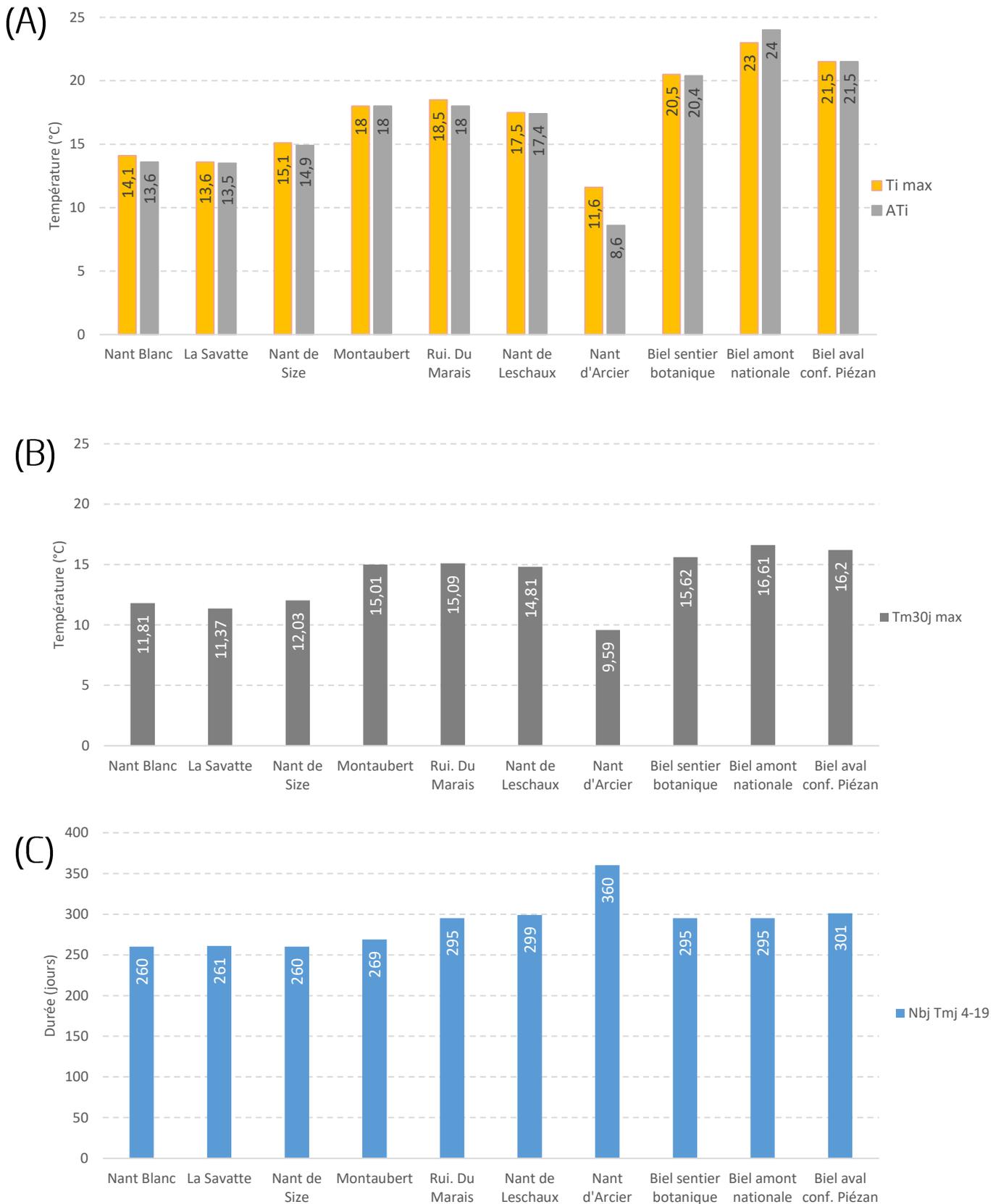


Figure 20 : (A) Température instantanée maximale et amplitude thermique sur la période étudiée ; (B) Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds ; (C) Durée en jours du préférendum thermique (4-19°C) de la truite commune *Salmo trutta* sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017

Comme pour le cours principal de la Chaise, la PKD est très loin de constituer un risque pour les salmonidées sur les affluents et le biel, puisque le seuil des 15 jours consécutifs à plus de 15°C n'est jamais atteint et aucune station ne s'en approche (Figure 21).

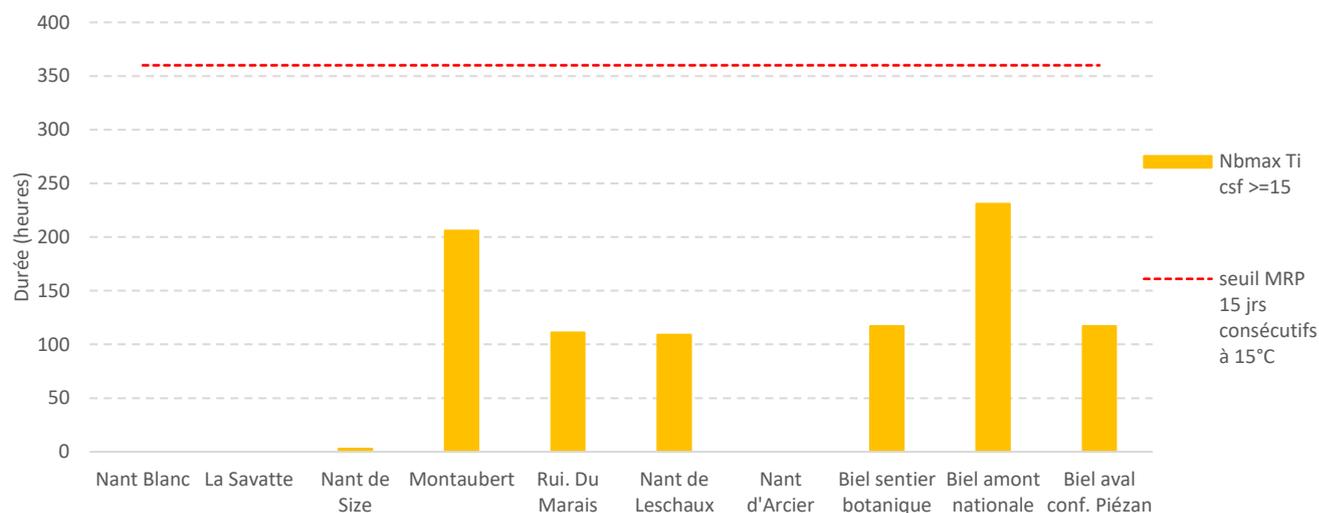


Figure 21 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température reste supérieure ou égale à 15°C, synonyme d'un risque de développement de la MRP (Maladie Rénale Proliférative) sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017

Enfin, en ce qui concerne la durée de la phase embryo-larvaire (PEL), on retrouve les mêmes tendances que sur le cours principal de la Chaise. La durée maximale totale à atteindre pour réduire considérablement les chances de survie n'est atteinte sur aucune station (Figure 22), mais la durée maximale de résorption est dépassée sur le Nant Blanc et la Savatte (respectivement 52 et 51 jours pour un seuil à 50 jours). Les autres affluents ont des durées allant de 124 jours de PEL pour le plus favorable (le Nant d'Arcier) à 168 jours pour la Savatte. Paradoxalement, le nombre d'heures consécutives où la température est inférieure à 1,5°C est très faible sur le Nant Blanc et la Savatte (ne dépassent pas les 480 heures limites). Ceci montre bien la limite de ce graphique puisque seules les températures inférieures à 1,5°C sont comptabilisées. Ainsi, si la température a été de 1,6°C pendant plusieurs jours, la durée de la phase embryo-larvaire en sera tout de même impactée.

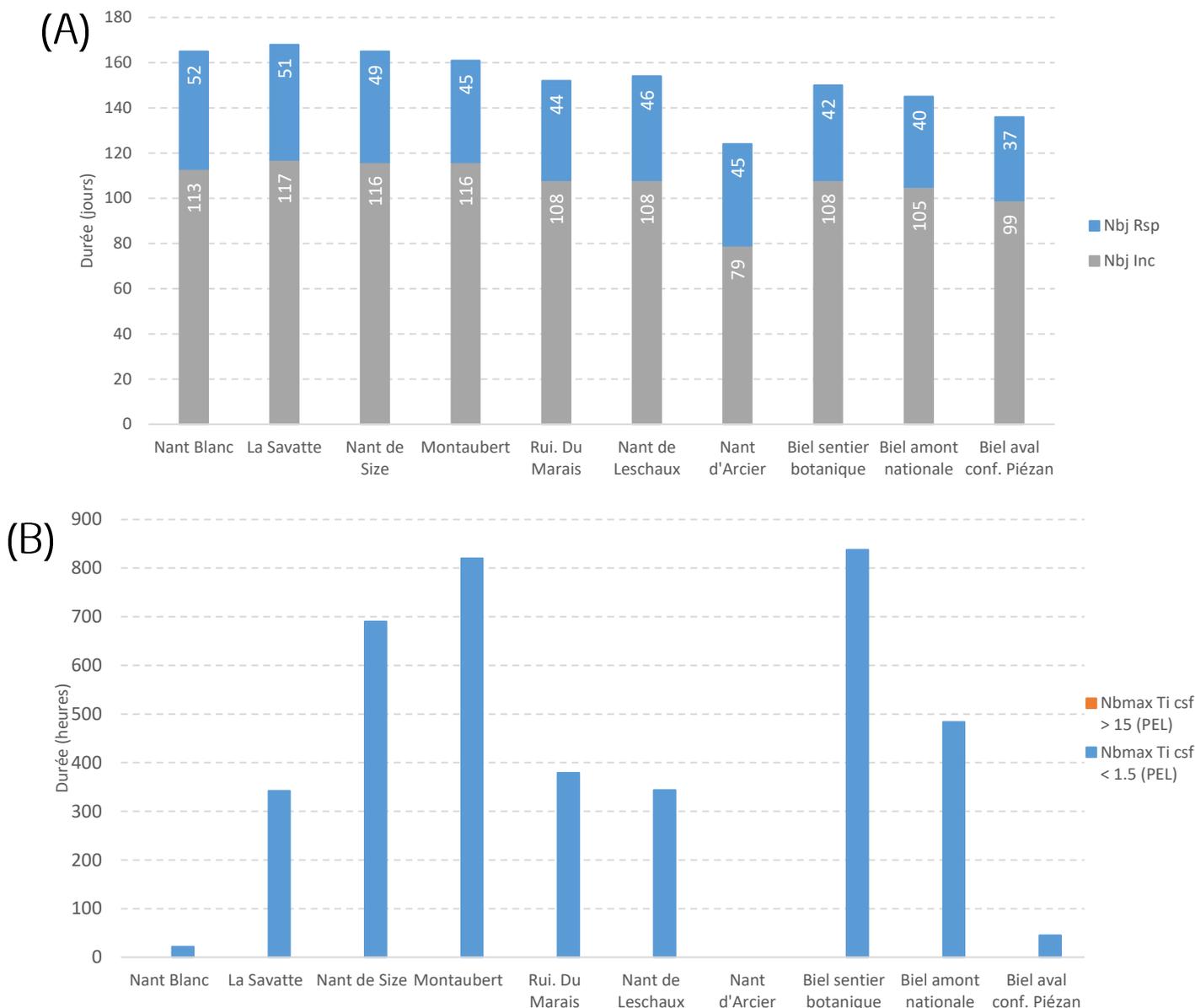


Figure 22 : (A) Durée totale (incubation + résorption) en jours de la Phase Embryo-Larvaire (PEL) de la vie sous graviers (de la fécondation à l'émergence) et (B) durée en heures des séquences maximales durant laquelle la température est restée en dessous de 1,5°C et au-dessus de 15°C pendant la période de la PEL sur les affluents et le biel de la Chaise durant l'année 2017

8.1.3 Le tronçon court-circuité

Sur le tronçon court-circuité, les périodes où les sondes étaient hors d'eau (lorsque le TCC était sec) sont bien visibles (Figure 23). Ainsi, il n'est pas possible d'utiliser la macro *Macmasalmo*. La sonde du TCC intermédiaire n'a pas été retrouvée.

Les températures hivernales négatives de la station TCC aval (de décembre 2016 à janvier 2017) montrent une période d'assec (étiage hivernal sévère en début d'année 2017). Toutefois, la partie amont du TCC n'a pas semblé être sèche, la sonde étant toujours dans l'eau (attention toutefois, la sonde étant disposée dans une gouille, il n'y a aucune certitude sur la continuité hydraulique de cette partie du TCC, il a même été relevé un assec de cette partie mais avec quelques gouilles en eau).

En été, la sonde de la station aval du TCC a été hors d'eau de mi-juin à début septembre. Durant cette période, des assècs avérés (voir paragraphe 8.3) ont eu lieu, mais également des courtes périodes en eau. La sonde a été retirée de l'eau par une personne, ce qui explique qu'on ne distingue pas les épisodes de retour en eau durant la période estivale. Quant à la partie amont du TCC, il semble qu'elle ait toujours été en eau, mais comme précisé ci-dessus, sa position dans une gouille n'informe pas sur la continuité hydraulique du linéaire de cours d'eau. Il a même été avéré (paragraphe 8.3) que la partie amont du TCC a séché durant l'étiage estival.

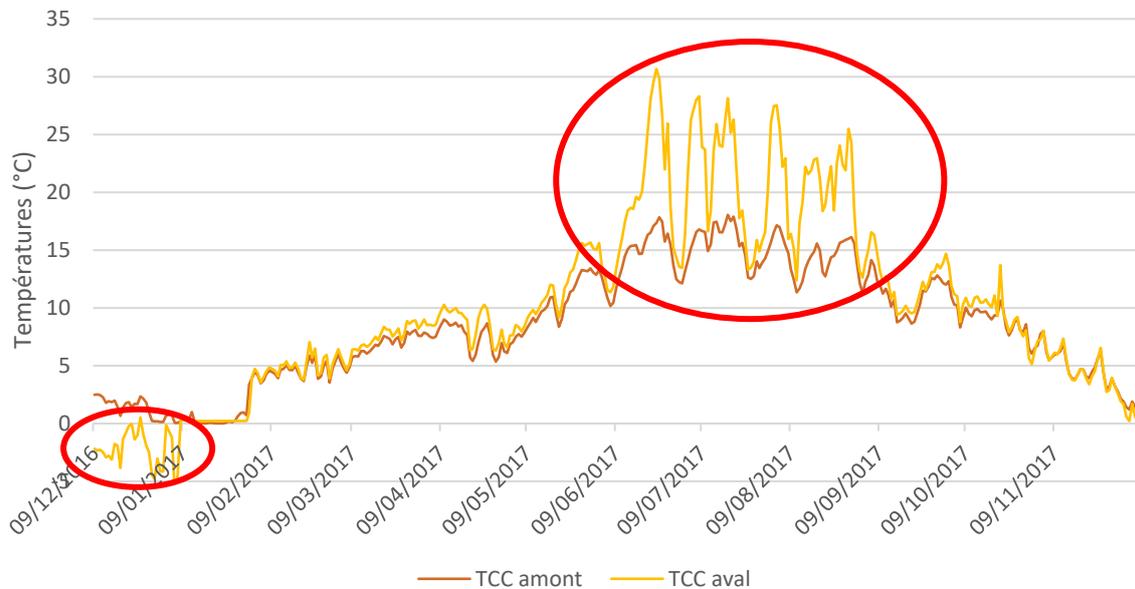


Figure 23 : Graphique des températures moyennes journalières sur le tronçon court-circuité durant l'année 2017

8.2 NTT

La Figure 24 présente les résultats de niveau typologique théorique sur les stations ayant fait l'objet d'analyses physico-chimique (données de dureté), sauf sur la station TCC intermédiaire, puisque la sonde de température n'a pas été retrouvée. Le tableau des résultats détaillés sont présentés en Annexe 3. Les valeurs de NTT vont de B1,5 à B4. D'après la biotypologie de Verneaux (1973), ces niveaux correspondent à des rivières de montagnes (zone à truites). Les classes d'abondance théoriques comparées aux classes d'abondance observées en fonction de ces niveaux typologiques théoriques sont présentées dans le paragraphe 8.4.1.

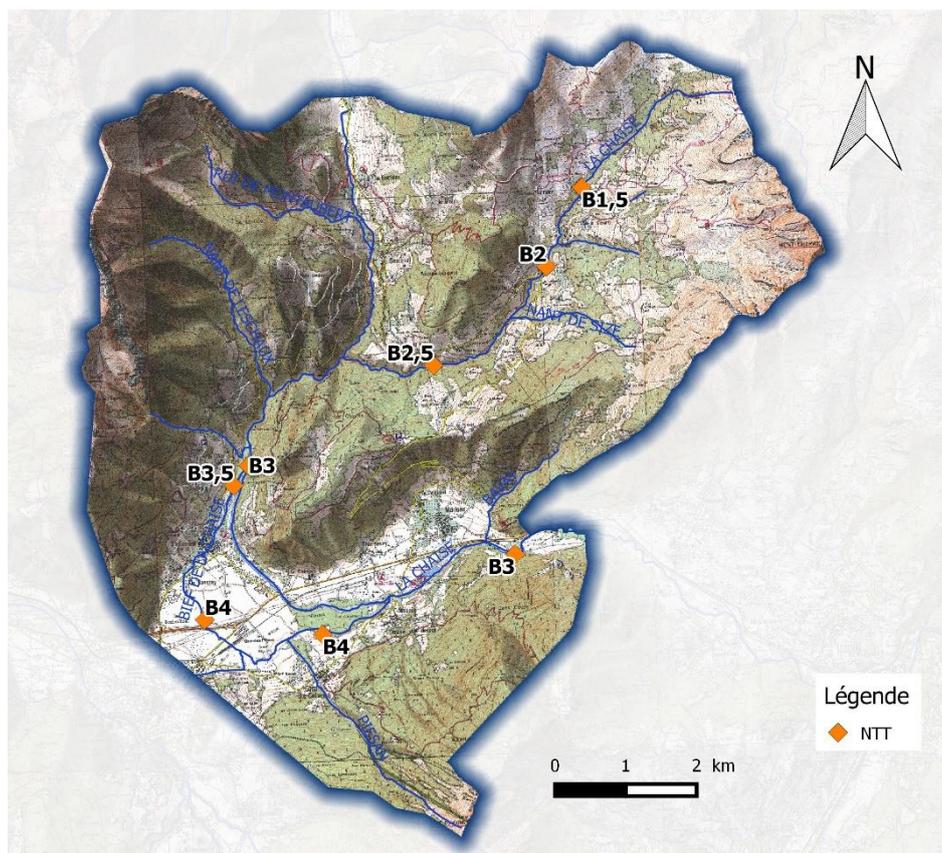


Figure 24 : Carte des Niveau Typologique Théorique (NTT)

8.3 Interactions hydrologiques entre la Chaise et le biel de Saint-Ferréol

Plusieurs campagnes de jaugeages ont été réalisées pendant la période estivale, dans le biel et le TCC de la Chaise. Ces jaugeages ont simplement été réalisés pour se rendre compte de la quantité d'eau transitant dans le biel et pour caractériser la durée et l'étendue des assecs dans le tronçon court-circuité de la Chaise pendant la période estivale. Les stations de jaugeages sont représentées sur la Figure 25 ci-dessous. Dix campagnes ont été réalisées, dont la plupart en juin, juillet et août et une en octobre. Elles ont toutes été réalisées lors de période d'étiage (voir la Figure 3 dans le paragraphe 1.1).

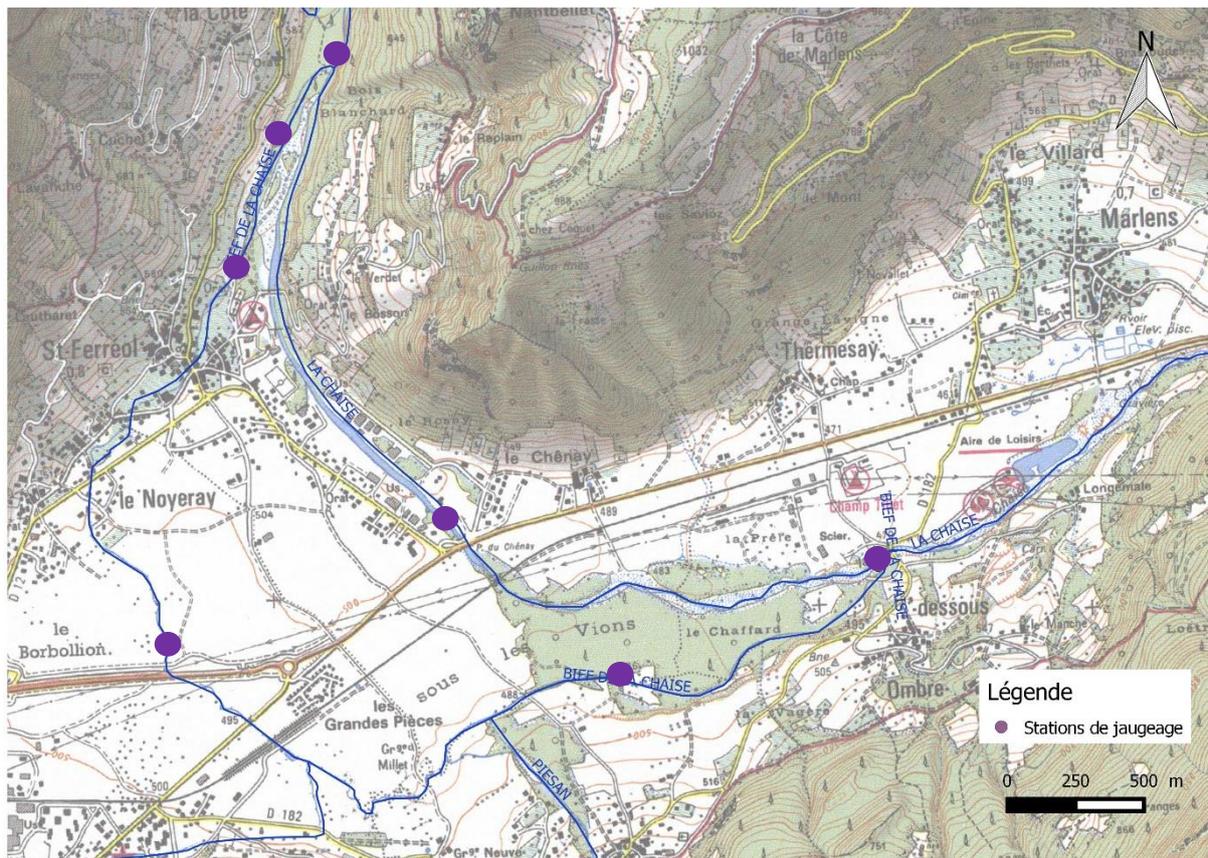


Figure 25 : Carte de localisation des stations de jaugeages

Le débit dans la Chaise à l'aval immédiat de la prise d'eau a été déduit du débit entrant à la prise d'eau de celui du biel à l'aval immédiat des vannes.

D'après la Figure 26, les mesures de débits ont permis de distinguer et confirmer les éléments suivants :

- Le biel ne descend pas en dessous des 100 L/s, même en aval de la vanne de restitution dans le TCC au niveau du cimetière.
- Il n'y a pas ou très peu de différence entre les débits du biel juste en aval de la vanne de restitution du cimetière et du biel aval (en aval des confluences avec le biel de Faverges et du Piézan). Ce qui signifie que l'apport de ces 2 affluents est très faible, voire nul en période d'étiage.
- Le tronçon court-circuité a été sec sur la partie aval durant une grande partie de l'été, lorsque le débit de la Chaise à l'amont de la prise d'eau était inférieur ou égale à 300 L/s et que le biel amont recevait entre 150 et 200 L/s et le TCC 100 à 120 L/s lorsque la vanne était ouverte.
- La partie amont du TCC a été totalement sèche à partir de mi-juillet (la date de retour en eau n'a pas été définie), ainsi que le 30 octobre. Ceci est dû à la fermeture complète de la vanne du TCC, qui ne laisse couler que quelques fuites, s'asséchant donc rapidement.

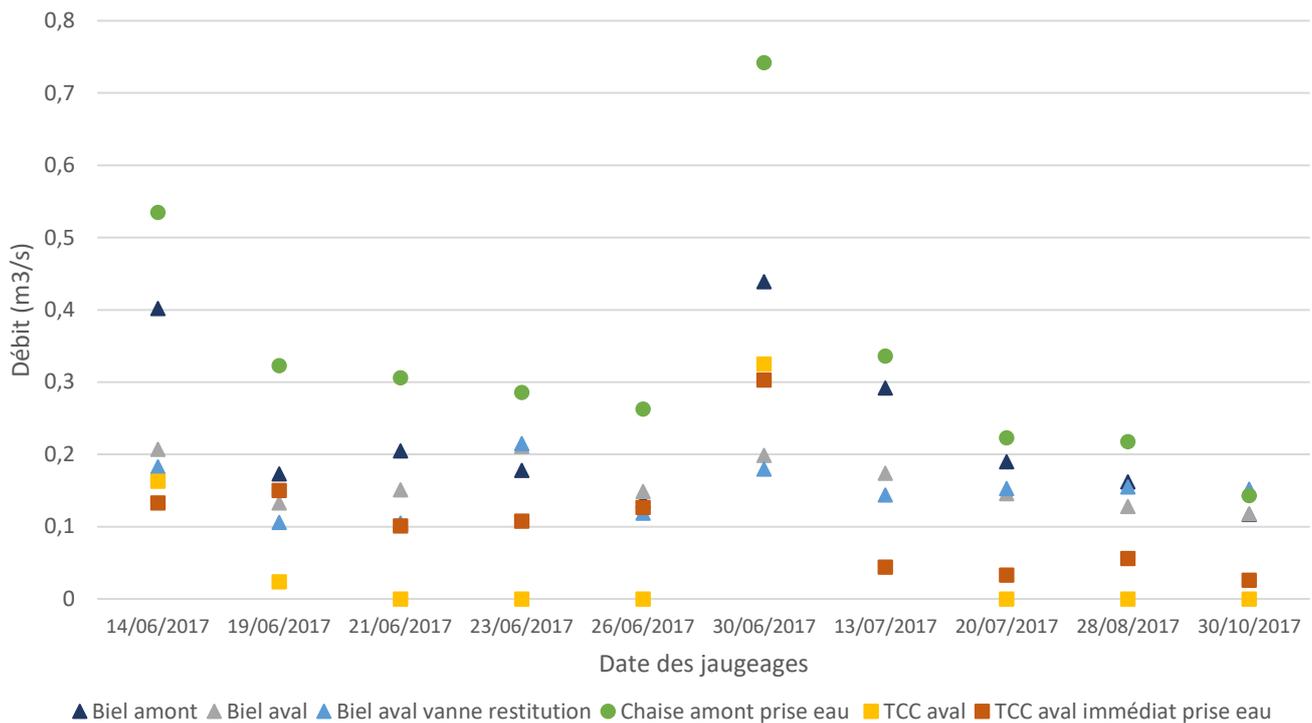


Figure 26 : Graphique des débits mesurés durant la période d'étiage sur le biel et le TCC

8.4 Qualité piscicole

8.4.1 Répartition spécifique

Les densités et biomasses de chaque espèce ont été traduites en classes d'abondance selon l'abaque CSP DR5 (1995) disponible en Annexe 4 pour constituer des cartes de répartition d'espèces en fonction de leur abondance (Figure 27 et Figure 29). De plus, elles ont été comparées au Niveau Typologique Théorique calculé précédemment, d'après le CSP DR5 (1995) en Annexe 5.

En cohérence avec les niveaux typologiques théoriques calculés précédemment, peu d'espèces différentes peuplent le cours de la Chaise ainsi que ses affluents : la truite fario et le chabot (ponctuellement quelques autres espèces sur le bas du bassin). La Chaise apparaît clairement comme une rivière salmonicole, avec la truite fario comme espèce prédominante.

Sur le cours principal de la Chaise, la truite fario est présente sur tout le linéaire à l'exception de la station la plus amont (station Les Mouilles) (Figure 27). Les abondances paraissent assez homogènes (classe d'abondance de 3 pour la majorité des stations). Seules les stations aval de la confluence biel-Chaise (Pont d'Ombre) et le Bouchet sont représentées par une classe de 1. En comparaison avec les classes d'abondance théoriques (Figure 28), il apparaît que les classes d'abondance observées sont toutes inférieures à l'exception de la station Le Plan (Chaise amont) où elles sont à égalité.

Les stations du TCC n'ont pas fait l'objet d'inventaires, mais de sondages en raison des assècs fréquents il convient donc de ne pas les traiter sur le même plan que les stations d'inventaires (linéaire prospecté >100 m, une seule anode). La truite s'est avérée néanmoins présente de manière anecdotique.

Sur le biel de la Chaise, la répartition est plus hétérogène. La station amont possède une classe d'abondance en truite fario de 2, celle de l'intermédiaire de 1 et celle aval de 4.

Concernant les affluents, le Nant Blanc possède une classe d'abondance en truite fario de 4. C'est le premier affluent depuis la source de la Chaise qui a été inventorié. Deux affluents sont apiscicoles : la Savatte (se jetant dans la Chaise juste après le Nant Blanc) et la partie en amont d'un infranchissable naturel du Nant d'Arcier (amont de la prise d'eau du biel). Les autres affluents ont tous une classe d'abondance de 1.

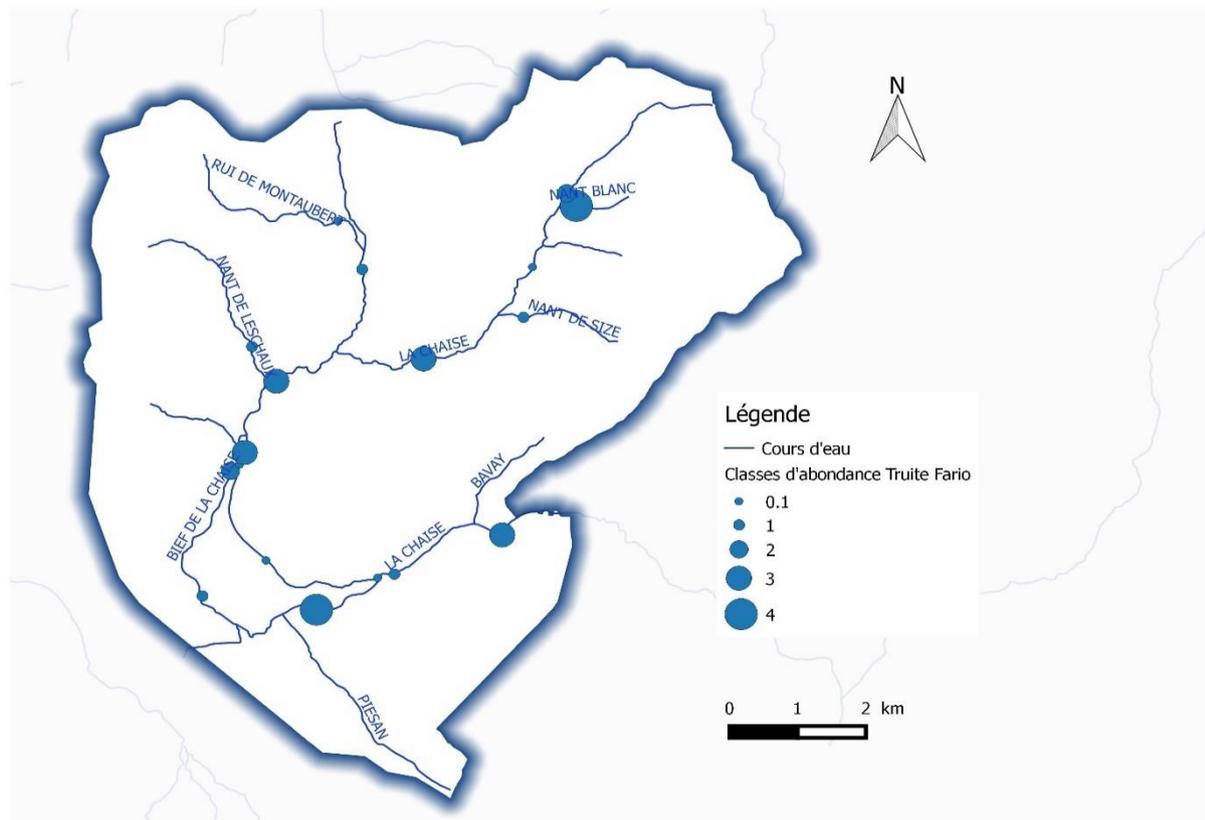


Figure 27 : Répartition par classe d'abondance de la truite fario sur le bassin versant de la Chaise en Haute-Savoie.

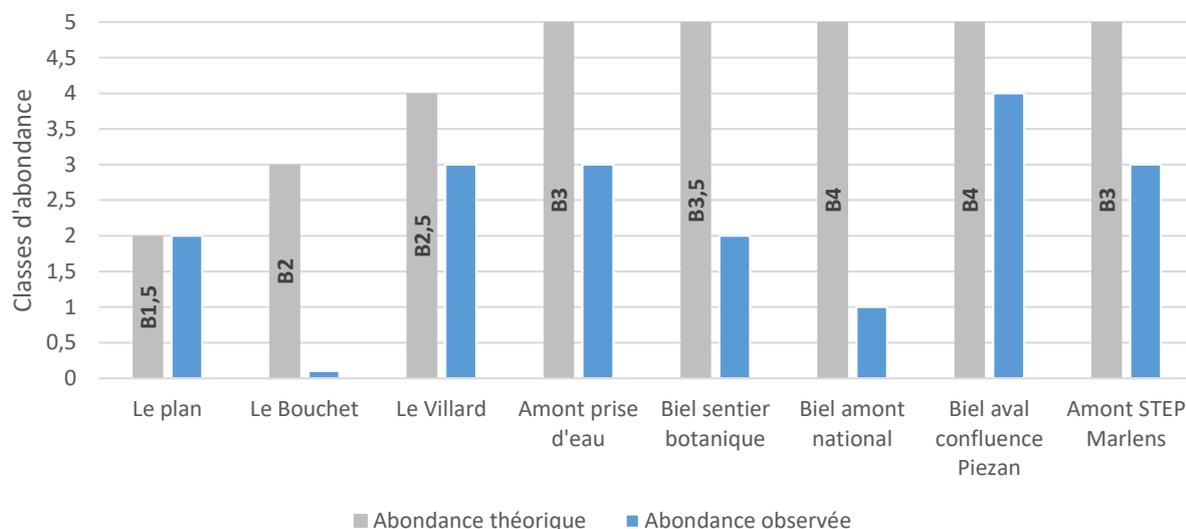


Figure 28 : Comparaison des classes d'abondance observées avec les classes d'abondance théorique des truites fario

La seconde espèce présente sur l'ensemble du bassin est le chabot (Figure 29). Les classes d'abondance de ce dernier sont à prendre avec précautions en raison des difficultés d'échantillonnage à l'électricité. Le chabot étant une espèce benthique, l'électricité n'est pas toujours efficace et elle est la plupart du temps sous-échantillonnée. La présence du chabot sur le cours principal de la Chaise s'étend de la station la plus aval (STEP Marlens) au Bouchet. Le chabot est absent des 2 stations les plus amont, ainsi que sur la station amont prise d'eau. Les abondances sont élevées sur les stations aval (à partir de la confluence biel-Chaise), sans toutefois atteindre le niveau attendu (Figure 30) et sur la station du Bouchet où la classe d'abondance observée correspond à la classe théorique. Les présences sont plus anecdotiques sur les autres stations du linéaire principal.

Sur le TCC, le chabot est absent, à l'exception de la station la plus aval, influencée par la partie en aval de la restitution du biel, toujours en eau. Quant au biel, le chabot est présent sur les stations intermédiaire et aval.

Sur les affluents, le chabot n'est présent que sur le ruisseau du Marais (classe d'abondance de 3).

En comparaison avec les résultats des pêches historiques (2005), la répartition du chabot n'a pas changé: il est toujours absent de l'amont de la prise d'eau, mais présent au Bouchet, sur le biel intermédiaire et à l'amont de la STEP de Marlens.

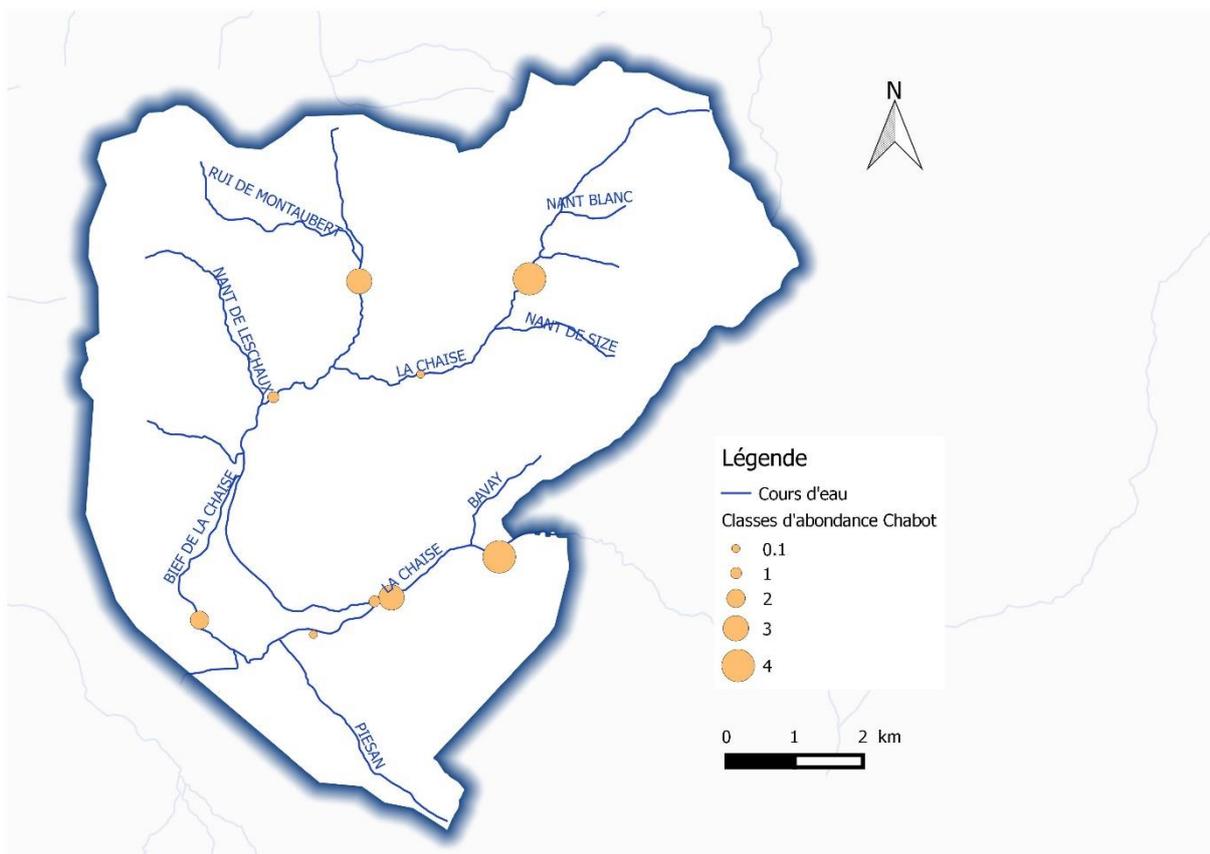


Figure 29 : Répartition par classe d'abondance du chabot sur le bassin versant de la Chaise en Haute-Savoie

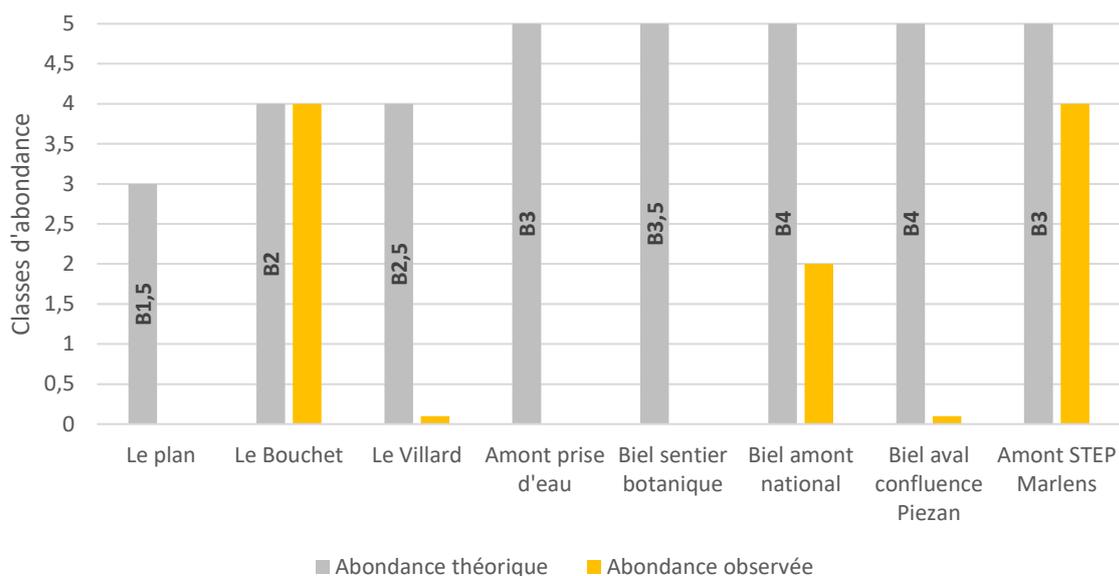


Figure 30 : Comparaison des classes d'abondance observées avec les classes d'abondance théorique des chabots

On notera aussi la présence de quelques autres espèces piscicoles sur la partie aval de la Chaise (aval confluence TCC-Chaise) : la loche franche, présente à partir de l'aval du TCC jusqu'à la limite départementale ; le blageon, uniquement capturé sur la station Pont d'Ombre (aval confluence TCC-biel) et l'ombre commun avec la présence d'un seul individu sur la station la plus aval (STEP Marzens). Les résultats de la pêche électrique à la STEP de Marzens en 2005 n'avait montré que 2 espèces : la truite fario et le chabot. Le nombre d'espèces s'élève donc à 4 à *minima* sur cette station.

8.4.2 Etats des populations de truites : densités et biomasses

L'état global de la population de truite fario sur le bassin versant de la Chaise peut être qualifié de moyen à bon (Figure 31 et Figure 32).

Sur les deux figures de gauche, les points blancs représentent les pêches d'inventaire effectuées en 2017 dans le cadre de ce diagnostic. Les points rouges correspondent aux 2 pêches effectuées en 2016, dans le cadre de l'observatoire départemental (4 stations seront désormais suivies chaque année). Les points noirs représentent des pêches effectuées en 2005. Les boxplots sur les figures de droite ne tiennent compte que des pêches effectuées en 2017.

Trois stations apparaissent dans la classe « dégradé » mais sont en réalité apiscicole. Il s'agit de la station les Mouilles, située sur la partie extrême amont de la Chaise et de 2 affluents : la Savatte et le Nant d'Arcier (amont cascade). Le caractère apiscicole de ces stations ne sont pas dû à une dégradation du milieu mais simplement à des caractéristiques de milieux extrêmes ne pouvant accueillir de manière pérenne de populations piscicoles.

Sur le cours principal de la Chaise, trois cas de figures peuvent être observés :

- Le cas des stations amont : de la source au Bouchet, il semble que le milieu soit peu favorable au maintien d'une population conforme au standard départemental (Figure 31 et Figure 32, résultats très faibles autant en densités qu'en biomasses), en raison du caractère torrentiel de la Chaise. Une petite population de truite réussit tout de même à se maintenir à partir du Plan. Les résultats de 2017 sur la station située au Bouchet sont très proches de ceux de 2005.

- Le cas des stations intermédiaires : sur les 3 stations situées entre le Villard et la prise d'eau du biel, la population de truite fario est conforme au standard départemental. Le milieu devient plus favorable à la truite fario, la pente reste élevée, mais la thermie et la granulométrie devienne peu à peu plus attractif pour la truite et l'occupation du sol est encore très rurale. Les résultats de la station amont prise d'eau du biel sont en augmentation par rapport à 2016 et 2005.
- Le cas des stations en aval du TCC : les 2 stations apparaissent comme moyennes (la biomasse pour la station Pont d'Ombre est dans la classe dégradée). Les résultats de la station amont STEP Marlens ont peu évolué entre ceux de 2005 et ceux de 2017.

Concernant les affluents de la Chaise, le Nant Blanc (affluent le plus en amont sur le bassin) se démarque des autres. La population est dans le standard départemental bas. Les autres affluents sont entre les classes dégradées et moyennes. Le ruisseau du Marais montre tout de même une forte densité (standard départemental bas), alors que la biomasse est très basse (révélant donc un probable déficit en géniteurs et un grand nombre d'alevins et juvéniles).

Le biel de la Chaise montre de fortes densités, mais pour les 2 stations amont et intermédiaire, les biomasses sont très faibles. Cela indique un fort taux d'alevins et une absence ou quasi-absence de géniteurs. Le contraste des résultats de 2005 et 2016 avec ceux de 2017 sur la station intermédiaire est très marqué : la biomasse a chuté de 86% tandis que la densité a plus faiblement baissé. Cette forte chute en moins d'une année est très probablement due à la prise en glace du biel durant l'hiver 2016/2017. Ce fait rapporté par des pêcheurs a été confirmé par les sondes thermiques qui ont enregistré des températures négatives.

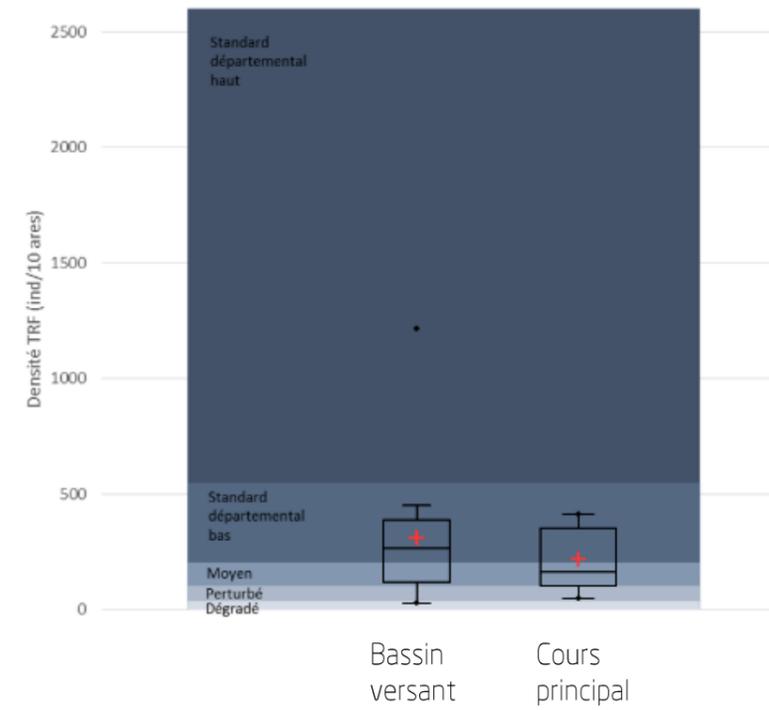
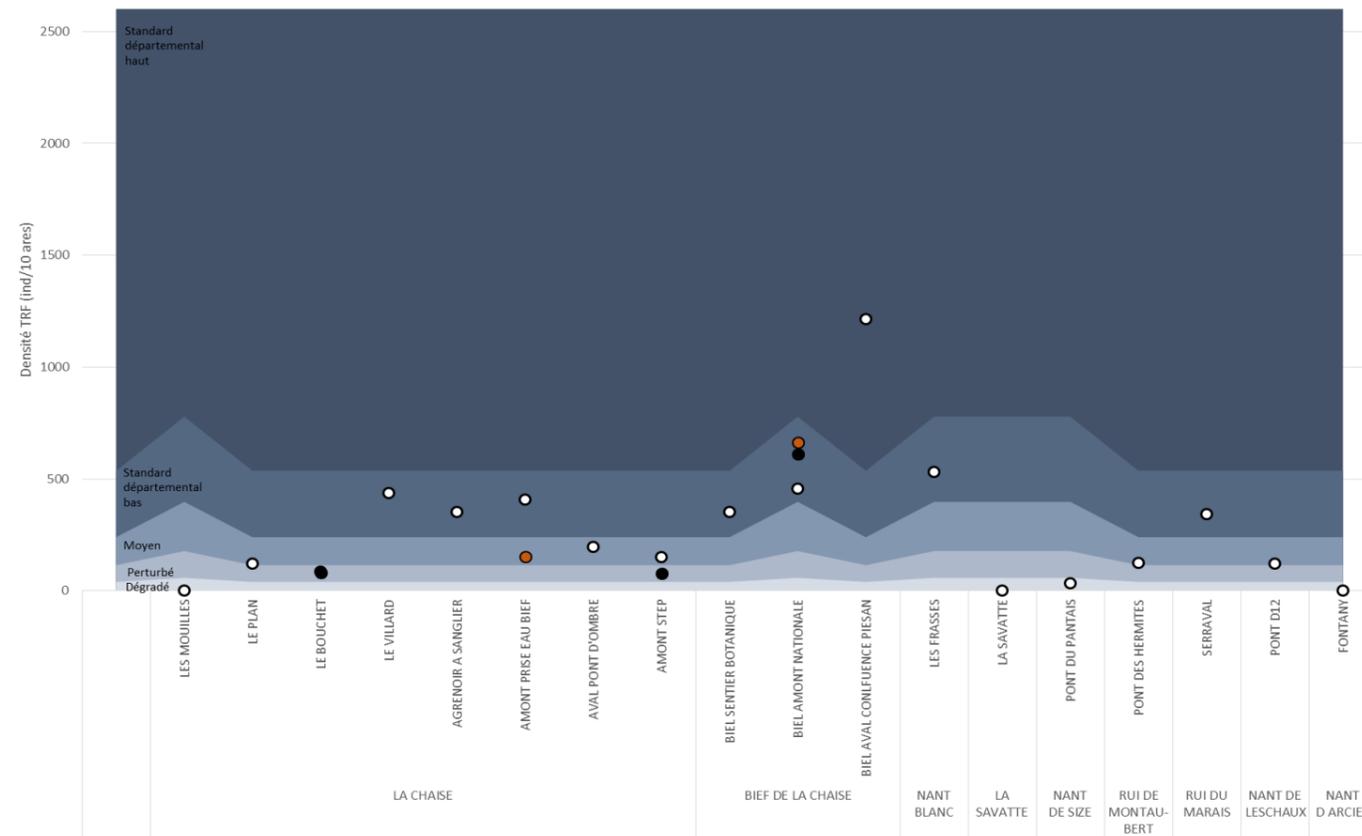


Figure 31 : Valeurs de densité de truites (individus/10 ares, bleu) par station à gauche (les points blancs = campagne 2017 ; les points noirs = données 2005 et les points rouges : données 2016) et à droite répartition (box-plot) de ces valeurs (2017 uniquement) sur la totalité du bassin versant de la Chaise, puis uniquement du cours principal

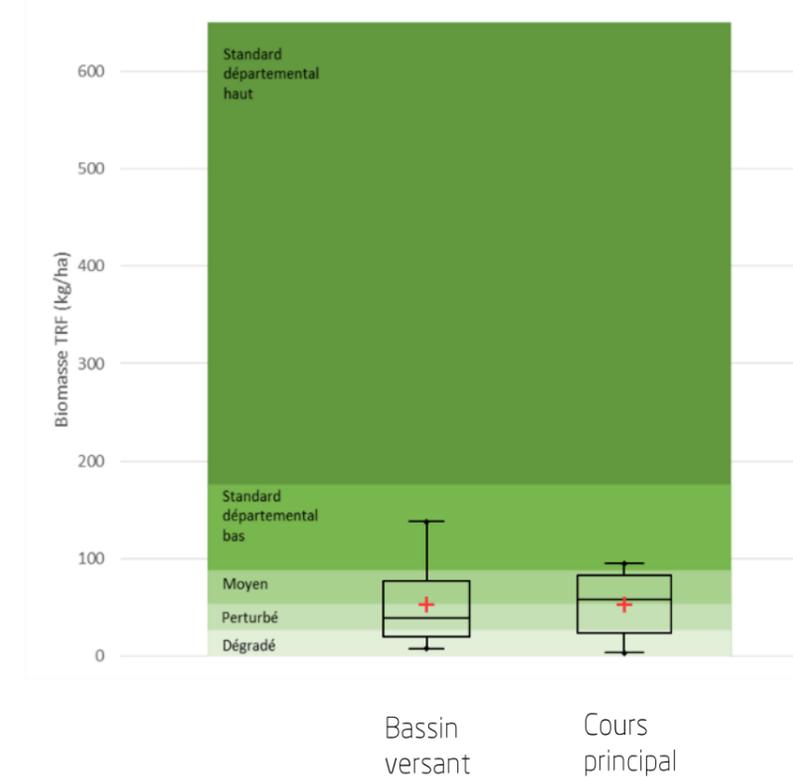
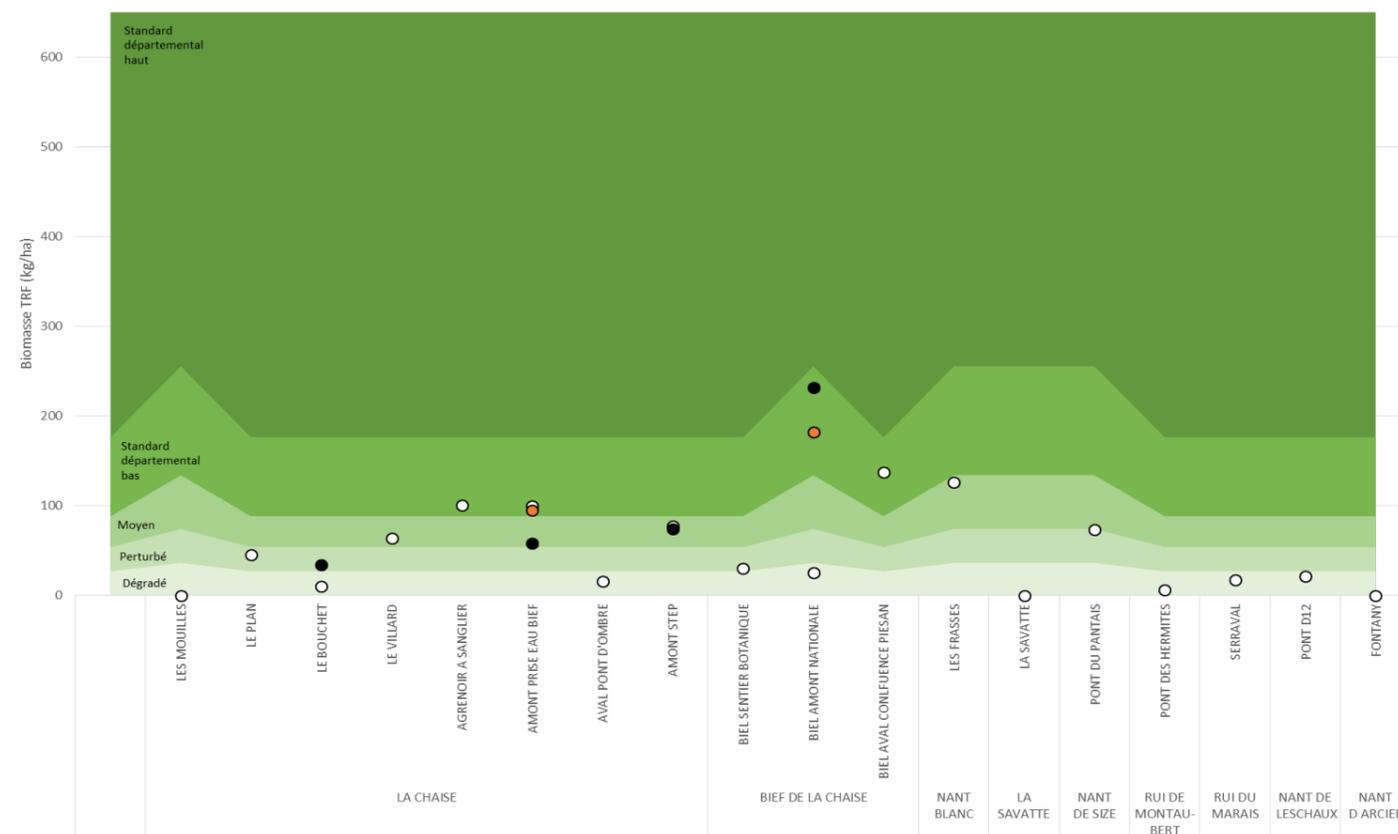


Figure 32 : Valeurs de biomasses de truites (individus/10 ares, bleu) par station à gauche (les points blancs = campagne 2017 ; les points noirs = données 2005 et les points rouges : données 2016) et à droite répartition (box-plot) de ces valeurs (2017 uniquement) sur la totalité du bassin versant de la Chaise, puis uniquement du cours principal

8.4.1 Structure de la population de truite fario

Les graphiques de structures en taille et en âge des populations de truite fario (Figure 33 et Figure 34) viennent confirmer le paragraphe précédent sur les densités et biomasses.

Sur le cours principal de la Chaise, les 2 stations amont ont une population de truite très faible, et de ce fait pas de structuration bien visible. Pour la station Le Plan (1), quelques géniteurs (>3+) viennent compléter l'effectif de juvéniles (très probablement des 0+). En revanche, il manque les cohortes 1+ et 2+. Au Bouchet (4), il y a une absence quasi-totale de géniteurs, et les individus juvéniles sont en déficit.

Sur les 3 stations suivantes (Le Villard, l'Agrenoir à sanglier et Amont prise d'eau du biel), toutes les cohortes jusqu'à 4+ sont bien représentées. Le recrutement naturel semble bien fonctionner.

Concernant les stations aval, la population de la station amont STEP Marlens (16) est bien structurée mais on observe des densités plutôt faibles, notamment en alevins. Sur la station du Pont d'Ombre (15), il manque clairement les géniteurs, et les densités d'alevins sont assez faibles.

Sur les affluents, le Nant Blanc (2) apparaît bien structuré, la population semble fonctionnelle. Sur le Nant de Size (5), on observe l'absence totale d'alevins. Seuls quelques géniteurs de plus de 3 ans sont présents. Sur les ruisseaux de Montaubert et du Marais (7 et 8), les alevins sont présents (bien qu'en faible densité sur le ruisseau de Montaubert), mais les géniteurs sont quasi, voir totalement, absents. Il manque clairement les individus immatures (1+) et les 2+. Sur le Nant de Leschaux (10), la population est déficitaire en termes de densités. Les cohortes 0+, 1+ et 3+ sont présentes mais en très faibles densités.

En ce qui concerne le biel de Saint-Ferréol, les géniteurs sont quasi absents des stations amont et intermédiaire (12 et 13), mais les alevins bien représentés. La station aval est bien structurée et laisse supposer qu'elle est fonctionnelle.

Globalement, il apparaît que la cohorte des 2+ est très peu représentée sur l'ensemble du bassin versant. Ce constat a pu être causé par une mauvaise année de reproduction 2014-2015 constatée sur l'ensemble du territoire haut-savoyard par le biais des pêches électriques de l'observatoire départemental (le début de l'année 2015 a été marqué par une forte pluviométrie et des crues récurrentes pouvant expliquer un faible taux de survie des alevins de l'année). Le bassin de la Chaise est aussi marqué par une faible densité de géniteurs, mais qui réussissent néanmoins à frayer et faire perdurer les populations.

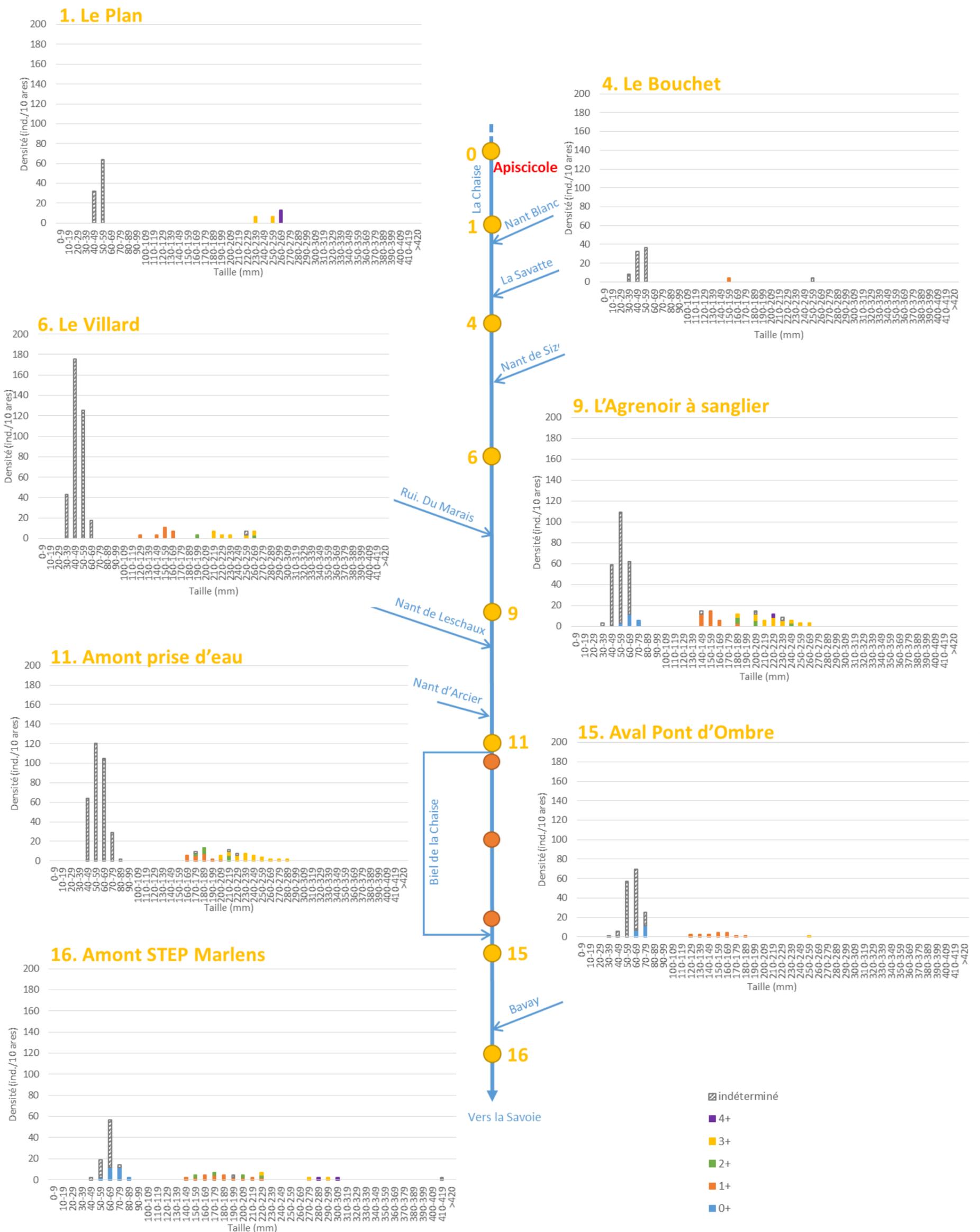


Figure 33 : Histogrammes de la densité de truites en fonction de la classe de taille et de l'âge, sur chaque station du cours principal de la Chaise

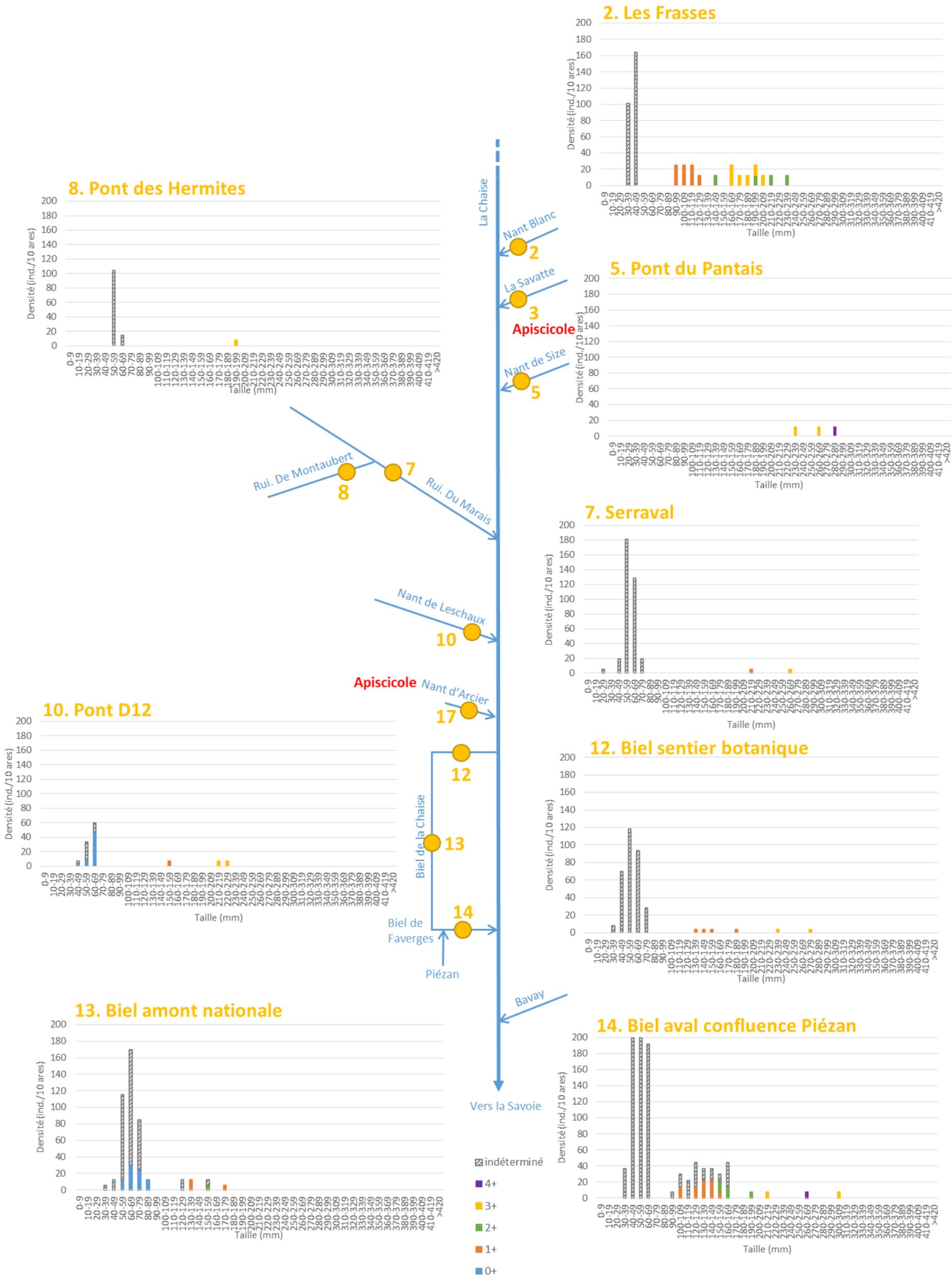


Figure 34 : Histogrammes de la densité de truites en fonction de la classe de taille et de l'âge, sur chaque station des affluents et du biel de la Chaise

8.4.2 Données de pêches électriques de la FDPPMA 73

La Fédération de Savoie pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques possède une station de pêche électrique suivie en 2013, 2014 et 2015 sur la Chaise dans leur territoire.

Le peuplement est composé des espèces suivantes :

- Truite fario ;
- Chabot ;
- Chevesne en 2013 ;
- Truite arc en ciel en 2013 et 2014 ;
- Loche franche en 2014.

Les densités en truite fario sont en baisse depuis 2013, passant de 395,5 ind/10 ares à 154,1 ind/10 ares en 2014 puis 130,1 ind/10 ares en 2015. La biomasse était quant à elle plus élevée en 2015 qu'en 2014 (106,6 kg/ha en 2015 et 90,8 kg/ha en 2014). C'est en 2013 qu'elle est la plus haute, avec 317,5 kg/ha.

8.5 Qualité physico-chimique

Les résultats des 2 campagnes (mai et septembre 2017) montrent une excellente qualité physico-chimique au sens de la DCE (MEEM, 2016) sur l'ensemble du cours principal de la Chaise, de la source à la limite départementale, ainsi que sur le biel de Saint-Ferréol (Tableau 4).

Tableau 4 : Résultats des analyses physico-chimiques des 2 campagnes 2017 sur le cours principal de la Chaise et le biel de Saint-Ferréol

Nom station	Code Station	Date	Magnésium dissous (mg/L Mg++)	Calcium dissous (mg/L Ca++)	Matières en suspension totales (mg/L)	Carbone organique total (mg/L C)	DBO5 (mg/L O2)	Concentration en O2 dissous (mg/L O2)	Saturation (%)	Température (°C)	Nitrates (mg/L NO3-)	Nitrites (mg/L NO2-)	Ammonium (mg/L NH4+)	Orthophosphates (mg/L PO4--)	Phosphore total (mg/L P)	pH	Conductivité (µS/cm)
Le Plan	I-1-718-1095	29/05/2017	4,84	57,6	7,6	0,9	<0,5	9,21	99,5	12,2	0,9	<0,01	<0,05	0,01	<0,01	8,78	300
		26/09/2017	5,35	54,3	36	0,8	0,8	10,81	104,6	8,5	0,8	<0,01	<0,05	0,02	<0,01	8,41	310
Le Bouchet	I-1-718-931	29/05/2017	3,56	56,2	20	0,7	<0,5	9,73	99,9	11,7	1,5	<0,01	<0,05	<0,01	0,038	8,74	278
		26/09/2017	4,43	54	14	0,7	<0,5	11,08	105,8	8,8	1,2	<0,01	<0,05	0,02	<0,01	8,09	304
Le Villard	I-1-718-738	29/05/2017	3,13	48,9	4	0,6	0,5	9,93	100	11,8	1,4	<0,01	<0,05	0,02	0,011	8,76	249
		26/09/2017	4,23	50,9	12	0,6	<0,5	10,99	103,4	9,2	1,4	<0,01	<0,05	0,01	<0,01	8,18	293
Amont prise d'eau	I-1-718-544	29/05/2017	4,11	52,3	2,2	0,7	1,1	9,69	100	13,8	1,6	<0,01	<0,05	0,02	<0,01	8,8	270
		26/09/2017	5,15	53,8	3	0,8	<0,5	11,45	110,5	11,2	1,2	<0,01	<0,05	0,03	<0,01	8,3	313
TCC intermédiaire	I-1-718-498	29/05/2017	4,07	51,8	2,2	0,8	0,7	9,09	101,2	16,9	1,2	<0,01	<0,05	0,03	<0,01	8,84	273
		26/09/2017	5,12	51,2	3	1	1,5	11,13	111,8	13,1	0,9	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	8,29	304
Biel sentier botanique	I-1-277-535	29/05/2017	4,11	53,2	2,8	0,7	0,5	9,66	99,4	13,7	1,3	<0,01	<0,05	0,02	<0,01	8,76	274
		26/09/2017	5,14	52,5	3	0,8	0,5	10,98	107,1	11,7	1,2	<0,01	<0,05	0,02	<0,01	8,46	310
Biel amont nationale	I-1-277-496	29/05/2017	4,03	50,9	20	0,9	0,8	9,2	100,3	16,5	1,2	<0,01	<0,05	0,02	0,015	8,77	271
		26/09/2017	5,03	50,8	6,4	0,9	0,6	10,72	108,5	13,4	1,0	<0,01	<0,05	0,01	0,021	8,25	300
Biel aval confluence Piézan	I-1-277-482	29/05/2017	4,65	50,4	20	1	0,5	9,03	100,6	17,5	1,2	<0,01	<0,05	0,03	0,020	8,73	268
		26/09/2017	5,35	53,2	7,6	1,1	1,1	10,28	104	13,5	1,2	<0,01	<0,05	0,02	0,011	8,32	313
Amont STEP Marlens	I-1-718-445	29/05/2017	6	69,4	4	0,7	<0,5	8,72	NC	17,4	2,9	0,01	<0,05	0,02	<0,01	8,26	369
		26/09/2017	6,3	67,4	2	0,6	<0,5	10,64	106,4	13,1	2,8	0,02	<0,05	0,02	<0,01	8,12	391

D'après Nisbet & Verneaux (1970), le pH de la Chaise, situé entre 8 et 9 pour l'ensemble des stations correspond à des valeurs pour des zones inférieures des réseaux, avec concentrations végétales en faciès lénitiques. Ceci ne correspond pas avec les caractéristiques de la Chaise (cours d'eau de montagne, zone supérieure). Ces valeurs hautes de pH peuvent être expliquées par la nature calcaire du substrat sur lequel s'écoule la Chaise. Il est également plausible que la sonde utilisée ait induit un biais dans le résultat des pH mesurés. D'après Caudron *et al.*, 2006, la valeur seuil maximale de pH pour laquelle on n'observe pas d'effet néfaste sur les salmonidés est de 9 (un pH trop élevé accroît la toxicité de l'ammoniaque et provoque un effet d'irritation pouvant entraîner des hémorragies cutanées).

Au niveau de la conductivité, les valeurs sont plutôt homogènes de l'amont jusqu'à l'aval. Elles sont situées entre 250 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, soit une minéralisation assez forte à forte (Nisbet & Verneaux, 1970), typique des régions calcaires de zones supérieures et moyennes.

Concernant la concentration en matières en suspension (MES), il est généralement admis que les teneurs supérieures à 10 mg/L sont peu favorables pour les peuplements de salmonidés. Caudron *et al.*, 2006 ont fixé une valeur maximale à 30 mg/L en période de basses eaux à partir de laquelle un effet néfaste est constaté sur les salmonidés. Cependant, jusqu'à 25 mg/L, la situation est considérée comme très bonne (zones supérieures et moyennes des cours d'eau de montagne et de pré-montagne). Sur la Chaise, lors de la première campagne du mois de mai, les concentrations sont toutes inférieures à 25 mg/L (20 mg/L pour les valeurs les plus élevées). La 2^{ème} campagne s'est effectuée après un important glissement de terrain sur la zone extrême amont de la Chaise, c'est pourquoi on relève une concentration de 36 mg/L de MES sur la station la plus amont, avec un important dépôt de fines constaté *in-situ*. La situation redevient plus favorable dès la station suivante et ne dépasse pas les 25 mg/L. Le glissement de terrain ayant eu lieu à la fin du mois d'août (campagne de prélèvement effectuée un mois après) a pu avoir un impact sur la faune piscicole sur les stations amont notamment. Il serait intéressant de réaliser des pêches électriques d'inventaires sur ces stations à partir de l'été 2018 afin de vérifier si la reproduction de la truite commune de l'hiver 2017-2018 a été impactée.

La teneur en calcium est relativement homogène sur tout le linéaire (autour de 50 mg/l) et est plus élevée sur la station la plus aval (69 mg/L). Ces valeurs sont normales et traduisent d'un substrat calcaire. La teneur en magnésium est faible (3 à 6 mg/L). Selon Nisbet & Verneaux (1970), la majorité des cours d'eau français ont des teneurs en magnésium entre 5 et 10 mg/L. Toutefois, il est possible de trouver des teneurs inférieures à 5 mg/L dans les zones supérieures. Ainsi, la dureté totale sur l'ensemble du cours d'eau dans sa partie haut-savoyarde correspond à ce que l'on peut trouver dans les zones supérieures de cours d'eau à substrat sédimentaire – régions calcaires.

Les orthophosphates sont présent naturellement à de faibles concentrations (décomposition de matières vivantes, altération de minéraux). Une forte concentration indique une pollution (terres fertilisées, eaux usées, industrie chimique). Elle a pour conséquence la prolifération algale et l'eutrophisation des milieux pouvant avoir des effets directs sur les organismes (mortalités des œufs) ou indirects sur l'habitat (colmatage du substrat) (Caudron *et al.*, 2006). Dans le cas présent, la concentration en orthophosphates est très faible (<0,1 mg/L), signe d'un cours d'eau très peu productif (pas d'eutrophisation) et non pollué.

Ensuite, la teneur en oxygène dissous doit être d'au moins 7 mg/L en permanence pour le maintien d'un peuplement salmonicoles (Nisbet & Verneaux, 1970). Sur la Chaise et son biel, les concentrations relevées sont toujours bien supérieures (>8 mg/L). De plus, la DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène) est toujours inférieure à 1 mg/L (à l'exception de 2 stations où elle est à 1,1), soit une situation normale. Pour les valeurs égales à 1,1 mg/l, la situation est encore acceptable. Caudron *et al.* (2006) fixent une valeur seuil pour les salmonidés à 3 mg/L.

Les nitrites (NO_2^-) sont la forme instable de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates, ils résultent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit de la réduction des nitrates. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique. Dans les eaux exemptes de pollution, il n'y a pas (ou très peu) de nitrites et dans les zones où l'autoépuration est active, cette teneur se maintient au-dessous de 0,01 mg/L ; toutefois l'absence de nitrites ne signifie pas obligatoirement que les eaux soient exemptes de pollution : encore faut-il qu'elle s'accompagne d'une teneur normale en nitrates et d'absence totale d'ions ammonium (Nisbet & Verneaux, 1970). Ainsi, sur la Chaise, les teneurs en nitrites sont toutes inférieures ou égales à 0,01 mg/L, sauf sur la station la plus aval (amont STEP Marlens) où la concentration atteint 0,02 mg/L lors de la campagne de septembre (valeur qui reste tout de même très faible). Pour Caudron *et al.* (2006), un effet toxique est observé chez les salmonidés à partir de 0,1 mg/L.

D'une manière globale, les résultats physico-chimique de la Chaise lors des 2 campagnes de prélèvements en 2017 sont satisfaisants et traduisent d'une bonne qualité physico-chimique pour les paramètres mesurés uniquement. Effectivement, d'autres paramètres tels que les micropolluants n'ont pas été analysés.

Des données plus anciennes de suivis du Conseil Départemental de la Haute-Savoie sont également disponibles sur 7 stations, dont 5 sur la Chaise (situées entre le Bouchet Mont Charvin et Marlens), 1 sur le biel de Saint-Ferréol (située en amont de la confluence avec le Piézan) et 1 sur le ruisseau du Marais. Les données datent de 2004-2005, à l'exception d'une station (au niveau du Pont d'Ombre, juste à l'aval de la confluence entre le biel de Saint-Ferréol et la Chaise) qui a été suivie de 2011 à 2016 (AERMC, 2017). Les résultats physico-chimiques de chacune de ces stations en amont de la limite départementale varient d'un bon état à un très bon état, à l'exception de 2 stations :

- la station à l'aval de la STEP de Marlens (station non analysée en 2017) qui obtient un résultat moyen en nutriment (le paramètre déclassant est l'ammonium)³ lors de la campagne de février 2005. La concentration en NH_4^+ est de 0,59 mg/L (classe moyenne au sens de la DCE). D'après Caudron *et al.*, 2006, un effet néfaste chez la truite commune est constatée à partir de 0,3 mg/L et létal à 1 mg/L ;
- la station du biel de Saint Ferréol, déclassée pour le même paramètre (ammonium) qui atteint 0,89 mg/L en 2004 ainsi qu'une très forte concentration en MES atteignant 110 mg/L également en 2004.

³ <http://sierm.eaurmc.fr>

Discussion

D'après les données de 2017, les résultats physico-chimique n'ont pas montré de problèmes de pollution sur l'ensemble du bassin de la Chaise, dans sa partie haut-savoyarde. Le territoire de la Chaise est caractérisé par une faible urbanisation et un milieu naturel préservé (territoire très rural dominé par le pastoralisme et la forêt) sur l'amont du bassin versant et une urbanisation plus concentrée à l'aval. Effectivement, le caractère très accidenté du bassin concentre la population humaine dans le fond de la vallée, entre Saint Ferréol et Marlens. La pression touristique pour les sports d'hiver reste également faible en comparaison à d'autres territoires de la Haute-Savoie. Ainsi, la physico-chimie du cours principal de la Chaise n'est pas un facteur limitant la répartition des populations piscicoles puisqu'elle est globalement bonne.

Les résultats montrent une situation bien différente entre l'amont et l'aval du bassin versant dans le territoire haut-savoyard. Ainsi, ils seront discutés en 2 parties distinctes.

9 De la source à la prise d'eau du biel de Saint Ferréol

D'un point de vue thermique, la Chaise et ses affluents sont des cours d'eau montagnard, avec des températures relativement basses tout au long de l'année. Les températures hivernales peuvent avoir un impact sur le succès de la reproduction. En effet, une température trop basse induit une augmentation de la durée de la phase embryo-larvaire et peut constituer un risque sur le développement des œufs et alevins vésiculés (Crisp, 1992 ; Humpesch 1985). Selon ce dernier, les températures moyennes journalières inférieures à 1,5°C affectent fortement le taux de survie embryo-larvaire (Humpesch, 1985). Ainsi, les faibles densités et biomasses des stations amont du cours principal de la Chaise (Le Plan, le Bouchet) et de certains affluents (Nant de Size, Nant de Leschaux), classant les populations entre « dégradées » et « perturbées » peuvent être expliquées par ce facteur thermique. Le succès de reproduction peut donc être compromis.

Le facteur thermique n'est pas le seul à mettre en cause la faible taille des populations de truites fario sur les stations amont. La qualité habitacionnelle est aussi très certainement un facteur limitant. Le compartiment physique n'a pas été étudié de manière précise durant le diagnostic piscicole, mais le caractère fortement accidenté du bassin de la Chaise permet de dire que les zones de fraies semblent limitées (substrat grossiers) ainsi que leurs accès (nombreux obstacles naturels). De même, l'instabilité du terrain conduit à de fréquents glissements de terrain, entraînant des coulées de matériaux et un colmatage dans les rivières. Ceci a été le cas à la fin du mois d'août 2017, où un glissement de terrain a eu lieu sur un ruisseau situé à l'extrême amont de la Chaise. D'après les riverains, ces glissements ne sont pas rares, mais celui-ci a été exceptionnel de par sa taille (photos en Annexe 6). Le transport de sédiments était visible jusqu'à la frontière départementale. Un mois après cet événement, lorsque la Chaise a retrouvé une turbidité normale, le colmatage par les fines était bien visible sur la partie amont. Il est possible que ce dernier ait un impact sur la reproduction de la truite fario. Des pêches d'inventaire l'année suivant ce glissement pourront permettre de constater un effet (baisse du nombre d'alevins).

Par conséquent, la petite taille des populations n'est pas expliquée par des perturbations anthropiques mais plutôt par des facteurs naturels. Les populations de truites fario réussissent à se maintenir malgré ces conditions difficiles, mais elles sont fragiles. Rappelons que le bassin est actuellement et depuis 2005 en gestion patrimoniale donc non soutenue par de l'alevinage ; les populations se maintiennent d'elles-mêmes. La fragilité de ces dernières les rend très vulnérable à la moindre

perturbation. Par ailleurs, même si la pression touristique est faible en comparaison à d'autres secteurs du département, l'activité de « ruisseling » (randonnée dans le lit des rivières) est susceptible d'occasionner des dégâts conséquents sur les frayères lorsqu'elle est pratiquée en saison hivernale mais aussi des dérangements de la faune aquatique toute l'année.

La situation piscicole à partir des gorges devient nettement meilleure (Le Villard, Agrenoir à sanglier). Les conditions de milieu sont plus favorables à la truite fario et cela se fait ressentir sur les densités et biomasses plus élevées (conformes au standard départemental).

Concernant les affluents, la plupart d'entre eux sont des milieux extrêmes et naturellement apiscicole. Toutefois, les alevinages du passé ont permis d'installer des populations fonctionnelles mais fragiles (arrêt des alevinages depuis 2005 et encore du poisson aujourd'hui, mais en faibles quantités à l'exception du Nant Blanc et du ruisseau du Marais).

De plus, la durée de vie semble limitée sur un bassin tel que la Chaise (les individus âgés de 4+ sont très rares). La croissance des truites est lente sur la Chaise amont et les affluents en raison des faibles températures. Effectivement, les poissons ne sont pas capables de maintenir leur température corporelle par des moyens physiologiques et leur température varie donc avec la température de l'eau (Jobling, 1996). Lorsque la nourriture n'est pas limitée, la température de croissance optimale de la truite commune se situe aux alentours de 12-13 °C (Elliott, 1975). Ainsi, seuls de rares individus dépassent les 25 cm (le plus gros individu de truite fario mesure 41 cm et a été capturé sur la Chaise aval, à la STEP de Marlens). Toutefois, les croissances sur la partie médiane et aval de la Chaise sont comparables à de nombreux cours d'eau de Haute-Savoie.

La quasi absence d'individus âgés de 2+ traduit une faible réussite de la reproduction de 2014-2015. Les conditions hivernales ont été difficiles en raison de la forte pluviométrie causant des crues sur la plupart du département. D'ailleurs, les résultats du recrutement naturel des pêches de l'observatoire départemental ont permis de mettre en évidence cette mauvaise reproduction sur l'ensemble du territoire haut savoyard. A l'inverse, on note une excellente reproduction de la saison 2016-2017. Il est très probable que celle de 2017-2018 soit compromise en raison des crues du début de l'année 2018 qui reproduit le même schéma que le début d'année 2015.

10 De la prise d'eau du biel à la limite départementale

La Chaise devient plus calme sur la partie aval (à partir de la prise d'eau du biel) en raison d'une plus faible pente. Cette partie est plus urbanisée (commune de Saint-Ferréol) et le linéaire de la Chaise a été rectifié. Par conséquent, la qualité habitacionnelle d'un point de vue piscicole est très limitée.

Comme évoqué dans le paragraphe précédent, la reproduction 2016-2017 a été très bonne d'après les résultats des pêches de l'observatoire du recrutement naturel départemental. Toutefois, l'hiver a été très sec et l'étiage hivernal sévère sur la Chaise aval. Le froid ajouté au manque de précipitations a eu pour conséquence le gel de plusieurs cours d'eau. D'après plusieurs riverains, le biel de Saint-Ferreol a été pris en glace une partie de l'hiver (tandis que l'aval du tronçon court-circuité de la Chaise était sec). Les conséquences de cet étiage ont pu être vérifiées lors des pêches d'inventaires de 2017. Effectivement, sur le biel intermédiaire, les données de 2016 (avant l'hiver) montraient une situation inchangée depuis 2005 (dernières données acquises sur la même station). Les densités et biomasses étaient élevées, avec une bonne structuration de la population, signe d'une population en bonne santé. L'inventaire de 2017 révèle une absence quasi totale de géniteurs. Les alevins de l'année sont présents, la reproduction a donc visiblement pu avoir lieu. L'hypothèse la plus probable étant que les

œufs, enfouis dans le gravier, ont pu se développer, mais les individus nageant (immatures et géniteurs) ont disparu (dévalaison ou mortalité ?). L'inventaire de la zone aval, qui n'a apparemment pas été gelée, montre de très bons résultats (zone refuge ?). Toutefois, si la situation se répète plusieurs années de suite, la population risque de disparaître, d'où la nécessité de conserver un débit suffisant dans le biel toute l'année.

Lors du programme d'identification, de sauvegarde et de réhabilitation des populations de truites autochtones en Haute Savoie (INTERREG III, Caudron *et al.*, 2006), il a été clairement identifié qu'une population de truite de souche autochtone (<25% d'allèles atlantiques) naturellement fonctionnelle était installée dans la Chaise mais également dans le biel. C'est dans la population de ce dernier que la souche est la moins introgressée par les allèles atlantiques (17% d'introgression contre 22 à 32 % à l'amont de la prise d'eau). La qualité génétique du biel est par conséquent à l'origine du classement du bassin de la Chaise en « zone à autochtone » et aucun repeuplement n'a eu lieu depuis, c'est pourquoi, le taux d'introgression n'a pas dû évoluer. Les résultats des analyses génétiques permettront de vérifier cela.

D'après la disposition 6C-01 du SDAGE 2016-2021, les souches autochtones identifiées doivent être préservées. Cependant, la population du biel est aujourd'hui compromise en raison de la future modification de gestion des vannes entre le biel et le TCC.

En effet, il est aujourd'hui question de mettre en place un débit réservé sur le tronçon court-circuité de la Chaise. L'étude du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la Chaise et de sa nappe (2015) a montré que si le biel était supprimé pour laisser passer toute l'eau dans la Chaise, celle-ci continuerait à sécher en période estivale. La durée d'assec serait plus courte. Toutefois, pour espérer avoir l'installation d'une population piscicole fonctionnelle et pérenne, il faut raisonner en absence ou présence d'assec et non en durée, puisqu'une sécheresse aussi courte soit-elle est toujours fatale pour les poissons. Avant même l'assec total, un abaissement significatif du niveau d'eau occasionne déjà des effets négatifs sur les populations (réchauffement de l'eau, baisse de la surface d'habitat, sensibilité à la pollution etc...). Le TCC constitue donc un milieu non favorable à la faune piscicole. L'idée de supprimer le biel a donc été abandonnée, mais il est question de réduire son débit au maximum lors des périodes d'étiage afin de laisser le plus d'eau possible à la Chaise (pour réduire la période d'assec). Le risque est donc d'avoir un débit trop faible dans le biel qui pourrait mettre en danger la population de truites fario (et de chabots). D'après les estimations, le débit du biel pourrait être réduit à 20 L/s lors d'étiage sévère pour un assèchement de la Chaise qui ne serait plus que de 20 jours par an (contre plusieurs mois à l'heure actuelle). Ce débit dans le biel a été qualifié de « débit de survie » mais il n'est aujourd'hui absolument pas certain que ce dernier assure une chance survie à la faune piscicole.

D'après l'étude du SMBVA et nos jaugeages effectués durant l'étiage estival 2017, il semble que ce soit la partie aval du TCC qui sèche en premier lieu et le plus souvent. La partie amont sèche plus rarement et visiblement que lorsque la vanne est fermée (toute l'eau est donc envoyée au biel). Il a été repéré pendant les jaugeages que la vanne a été entièrement fermée alors que le débit entrant à la prise d'eau était supérieur à 200 L/s. Une meilleure gestion des vannes pourrait permettre de laisser en eau la partie amont du TCC tout en laissant suffisamment d'eau dans le biel (100 L/s). Par contre, l'aval du TCC s'assèchera encore. Pour l'heure, la décision finale de la quantité minimale laissée à la Chaise en période d'étiage sévère reste en suspens.

Afin de préserver la population de truites de souche autochtone dans le biel, il est primordial de laisser suffisamment d'eau dans ce dernier. Les jaugeages ont permis de mettre en évidence que le débit du biel ne passe pas en-dessous de 100 L/s (lors des mesures). On sait donc que ce débit est suffisant pour la pérennisation de la population présente. Or, si ce débit doit être réduit pour être restitué à la Chaise, il existera un risque pour les peuplements piscicoles. De plus, le biel de Faverges et le Piésan

n'apportent pas beaucoup d'eau au biel, voire pas du tout en saison estivale, ne permettant pas à la partie aval du biel de Saint-Ferréol de retrouver un débit suffisant pour constituer une zone refuge aux populations des zones amont. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver le bon compromis entre laisser le maximum d'eau dans la Chaise tout en gardant un débit suffisant dans le biel sans prendre le risque de voir les populations piscicoles disparaître.

En outre, la continuité écologique est affectée dans le tronçon court-circuité et le biel de Saint Ferréol amont. Le TCC étant classé en liste 2, les seuils doivent faire l'objet de travaux permettant de les rendre franchissable. Les pêches de sondage du TCC ont montré le peu de poissons vivant dans cette zone, en raison du manque d'eau régulier mais aussi de l'habitat qui n'est pas favorable à la truite fario. La plupart des déplacements migratoires de la truite commune interviennent lors de la période de reproduction, soit en période de hautes eaux au début de l'hiver (Interreg IV, 2015). Il ne paraît donc pas incohérent de rendre ces seuils franchissables en dépit des assècs réguliers. Toutefois, il est probable qu'ils soient très peu empruntés puisque le milieu ne sera pas favorable à la truite fario tant que le tronçon sera toujours aussi peu attractif en termes d'habitats (chenalisation, courant homogène..).

Par ailleurs, des crues ont eu lieu au début de l'année 2018. Sur le bassin de la Chaise, une succession de 2 crues dépassant la crue quinquennale sont survenues à moins d'un mois d'intervalle (photos en Annexe 7 et Annexe 8). Il est probable que ces crues aient eu un impact sur la faune piscicole, notamment sur la reproduction de la truite fario. Les pêches d'inventaire de l'observatoire permettront de constater un éventuel impact de ces crues. Ainsi, l'impact du glissement de terrain ne pourra pas être évalué en raison de ces crues. Les résultats ne permettront pas de différencier les effets entre ces 2 phénomènes naturels. D'ailleurs, les fortes précipitations ayant conduit à ces épisodes de fortes crues ont très certainement occasionné des glissements de terrain sur les zones instables. Le constat avait été fait lors des crues de 2015 sur la reproduction. On s'attend à avoir des conséquences similaires, voire plus importantes encore.

Conclusion et perspectives

La Chaise dans sa partie amont est une rivière encore préservée de l'activité humaine, mais c'est aussi un milieu extrême où les conditions de vie pour la faune aquatique sont difficiles. Les populations subsistent seules, sans l'aide de l'homme, et c'est ce qui en fait sa richesse.

Mais le contraste se fait sentir sur la partie aval : l'apparition du biel de Saint-Ferréol, pour apporter l'énergie hydraulique aux usines, a également permis à la truite fario de s'installer de manière pérenne, tandis que de l'autre côté, dans le cours principal de la Chaise court-circuité par ce biel, les fortes modifications du linéaire l'ont rendu hostile à la faune piscicole. Aujourd'hui, le biel apparaît comme essentiel dans le système Chaise d'un point de vue piscicole. Il abrite une population de truites fario de souche méditerranéenne. Il est par conséquent primordial de conserver ce linéaire afin de pérenniser la population.

La gestion patrimoniale (c'est-à-dire sans alevinage) réalisée depuis 2005 et encore préconisée dans le cadre du PDPG (2016) sur l'ensemble du bassin versant dans sa partie haut-savojarde semble donc adaptée à la situation.

Afin d'assurer une continuité dans l'acquisition de données sur ce territoire, certaines stations d'inventaires complétées par des enregistreurs thermiques vont être intégrées à l'observatoire départemental permettant d'avoir un suivi pluriannuel sur ce bassin dès 2018. Ainsi, 4 stations du cours principal de la Chaise ont été sélectionnées d'après leurs résultats et leur représentativité dans le bassin versant. Mais aussi en prévision des discussions concernant la gestion du biel et de la Chaise. Il s'agit des stations Le Villard, Amont prise d'eau, Amont STEP Marlens et Biel amont nationale. Elles seront par conséquent inventoriées chaque année.

Les prélèvements de morceaux de nageoires vont être analysés génétiquement afin de caractériser l'origine génétique des populations de truites fario.

La modification de la gestion entre le biel et la Chaise pourra engendrer des suivis supplémentaires.

Bibliographie

- AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE-CORSE (2015). Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Rhône-Méditerranée 2016-2021. Document officiel approuvé par arrêté du Préfet coordonnateur de bassin du 3 décembre 2015. 512 pages.
- CABINET MERLIN (2010). Schéma de conciliation des usages et des ressources en eau du bassin versant de l'Arly et de ses affluents. Rapport de phase 1. Contrat de rivière Arly, Doron, Chaise. 159p + annexes.
- CARLE, F. L., & STRUB, M.R. (1978). A new method for estimating population size from removal data. – *Biometrics* 35: 621-360.
- CAUDRON, A., & CATINAUD, L. (2008). Utilisation des fréquences de taille relative pour évaluer les structures de tailles des populations de truites en Haute-Savoie., note technique, FDP74.2008/01, 8p.
- CAUDRON, A., CHAMPIGNEULLE, A., & LARGE, A. (2006). Etats et caractéristiques des populations autochtones de truite commune identifiées en Haute-Savoie et qualité globale du milieu. pp : 55-118 in programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final. 06/02. 12p + annexes.
- CIDEE (2008). Etude multifonctionnelle et plan de gestion des cours d'eau du bassin versant de l'Arly – phase 1 : état des lieux et diagnostic. Rapport provisoire, SIVOM du Val d'Arly. 103p + annexes.
- CRISP T. (1992). Measurement of stream water temperature and biological applications to salmonid fishes, grayling and dace. Freshwater biological association, occasional publication N°29, 72p.
- DE LURY, D.B. (1951). On the planning of experiments for the estimation of fish population. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 18, 281-307.
- DUMOUTIER Q., VIGIER L. ET CAUDRON A. (2010). Macro d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0., 21 p. + annexes.
- EAU & TERRITOIRES (2010). Etude hydromorphologique des cours d'eau du bassin de l'Arly – Etat des lieux et diagnostic. Rapport définitif. Contrat de rivière Arly Doron Chaise, 135 pages.
- ELLIOTT JM (1975). The growth rate of brown trout (*Salmo trutta L.*) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology*, 44, 805-821.
- FDAAPPMA 74 (2016). Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles. 656p + annexes.
- GAY, OKAMURA ET DE KINKELIN (2001). Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46, 31-40.
- HUMPESCH (1985). Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Archiv für. Hydrobiologie*. 104, 129-144.
- JOBLING M. (1996). Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change. *Society for Experimental Biology Seminar Series 61: Global Warming: Implications for freshwater and marine fish*, Cambridge University Press, pp. 225-253.
- MEEM (2016). Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). *Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer*, 38p. +annexes. Disponible sur www.developpement-durable.gouv.fr
- NISBET, M., & VERNEAUX, J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes, Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques, nn. *Sci-Univ. Fr-Comté*, t.6, fasc. 2, pp. 161-190.

- OMBREDANE, D., & RICHARD, A., (1990). Détermination de la zone optimale de prélèvement d'écaillés chez les smolts de truite de mer (*Salmo trutta* L.). *Bull. Fr. Pêche Pisc.*, 319, 224- 238.
- SDAGE 2016-2021 (2015).
- SEBER, G. A. F. & E. D. LE CREN (1967). Estimating population parameters from catches large relative to the population. *Journal of Animal Ecology* 36: 631-643.
- SYNDICAT MIXTE DU BASSIN VERSANT DE L'ARLY (2014). Etude du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la Chaise, de la nappe alluviale et interactions avec les biels. Rapport de synthèse de phase 1. 66p + annexes.
- SYNDICAT MIXTE DU BASSIN VERSANT DE L'ARLY (2015). Etude du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la Chaise, de la nappe alluviale et interactions avec les biels. Rapport de synthèse de phase 2. 147p + annexes.
- SYNDICAT MIXTE DU BASSIN VERSANT DE L'ARLY (2016). Etude du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique de la Chaise, de la nappe alluviale et interactions avec les biels. Rapport de synthèse de phase 3. 22p.
- TEREO (2010). Etude piscicole de l'Arly et de ses affluents – Volume 1 : résultats. Rapport d'étude. Contrat de rivière Arly, Doron Chaise. 80p + annexes.
- VERNEAUX J. (1973). Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Thèse d'Etat. Université de Franche-Comté, Besançon, 257p.
- VERNEAUX J. (1976). Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Les groupements socio-écologiques, Compte rendu de l'académie des sciences, tome 284 (21.02.1977), série D, pp. 675-677.
- VIGIER L., CATINAUD L. ET CAUDRON A. (2009). Plan de gestion piscicole – Unité de gestion Chaise 2010-2014. Rapport FDP74.09/05. 33 p. + annexes.
- VIGIER L., HUCHET P. ET CAUDRON A. (2010). Diagnose écologique et plan de gestion piscicole appliqués au cours d'eau – approche méthodologique à l'échelle du bassin versant. Rapport SHL 295.2010, 38 p. + annexes.

Webographie

Banque hydro : <http://www.hydro.eaufrance.fr/stations/W0425010>, consulté le 03/01/2018

INPN : <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000>, consulté le 03/01/2018

Données publiques ouvertes en Auvergne-Rhône-Alpes : d@tARA.gouv.fr, consulté le 27/11/2017

Site du département de la Haute-Savoie : haute-savoie.gouv.fr, consulté le 27/11/2017

GIDON M. sur Geo-alp : www.geol-alp.com, consulté le 22/11/2017

Ministère de la Transition écologique et Solidaire, portail d'information sur l'assainissement communal : assainissement.developpement-durable.gouv.fr, consulté le 22/11/2017

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, donnée qualité des cours d'eau : <http://sierm.eaurmc.fr>, consulté le 14/12/2017

Annexes

Annexe 1 : Valeurs limites des classes d'états pour les paramètres physico-chimiques (Journal Officiel 0198 du 28 Aout 2015 Texte 04).....	62
Annexe 2 : Valeurs seuils utilisées pour les différents paramètres physico-chimiques de l'eau pris en compte à partir desquels des effets négatifs apparaissent pour les salmonidés (d'après Caudron, 2006a).....	63
Annexe 3 : Résultats détaillés des NTT calculés sur le cours principal de la Chaise.....	64
Annexe 4 : Limite des classes d'abondance numériques et pondérales (CSP DR5, 1995).....	65
Annexe 5 : Classes d'abondances théoriques en fonction du Niveau Typologique Théorique.....	66
Annexe 6 : Photos du glissement de terrain du 29 août 2017 sur le ruisseau des Mouilles: (a) glissement de terrain; (b) ruisseau des Mouilles comblé et (c) état de la Chaise au Bouchet.....	67
Annexe 7 : Photos des crues de janvier 2018: (a) au niveau du pont des bossons et (b) amont cimetière Saint Ferréol.....	68
Annexe 8 : Photos avant/après le passage des crues de janvier 2018.....	69

Annexe 1 : Valeurs limites des classes d'états pour les paramètres physico-chimiques (Journal Officiel 01.98 du 28 Aout 2015 Texte 04)

PARAMETRES	CLASSES				
	TBE	BE	MOY	MED	MAUV
Bilan de l'oxygène					
Oxygène dissous (mg O ₂ /l)	8	6	4	3	< 3
Taux de saturation en O ₂ dissous (%)	90	70	50	30	< 30
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	3	6	10	25	> 25
Carbone organique dissous (mg C/l)	5	7	10	15	> 15
Température					
Eaux salmonicoles	20	21,5	25	28	> 28
Eaux cyprinicoles	24	25,5	27	28	> 28
Nutriments					
PO ₄ ³⁻ (mg PO ₄ ³⁻ /l)	0,1	0,5	1	2	> 2
Phosphore total (mg P/l)	0,05	0,2	0,5	1	> 1
NH ₄ ⁺ (mg NH ₄ ⁺ /l)	0,1	0,5	2	5	> 5
NO ₂ ⁻ (mg NO ₂ ⁻ /l)	0,1	0,3	0,5	1	> 1
NO ₃ ⁻ (mg NO ₃ ⁻ /l)	10	50	*	*	*
Acidification					
pH minimum	6,5	6	5,5	4,5	< 4,5
pH maximum	8,2	9	9,5	10	> 10
Salinité					
Conductivité	*	*	*	*	*
Chlorures	*	*	*	*	*
Sulfates	*	*	*	*	*
*Les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer de seuils fiables pour cette limite					

Annexe 2 : Valeurs seuils utilisées pour les différents paramètres physico-chimiques de l'eau pris en compte à partir desquels des effets négatifs apparaissent pour les salmonidés (d'après Caudron, 2006a)

Composant	Origine	Effets sur les salmonidés	Valeur
Matières en Suspension (MES)	Particules solides fines minérales ou organiques. Proviennent de l'érosion du sol et des berges, surtout abondantes en période de crue. Peut être induite par une pollution mécanique ou organique	Impact limité en période de crue. Par contre les fortes teneurs anormales en période d'étiage peuvent provoquer une irritation branchiale et sont source d'infection bactérienne. En hiver, elles sont également responsables d'un colmatage des frayères pouvant entraîner une asphyxie des oeufs.	< à 30 mg/l en période d'étiage hivernal, < 75 mg/l pour les autres saisons hors période de crue
pH	Dépend de l'origine géologique du sous-sol et de la couverture pédologique. Pollution d'origine industrielle	Le caractère trop acide ou basique d'une eau entraîne un effet direct d'irritation provoquant des hémorragies cutanées pouvant aller jusqu'à la mort. Un pH élevé accroît la toxicité de l'ammoniac.	Impérativement comprise entre 6 et 9
Conductivité électrique	Proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous. Dépend du degré de minéralisation d'une eau. Les valeurs anormales sont signes de pollutions	Les sels dissous exercent une pression osmotique sur les organismes. De fortes variations entraînent une migration voire des mortalités. Une brusque augmentation peut entraîner des lésions cellulaires branchiales.	recommandé entre 150 µS/cm et 750 µS/cm
DBO 5	Permet de considérer la charge organique en estimant la quantité d'oxygène demandée. Une surcharge en matières organiques diminue la quantité d'oxygène dissous	La principale nuisance induite est la baisse de la teneur en oxygène dissous.	< à 3 mg/l souhaitable
Dureté totale	Dépend de la nature des terrains traversés et de l'origine des substrats géologiques. Une forte pollution organique augmente la teneur en calcium suite à l'oxydation des matières organiques qui met en solution du carbonate de calcium.	La teneur en calcium agit directement sur la productivité et la valeur nutritive des eaux.	> à 20 mg/l pour assurer une productivité minimale
Saturation en oxygène dissous	Varie selon de nombreux facteurs naturels ou anthropiques: saison, climat, sous-sol, température, turbidité, matières organiques	Le manque d'oxygène se traduit par l'asphyxie ou des baisses de performances (croissance). Une sous oxygénation est également un facteur important de stress.	Impérativement > à 70% de saturation
NH3	Constitue un maillon du cycle de l'azote dont la concentration varie en fonction du pH et de la température. Peut traduire des pollutions d'origines humaines, industrielles ou agricoles	La présence d'azote ammoniacal sous sa forme non ionisée est très toxique pour les poissons. Les pathologies branchiales entraînent très rapidement la mort.	Impérativement < à 0,025 mg/l
NO2	Forme instable de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates, les nitrites résultent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit de la réduction des nitrates.	De fortes teneurs en nitrites provoquent des lésions branchiales et une transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine. Induit une gêne respiratoire pouvant aller jusqu'à l'asphyxie.	Effets toxiques à partir de 0,1 mg/l
NH4	Présent dans les eaux riches en matières organiques en décomposition. Signe évident de pollution		Néfaste dès 0,3 mg/l et létal à 1 mg/l
PO4	Présent naturellement à de faibles concentrations (décomposition de matières vivantes, altération de minéraux). Indique plutôt une pollution (terres fertilisées, eaux usées, industrie chimique)	Favorise les proliférations algales et donc l'eutrophisation des milieux pouvant avoir des effets directs sur les organismes (mortalités des œufs) ou indirects sur l'habitat (colmatage du substrat)	Nuisance à partir de 0,3 mg/l

Annexe 3 : Résultats détaillés des NTT calculés sur le cours principal de la Chaise

Station	Tmax 30j	T1	d0	D	T2	Sm	p	l	T3	NTT
Le plan	14,1	3,4	2,01	61,0	1,7	0,4	196,3	2,7	-2,3	B1,5
Le Bouchet	14,4	3,6	3,39	59,1	2,3	0,7	115,5	3,52	-1,4	B2
Le Villard	14,4	3,6	5,9	53,6	2,8	1,0	61,6	3,46	0,3	B2,5
Amont prise d'eau	15,6	4,2	9,94	57,7	3,5	1,1	37,4	6,15	-0,6	B3
Biel sentier botanique	15,6	4,3	10,22	57,5	3,6	0,5	22,0	3,06	1,4	B3,5
Biel amont national	16,61	4,8	12,7	55,38	3,8	0,3	10,0	2,06	3,1	B4
Biel aval confluence Piezan	16,2	4,6	15,05	56,8	4,0	0,3	10,7	2,77	2,2	B4
Amont STEP Marlens	14,08	3,4	16,39	74,55	4,4	1,1	9,9	6,63	1,6	B3,5

Annexe 4 : Limite des classes d'abondance numériques et pondérales (CSP DR5, 1995)

Classes de densités estimées : nb ind/ 10 ares (soit 1000 m2)						Classes de biomasses estimées : kg/ha					
	C1	C2	C3	C4	C5		C1	C2	C3	C4	C5
ABL	25	500	1000	2000	4000	ABL	7,88	15,75	31,50	63,00	126,00
ANG	0,5	1	3	5	10	ANG	2,50	5	10	20	40
BAF	3	13	25	50	100	BAF	8,75	17,50	35,00	70,00	140,00
BAM	1	10	20	39	78	BAM	2,38	4,75	9,50	19,00	38,00
BBG	0,5	2	4	8	16	BBG	0,63	1,25	2,50	5,00	10,00
BLE	2	10	20	40	80	BLE	0,08	0,16	0,32	0,64	1,28
BLN	6	38	76	152	304	BLN	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00
BOU	3	18	35	70	140	BOU	0,20	0,40	0,80	1,60	3,20
BRB	5	30	60	120	240	BRB	1,38	2,75	5,50	11,00	22,00
BRE	1	5	9	18	36	BRE	2,25	4,50	9,00	18,00	36,00
BRO	0,5	2	5	9	18	BRO	3,75	7,50	15,00	30,00	60,00
CAR	0,5	2	4	8	16	CAR	1,25	2,50	5,00	10,00	20,00
CCO	0,5	2	5	9	18	CCO	3,13	6,25	12,50	25,00	50,00
CHA	8	75	150	300	600	CHA	2,50	5,00	10,00	20,00	40,00
CHE	5	28	55	110	220	CHE	9,50	19,00	38,00	76,00	152,00
EPI	4	23	46	92	184	EPI	0,15	0,30	0,60	1,20	2,40
EPT	2	8	15	30	60	EPT	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80
GAR	15	170	340	680	1360	GAR	13,75	27,50	55,00	110,00	220,00
GOU	6	58	115	230	460	GOU	2,50	5,00	10,00	20,00	40,00
GRE	6	63	125	250	500	GRE	1,63	3,25	6,50	13,00	26,00
HOT	10	96	193	385	770	HOT	12,50	25,00	50,00	100,00	200,00
LOF	20	200	400	800	1600	LOF	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
LOT	0,5	2	4	8	16	LOT	3,13	6,25	12,50	25,00	50,00
LPP	2	10	20	40	80	LPP	0,07	0,13	0,25	0,50	1,00
OBR	2	6	13	25	50	OBR	4,13	8,25	16,50	33,00	66,00
PCH	1	4	8	15	30	PCH	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00
PER	1	3	6	12	24	PER	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
PES	1	3	6	12	24	PES	0,13	0,25	0,5	1	2
PSR	5	25	50	100	200	PSR	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
ROT	1	4	8	15	30	ROT	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
SAN	0,5	2	5	9	18	SAN	1,88	3,75	7,50	15,00	30,00
SDF	3	15	30	60	120	SDF	7,75	15,50	31,00	62,00	124,00
SPI	2	6	13	25	50	SPI	0,15	0,3	0,6	1,2	2,4
TAC	1	3	5	10	20	TAC	1,38	2,75	5,50	11,00	22,00
TAN	0,5	3	5	10	20	TAN	1,88	3,75	7,50	15,00	30,00
TOX	3	17	35	69	138	TOX	6,25	12,50	25,00	50,00	100,00
TRF	5	50	100	200	400	TRF	12,75	25,5	51	102	204
VAI	15	175	350	700	1400	VAI	2,25	4,50	9,00	18,00	36,00
VAN	5	28	55	110	220	VAN	5,00	10,00	20,00	40,00	80,00

Annexe 5 : Classes d'abondances théoriques en fonction du Niveau Typologique Théorique

APP	DISP	AMPL	Ordre	ESP	IS	IH	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	
1	4,0	4	1	SDF	70	88	2	3	5	3	2	1	1											
1,5	7,0	7	2	CHA	70	91	2	3	4	4	5	5	5	4	3	2	1	1	1	0,1				
1,5	8,0	8	3	TRF	45	88	1	2	3	4	5	5	5	4	4	4	2	1	1	1	1	1		
2	7,5	6	4	LPP	75	85			1	2	3	3	4	4	5	5	4	3	2	1				
2	8,0	7	5	VAI	55	77			0,1	1	3	4	5	4	3	3	2	1	1	1	1			
2,5	7,0	5	6	BAM	70	88				0,1	1	1	3	5	5	4	3	1	1					
2,5	8,5	7	7	LOF	30	85				1	2	3	4	5	5	4	3	3	2	1	1	1		
2,5	1,0	6	8	OBR	70	88				0,1	1	2	3	4	5	5	4	3	2	1	1			
3	9,0	7	9	EPI	25	45					0,1	1	3	4	5	5	4	3	3	2	2	1	1	
3,5	8,0	5	10	BLN	60	79						0,1	1	2	3	4	5	3	1	1	1			
3,5	8,0	6	11	CHE	30	38						0,1	1	3	3	3	4	4	5	3	3	2	1	
3,5	9,0	6	12	GOU	45	74						0,1	1	2	3	3	4	5	5	3	3	2	1	
3,5	9,0	5	13	APR	85	95							0,1	1	3	4	5	4	3	1	1			
3,5	8,0	5	14	BLE	45	75							0,1	1	3	4	5	4	2	1	1			
4,5	8,5	5	15	HOT	40	83								0,1	1	3	5	4	3	2	1	1		
4,5	8,5	5	16	TOX	40	82								0,1	1	3	5	4	3	2	1	1		
4,5	9,0	5	17	BAF	50	85								0,1	1	2	3	4	5	5	3	2	1	
4,5	8,5	5	18	LOT	60	95								0,1	1	2	3	4	5	3	2	1		
4,5	9,0	5	19	SPI	50	74								0,1	1	2	3	4	5	3	2	1		0,1
4,5	9,0	5	20	VAN	55	63								0,1	1	2	3	4	5	3	2	1		1
5	9,0	5	21	EPT	25	45									0,1	1	2	3	5	5	4	3	3	
5,5	9,0	4	22	BOU	45	86										0,1	1	4	3	5	5	4	4	
5,5	9,0	4	23	BRO	45	95										0,1	1	2	3	5	5	4	3	
5,5	9,0	4	24	PER	50	76										0,1	1	2	3	5	5	4	3	
5,5	9,0	4	25	GAR	20	46										0,1	1	2	3	4	5	4	3	
5,5	9,0	4	26	TAN	35	81										0,1	1	2	3	4	4	5	5	
6,5	9,0	4	27	ABL	25	46											0,1	1	3	4	5	4	4	
6	9,0	4	28	CAR	40	81											0,1	1	2	3	5	5	4	
6	9,0	4	29	PSR	15	35											0,1	1	3	4	5	5	4	
6,5	9,0	3	30	CCO	40	84												0,1	1	3	5	4	3	
6,5	9,0	3	31	SAN	30	73												0,1	1	3	5	4	4	
6,5	9,0	3	32	BRB	25	71												0,1	1	3	4	4	5	
6,5	9,0	3	33	BRE	30	74												0,1	1	3	4	4	5	
7	9,0	3	34	GRE	30	54													0,1	3	5	4	3	
7	9,0	3	35	PES	45	70													0,1	3	4	5	5	
7	9,0	3	36	ROT	40	89													0,1	2	3	4	5	
7,5	9,0	3	37	BBG	55	95													0,1	1	3	5	5	
7,5	9,0	2	38	PCH	35	80														0,1	3	5	5	
7,5	9,0	2	39	SIL	30	80														0,1	3	5	5	
4	9,0	6	40	ANG	31	55							0,1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	
							1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	
SCORE D'ABONDANCE OPTIMAL							2	5	8	12	14	16	20	22	24	36	48	56	60	76	84	80	76	
VARIÉTÉ OPTIMALE OBSERVÉE				+-			1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	6	6	6	6	
VARIÉTÉ OPTIMALE THÉORIQUE							1	2	3	4	5	6	7	9	12	15	18	21	24	27	30	28	28	

Annexe 6 : Photos du glissement de terrain du 29 août 2017 sur le ruisseau des Mouilles : (a) glissement de terrain; (b) ruisseau des Mouilles comblé et (c) état de la Chaise au Bouchet

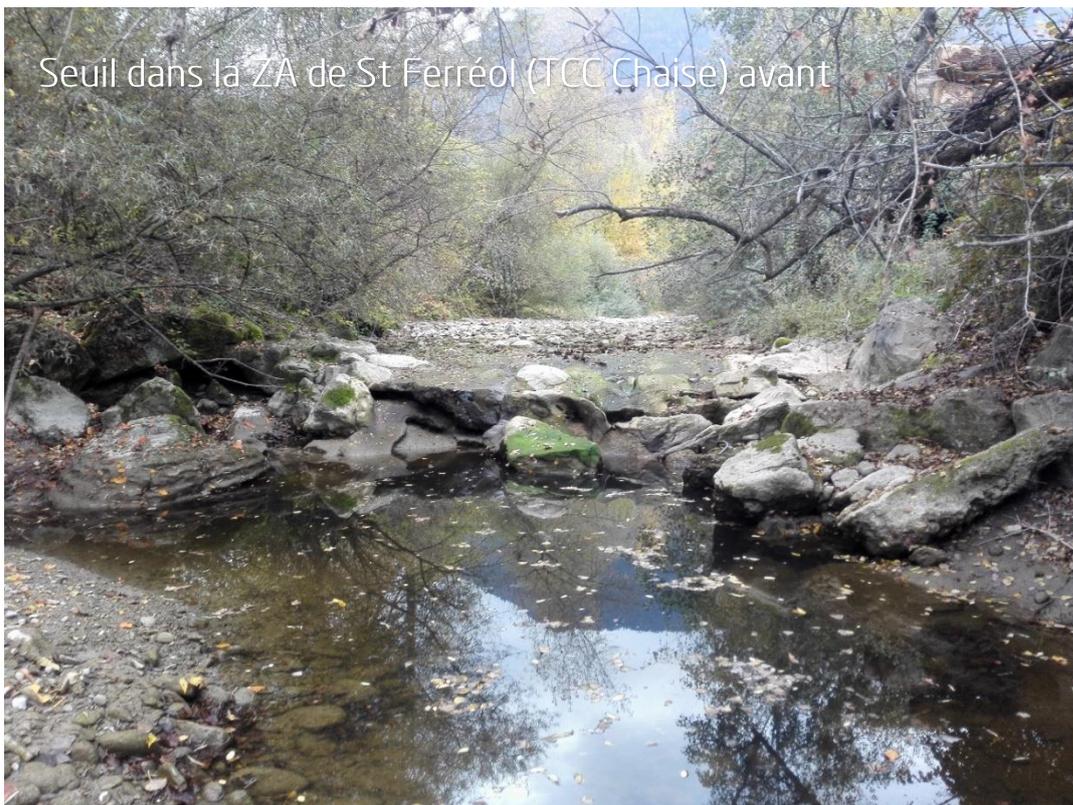


Annexe 7 : Photos des crues de janvier 2018 : (a) au niveau du pont des bossons et (b) amont cimetière Saint Ferréol





Seuil dans la ZA de St Ferréol (TCC Chaise) avant



Seuil dans la ZA de St Ferréol (TCC Chaise) après

