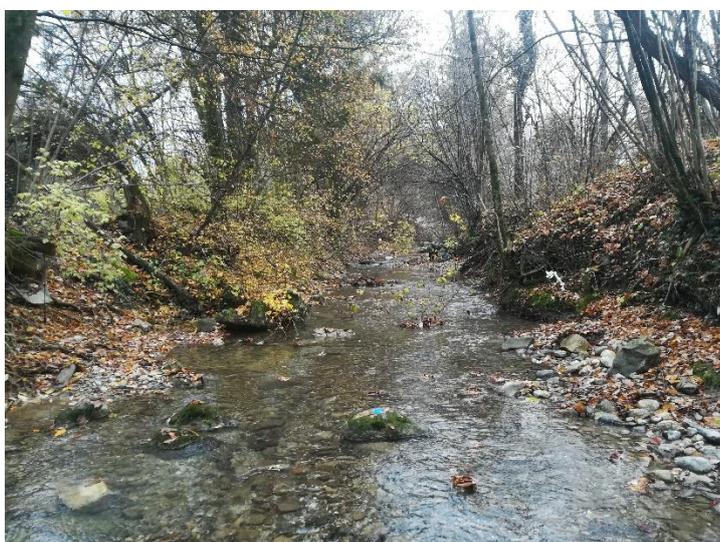


# Diagnostic piscicole du Bronze

Données 2019



BEAUFILS M.

Juin 2020

Rapport FDP74. 20/06

Participation technique :



## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Introduction.....                                 | 3  |
| Matériel et Méthodes.....                         | 4  |
| 1 Description du bassin versant du Bronze.....    | 4  |
| 1.1 Contexte général.....                         | 4  |
| 1.2 Contexte réglementaire.....                   | 5  |
| 2 Méthode de diagnostic écologique.....           | 6  |
| 3 Investigations à l'échelle du BV.....           | 7  |
| 3.1 Géologie.....                                 | 7  |
| 3.2 Hydrologie et météorologie.....               | 7  |
| 3.3 Occupation des sols.....                      | 8  |
| 3.4 Continuité écologique.....                    | 8  |
| 3.5 Historique des pratiques de repeuplement..... | 9  |
| 3.6 Usages.....                                   | 9  |
| 4 Investigations à l'échelle du tronçon.....      | 10 |
| 5 Investigations à l'échelle de la station.....   | 11 |
| 5.1 Qualité thermique.....                        | 12 |
| 5.2 Etude du compartiment piscicole.....          | 13 |
| 5.3 Qualité physico-chimique.....                 | 14 |
| Résultats et discussions.....                     | 15 |
| 6 Evaluation à l'échelle du bassin versant.....   | 15 |
| 6.1 Géologie.....                                 | 15 |
| 6.2 Hydrologie.....                               | 15 |
| 6.3 Occupation des sols.....                      | 18 |
| 6.4 Continuité écologique.....                    | 18 |
| 6.5 Historique des pratiques de repeuplement..... | 19 |
| 6.6 Usages.....                                   | 20 |
| 7 Evaluation à l'échelle de la station.....       | 20 |
| 7.1 Qualité thermique.....                        | 20 |
| 7.2 Qualité piscicole.....                        | 24 |
| 7.3 Qualité physico-chimique.....                 | 28 |
| Conclusion.....                                   | 31 |
| Bibliographie.....                                | 32 |
| Webographie.....                                  | 33 |
| Annexes.....                                      | 34 |

## Table des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Carte de la localisation du bassin versant du Bronze en Haute-Savoie.....   | 4  |
| Figure 2 : Profil en long du Bronze.....   | 5  |
| Figure 3 : Carte des classements réglementaires du bassin versant du Bronze.....   | 6  |
| Figure 4 : 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.....   | 10 |
| Figure 5 : Localisation des stations de pêches électriques d'inventaires et de suivis thermiques pour le suivi 2019.....   | 11 |
| Figure 6 : Carte géologique du bassin versant du Bronze (source : swisstopo).....  | 15 |
| Figure 7 : Graphique des débits moyens journaliers du Bronze sur les 5 dernières années (données Banque Hydro).....  | 16 |
| Figure 8 : Graphiques des précipitations moyennes mensuelles à Marignier sur les années 2018 et 2019 (histogrammes) et des précipitations moyennes cumulées à Marignier sur les années 2018 et 2019 (courbes). Données ROMMA.....  | 16 |
| Figure 9 : Histogrammes des températures mensuelles à Marignier sur les années (A) 2018 et (B) 2019 (données ROMMA).....   | 17 |
| Figure 10 : Occupation des sols sur le bassin versant du Bronze.....   | 18 |
| 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.....  | 19 |
| Figure 12 : Linéaire de repeuplement en truite commune de 2015 à 2019 par l'AAPPMA du Faucigny.....  | 20 |
| Figure 13 : Graphique des températures moyennes journalières des 4 stations sur le Bronze, sur une période d'un an.....  | 21 |
| Figure 14 : Histogrammes (A) des températures instantanées maximales (Ti max), de l'amplitude thermique (Ati) et de la température moyenne des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) sur les 4 stations ; (B) du nombre de jours où la température moyenne journalière est située dans le préférendum thermique de la truite fario (entre 4 et 19°C)..... | 22 |
| 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 du Bronze durant l'année 2019.....  | 23 |
| Figure 15 : Durée totale (incubation + résorption) en jours de la Phase Embryo-Larvaire (PEL) de la vie sous graviers (de la fécondation à l'émergence) sur le cours principal du Bronze durant l'année 2019.....  | 23 |
| Figure 16 : Répartition par classe d'abondance de la truite fario sur le bassin versant de l'Ugine.....  | 24 |
| Figure 17 : (A) Valeurs de densité de truites (individus/10 ares, bleu) par station (les points blancs = campagne 2018 ; les points noirs = données antérieures) ; (B) Valeurs de biomasses de truites (individus/10 ares, bleu) par station (les points blancs = campagne 2018 ; les points noirs = données antérieures).....                           | 25 |
| Figure 18 : Histogrammes de la densité de truites fario en fonction des classes de tailles et d'âges pour chaque station.....  | 27 |

# 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 diagnostics écologiques complets 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 du Bronze, il existe des données récentes mais qui ne concernent qu'une petite partie du bassin versant (données microcentrale). Il était donc nécessaire de compléter les données existantes par des investigations supplémentaires.

Le choix de réaliser le diagnostic piscicole de ce petit bassin versant en 2019 résulte de la priorisation des unités de gestion à diagnostiquer de la part de l'AAPPMA du Faucigny.

Actuellement, la gestion pratiquée sur le Bronze est une gestion raisonnée de repeuplement en alevins de truite fario.

Ce présent rapport a donc pour objectifs :

- ✓ d'acquérir ou d'actualiser les connaissances nécessaires en terme de population piscicole afin d'adapter au mieux le plan de gestion lors de la prochaine actualisation du PDPG ;
- ✓ 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 ou de manière bisannuelle. 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 du Bronze

### 1.1 Contexte général

Le Bronze, situé dans le département de la Haute-Savoie (Figure 1), prend sa source au pied du Massif du Bargy vers 1620m d'altitude. L'écoulement s'effectue du Sud vers le Nord. C'est un affluent rive gauche de l'Arve. Plus haut, il traverse les alpages de la Pellaz et de Morsullaz pour ensuite poursuivre sa course dans des gorges et terminer dans l'Arve environ 13 km plus bas. Les communes concernées par le bassin versant sont Bonneville, le Mont-Saxonnex et Brizon.

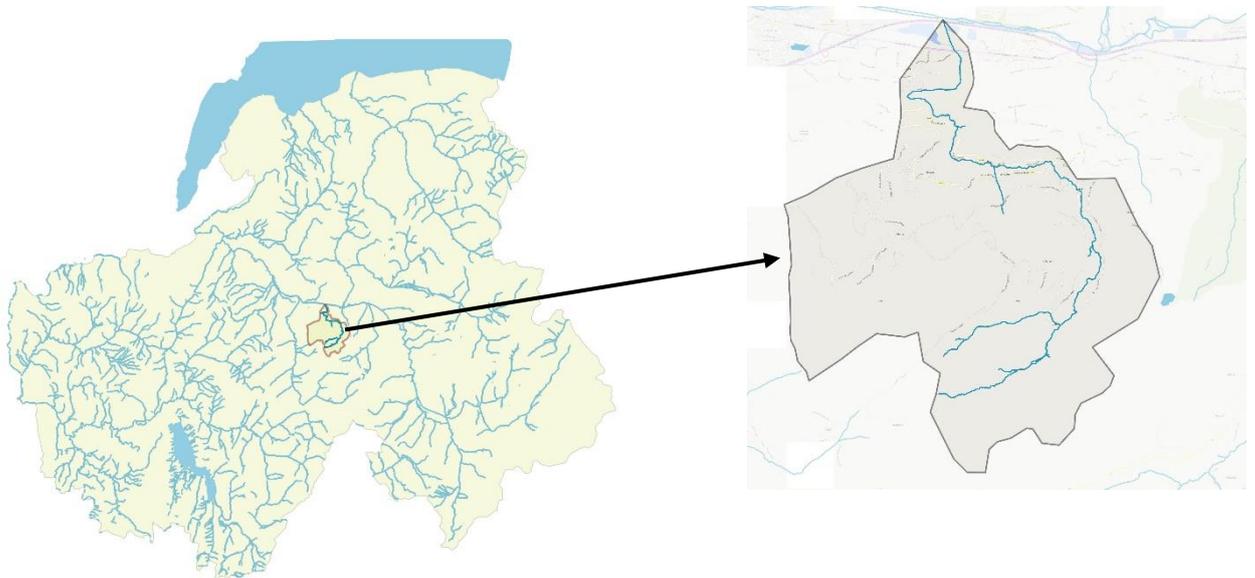


Figure 1 : Carte de la localisation du bassin versant du Bronze en Haute-Savoie

Le linéaire du Bronze suit une pente relativement forte et homogène (Figure 2). La pente est assez forte sur les 2 premiers kilomètres après la source puis devient un peu plus douce dans la traversée des alpages. Elle redevient plus raide entre 8,5 et 11 km à la source, cette zone correspondant à la zone de gorges, juste après la cascade du Dard. Les 3 derniers kilomètres correspondent à la traversée de Bonneville – Le Thuet, zone de plaine (pente très douce) avant de rejoindre l'Arve.

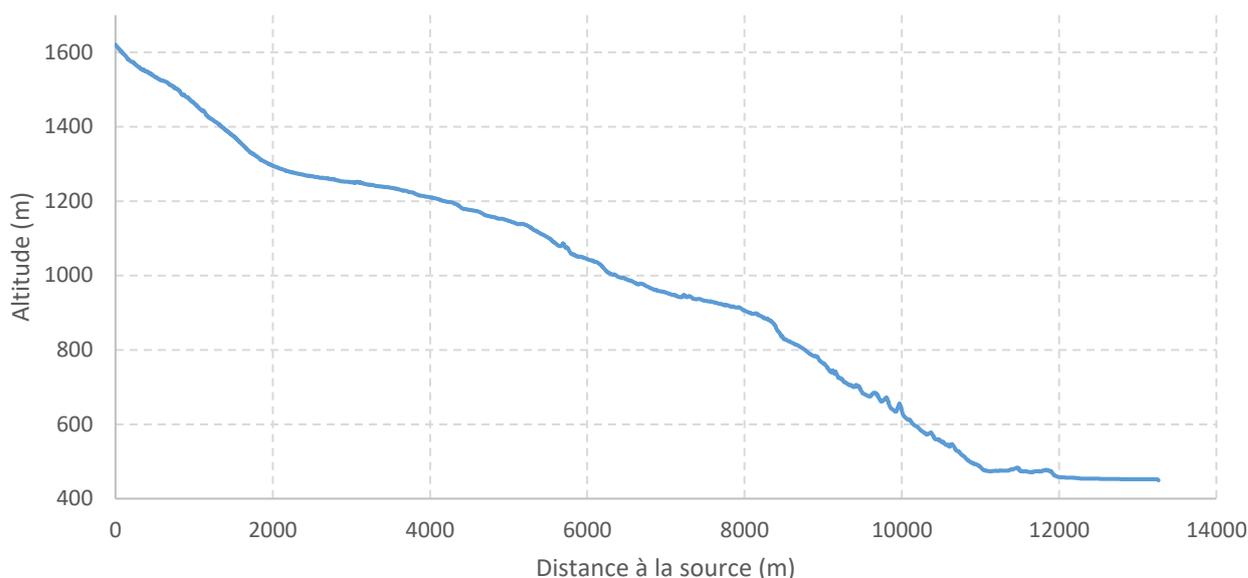


Figure 2 : Profil en long du Bronze

## 1.2 Contexte réglementaire

Le bassin versant du Bronze n'est concerné que par une seule masse d'eau (SDAGE 2016-2021) classée en bon état écologique et chimique (Tableau 1). Elle est classée en réservoir biologique sur sa quasi-totalité : sur la partie aval, le réservoir s'étend de l'amont du Thuet jusqu'à la confluence avec l'Arve et sur la partie amont, de la source jusqu'à la confluence avec le ruisseau du Mânant.

Tableau 1 : Etat écologique et chimique de la masse d'eau du Bronze 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 |
|------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| FRDR11118        | torrent le bronze   | HR_06_01         | Arve                | Masse d'eau naturelle | Bon             | Bon                           | Bon                          |

D'après la Figure 3, le Bronze est classé en Liste 1 de l'article L214-17 du code de l'environnement à partir de sa source jusqu'à sa confluence avec le ruisseau de Mânant (ruisseau également classé). Néanmoins, il n'y a aucun classement en liste 2 sur cette masse d'eau. Le haut du bassin versant (au sud ouest) est classé en réservoir de biodiversité au sens du SRCE Rhône-Alpes, ainsi qu'une petite partie sur le bas du cours principal du Bronze. Le sud du bassin est également concerné par les directives habitats et oiseaux de Natura 2000. C'est en effet la zone nord du massif du Bargy.

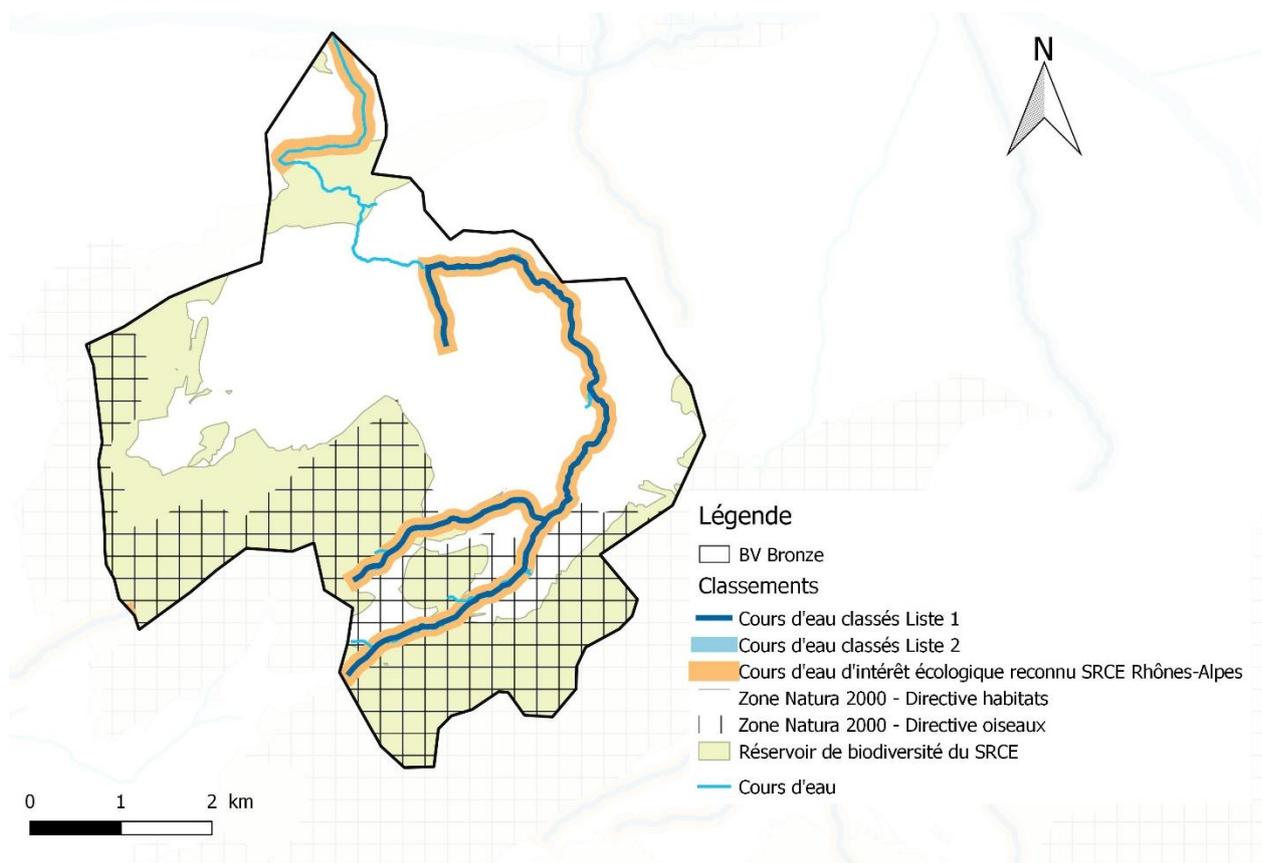


Figure 3 : Carte des classements réglementaires du bassin versant du Bronze

## 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<br>Climatologie<br>Hydrologie  |  |   |
| Occupation des sols  | Surfaces boisées<br>Surfaces exploitées par l'agriculture (type), densité de population |  |   |
| Historique alevinage | Evolution des pratiques de repeuplement   |  |   |
| Usages               | Prélèvements<br>Assainissement<br>Relevé des impacts directs                            | Recensement rejets + autres éléments notables  |   |
| Habitat physique     |   | Diversité de l'habitat,<br>Description des successions de faciès par tronçon<br><i>Non réalisé</i> |   |
| Suivi thermique      |   |  | Cycle annuel complet<br><i>4 stations</i>   |
| Peuplement piscicole |   |  | Pêche électrique d'inventaire<br><i>4 stations</i>  |
| Physico-chimie       |   |  | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , conductivité, pH, température<br><i>4 stations</i> |

### 3 Investigations à l'échelle du BV

#### 3.1 Géologie

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

L'étude de la géologie permet 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 Hydrologie et météorologie

L'hydrologie du Bronze sera étudiée via la station limnimétrique de Bonneville (LeThuet) V0205010 de la DREAL située dans la partie aval du cours d'eau. De plus, les données météorologiques de la station Marignier (station météo la plus proche du bassin versant) (données ROMMA) seront présentées afin de les comparer aux données hydrologiques. Avec les données thermiques, les données hydrologiques sont des facteurs pouvant expliquer les variabilités interannuelles du recrutement naturel des populations piscicoles et sont donc importantes à prendre en compte.

### 3.3 Occupation des sols

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

- « BATI\_INDIFFERENCIE » de la BDTOPO 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 catégories (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.

### 3.4 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 FDAAPPM74 en 2010, actualisé depuis.

La franchissabilité de chacun de ces ouvrages a été définie à partir des classes de franchissabilité définies par l'ONEMA (devenue AFB) dans le cadre du Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (Tableau 3). Bien que chaque ouvrage soit décrit de manière précise (e.g. hauteur de chute, profondeur de la fosse d'appel, épaisseur de la lame d'eau sur le radier), la note de franchissabilité reste « à dire d'expert » et peut varier selon l'opérateur et les conditions hydrauliques.

Tableau 3 : Classes de franchissabilité des obstacles (AFB)

| <i>Classe</i> | <i>Qualification</i>   | <i>Critères de base</i>  |
|---------------|--|--|
| 0             | absence d'obstacle   | <b>ouvrage ruiné, effacé, sans impact</b>  |
| 1             | obstacle franchissable sans difficulté apparente                                       | <b>libre circulation est assurée à tout niveau de débit en période de migration</b>  |
| 2             | obstacle franchissable mais risque de retard ou sélectif pour les plus petites tailles | <b>ouvrage franchissable mais impact en débits ou T° limitants ou sélectif selon taille des poissons</b>   |
| 3             | obstacle difficilement franchissable   | <b>impact important en conditions moyennes</b><br>(débits habituels, température favorable...)   |
| 4             | obstacle très difficilement franchissable  | <b>passage possible en situation exceptionnelle</b><br>(hydraulicité induisant un effacement ou contournement, manœuvre de vannes exceptionnelle...) |
| 5             | obstacle totalement infranchissable  | <b>Obstacle total à la montaison en toute situation</b>  |

### 3.5 Historique des pratiques de repeuplement

L'historique des pratiques de repeuplement a été étudié depuis l'année 2015 sur le bassin versant ; les déversements plus anciens n'ayant pas d'incidence majeure directe sur les quantités de poissons observées actuellement.

L'étude s'est basée sur les données fournies par l'AAPPMA du Faucigny. Les quantités, stades de développement et dates d'alevinage ont en effet été transmises chaque année pour chaque cours d'eau ; la FDAAPPMA74 ne dispose cependant pas des secteurs précis où ont été déversés les poissons.

Ces données sont à prendre en compte dans l'analyse des données piscicoles, les alevinages pouvant à la fois influencer les densités d'adultes et de juvéniles.

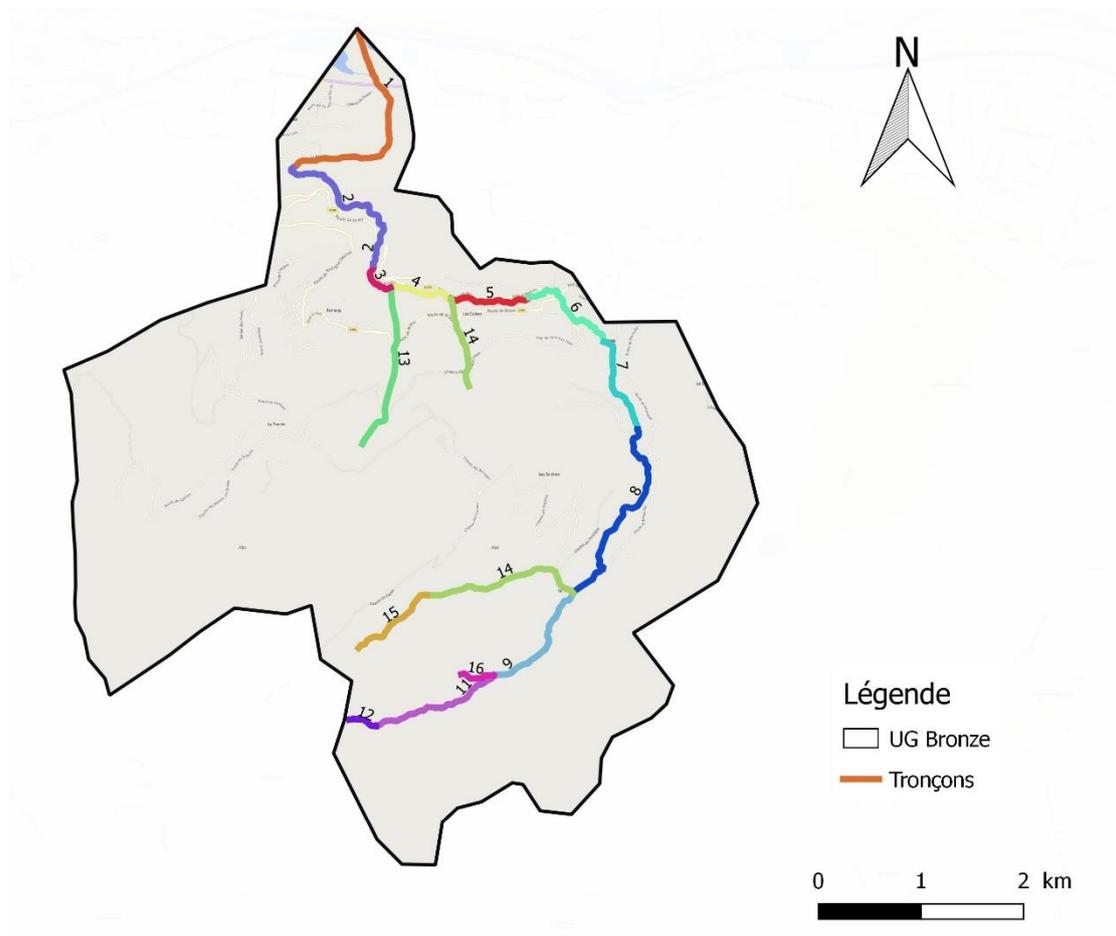
### 3.6 Usages

Une synthèse des usages de l'eau sera réalisée d'après des données recueillies sur l'étude quantitative du SAGE de l'Arve.

## 4 Investigations à l'échelle du tronçon

Le réseau hydrographique principal a été découpé en tronçons homogènes (Figure 4) 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.



## 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 limité, une sélection a été faite selon plusieurs critères tels que :

- stations de pêche existantes (historiques) ;
- secteurs connus comme étant piscicoles ;
- secteurs dont les enjeux actuels nécessitent une meilleure connaissance de l'état des populations piscicoles.

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, mais aussi pour trouver les accès.

Ainsi, 4 stations de pêches électriques d'inventaires ont été positionnées et sont présentées dans la carte de la Figure 5 ci-dessous. Toutes ces stations sont accompagnées d'un suivi thermique. Il existe des stations de pêches électriques antérieures : plusieurs à proximité du Pont de Chavougy ont été inventoriées dans le cadre de l'étude d'impact de 2014 de la microcentrale hydroélectrique des gorges du Bronze (mise en place en 2017) ; et une à la station Buttex réalisée en 2002.

La station de pêche Pont de Chavougy est inventoriée chaque année par un bureau d'études depuis la réalisation de la microcentrale, c'est pourquoi nous avons choisi de conserver cette station déjà existante.

Une cinquième station (Amont prise d'eau) a été prospectée par le bureau d'étude SAGE.

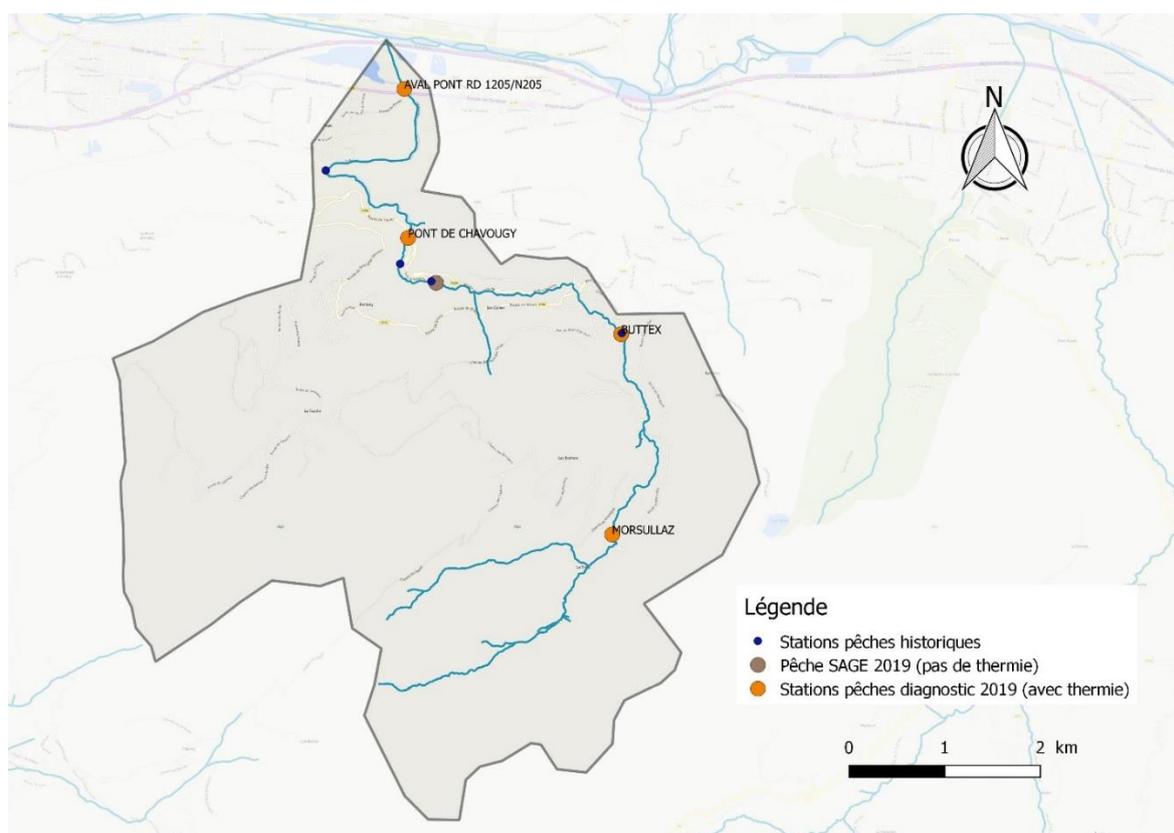


Figure 5 : Localisation des stations de pêches électriques d'inventaires et de suivis thermiques pour le suivi 2019

Le Tableau 4 ci-dessous donne l'historique des données d'inventaires piscicoles sur le bassin du Bronze. En tout, ce sont 8 stations qui ont été inventoriées entre 2002 et 2019.

Tableau 4 : Historique des données de pêches électriques d'inventaires sur chaque station

|                         |                   | Données quantitatives par périodes du cycle de vie annuel |     |      |      |      |     |      |
|-------------------------|-------------------|---|-----|------|------|------|-----|------|
|                         |                   | 2002  | ... | 2014 | 2015 | 2016 | ... | 2019 |
| LE BRONZE               | Morsullaz         |   |     |      |      |      |     | X    |
|                         | Buttex            | X   |     |      |      |      |     | X    |
|                         | Cascade du Dard   | X   |     | X    |      |      |     |      |
|                         | Amont Prise d'eau |   |     |      |      | X    |     | X    |
|                         | Pont de Chavougy  |   |     | X    |      | X    |     | X    |
|                         | Amont Thuet       |   |     | X    |      |      |     |      |
|                         | Le Thuet          |   |     |      |      |      |     | X    |
| Ruisseau de Servagettaz |                   |   |     | X    |      |      |     |      |

## 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 5 ci-dessus), soit 4 au total correspondant aux stations d'inventaires piscicoles 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 des contraintes thermiques pour la truite commune (Tableau 5).

Tableau 5 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température (Dumoutier et al., 2010)

| Catégorie                                 | Code variable  | Désignation succincte   |
|---|--|---|
| <b>Rappel</b>                             | 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  |
| <b>Thermie générale</b>                   | 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       |
| <b>Préferendum thermique</b>              | Nbj Tmj 4-19   | Nombre total de jours durant lesquels la T° est compris 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   |
| <b>Développement potentiel MRP</b>        | 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                |
| <b>Phase de vie embryo-larvaire (PEL)</b> | 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 Etude du compartiment piscicole

Les échantillonnages piscicoles sont réalisés par pêche électrique d'inventaire selon la méthode par enlèvement successif (De Lury, 1951).

### 5.2.1 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).

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

## 5.3 Qualité physico-chimique

La qualité physico-chimique des eaux de surface est évaluée sur les 4 stations du Bronze sur 4 campagnes annuelles (soit une tous les 3 mois) 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 (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> et NH<sub>4</sub>)
- Orthophosphates (PO<sub>4</sub>) 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.

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 desquelles des effets négatifs pour les salmonidés sont observés (Caudron *et al.*, 2006). Le tableau des valeurs seuils se trouve en Annexe 2.

De plus, des données anciennes de qualité d'eau du Bronze sont disponibles dans la base de données du SIE Rhône-Méditerranée-Corse. Ces données ont été obtenues entre 2008 et 2011 dans le cadre du bilan de la qualité des cours d'eau du département mené par le Conseil Départemental (anciennement Conseil Général). Il n'existe qu'une seule station située en aval du pont de la N205 à Bonneville.

# Résultats et discussions

## 6 Evaluation à l'échelle du bassin versant

### 6.1 Géologie

La carte ci-dessous (Figure 6) présente la géologie du bassin versant du Bronze. Le Sud du bassin versant correspond au Nord du massif du Bargy caractérisé par un vaste pli anticlinal caractéristique des massifs subalpins nord-occidentaux.

Ses pentes sont douces et garnies d'alpages et de bois, car globalement formées par des surfaces structurales de couches que l'érosion a plus ou moins bien dégagées. Ceci est dû au fait que, dans toute cette partie septentrionale du massif des Bornes, les axes des plis plongent doucement vers le nord-est. Les voûtes des anticlinaux plongent en direction de la plaine de l'Arve plus fortement que la surface topographique. Il en résulte que, vers le haut, leur carapace calcaire (calcaires urgoniens puis sénoniens et enfin nummulitiques) forme des monts jurassiens. Plus bas dans le versant les calcaires nummulitiques s'enfoncent sous les schistes et le flysch nummulitique, de sorte que la rive gauche de la vallée de l'Arve ne tranche pratiquement l'armature calcaire d'aucun pli (*géol-alp*).

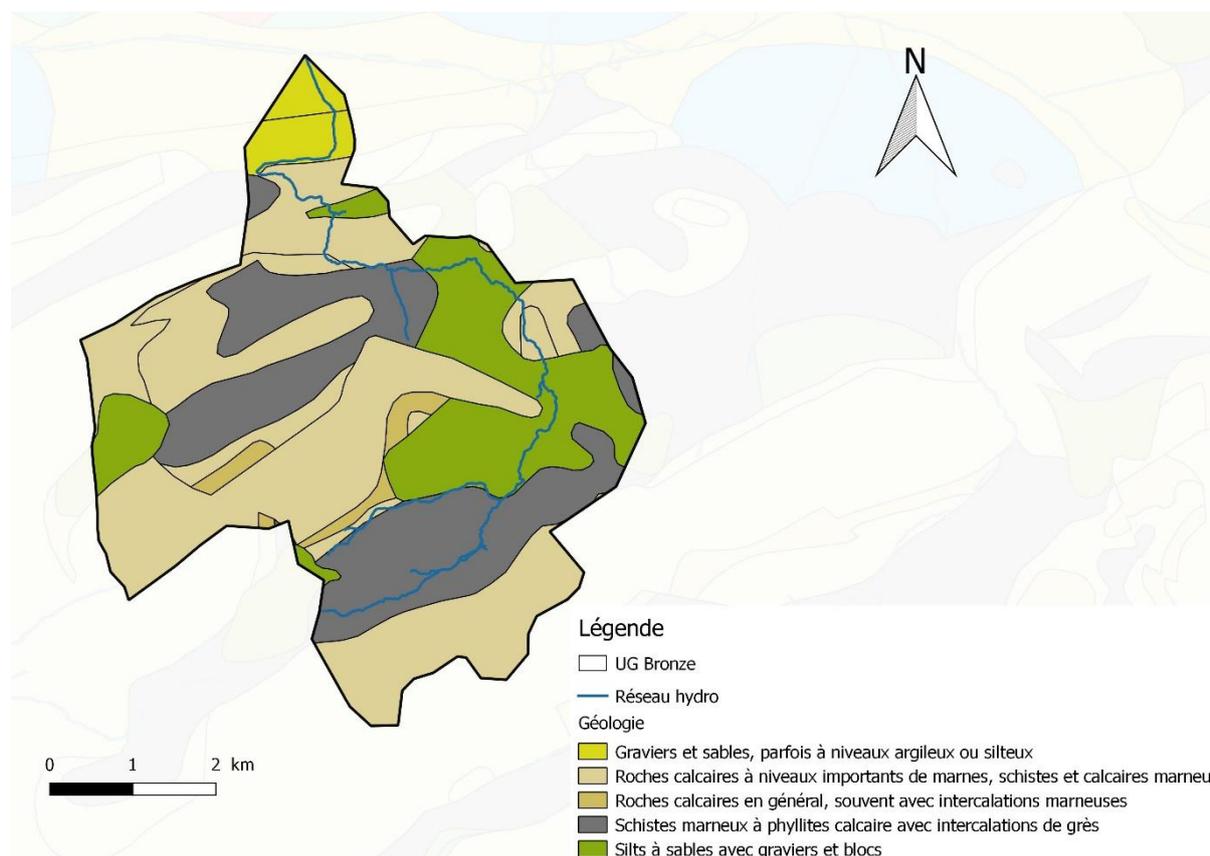


Figure 6 : Carte géologique du bassin versant du Bronze (source : swisstopo)

### 6.2 Hydrologie

La situation hydrologique du bassin versant du Bronze a pu être appréhendée sur les 5 dernières années (de 2015 à 2019) grâce aux données de débits de la station limnimétrique V0205010 de la DREAL. On observe, sur la Figure 7, des situations très différentes chaque année. En effet, même si on note des étiages estivaux sur les 5 années, les débits hivernaux sont quant à eux plus contrastés.

L'hiver 2017-2018 est marqué par une crue biennale et des niveaux d'eau globalement hauts. A l'inverse, l'hiver 2016-2017 a connu un étiage sur toute la durée de la saison. L'hiver 2018-2019 a été quant à lui plus dans la norme avec des débits assez élevés en début d'hiver puis un étiage marqué en janvier-février. La saison printanière est souvent marquée par des hautes eaux, et c'est en 2015 que les débits ont été les plus hauts. A contrario, les débits 2017 sont restés encore bas après l'hiver. L'année la plus sèche en terme de débit dans le Bronze est très nettement 2017, où les débits dépassent rarement 1m<sup>3</sup>/s (on notera tout de même que c'est cette même année que la seule crue biennale des 5 dernières années a eu lieu). L'automne 2018 est également remarquable par la durée de son étiage qui s'étend durant la quasi-totalité de la saison (jusqu'à débit décembre). L'année 2019 est plus homogène.

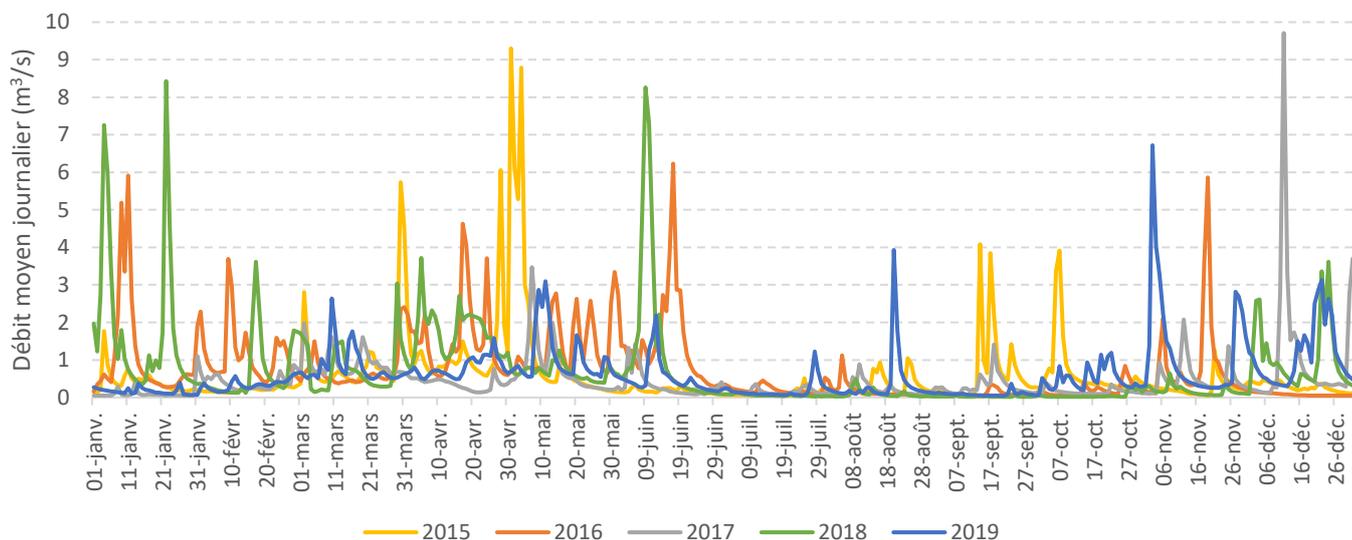


Figure 7 : Graphique des débits moyens journaliers du Bronze sur les 5 dernières années (données Banque Hydro)

La Figure 8 ci-dessous montre les précipitations moyennes mensuelles sur les 2 dernières années à Marignier, station météorologique la plus proche du bassin versant du Bronze, située en rive droite de l'Arve sur le bassin du Giffre. Les mesures du mois d'août ne sont pas connues pour les 2 années, ainsi le cumul des précipitations moyennes mensuelles n'a pu se faire jusqu'au mois de juillet. Durant la 1<sup>ère</sup> partie de ces 2 années, il est tombé la même quantité d'eau : en 2018, les mois de janvier, février et mars ont été beaucoup plus arrosés que ceux de 2019, puis la tendance s'inverse, en 2019, il y a plus de précipitations au printemps qu'en 2018. Entre les mois de septembre et décembre, il est tombé plus d'eau en 2019. L'automne 2018 a été relativement sec. Ces données sont cohérentes avec les débits moyens de la figure précédente.

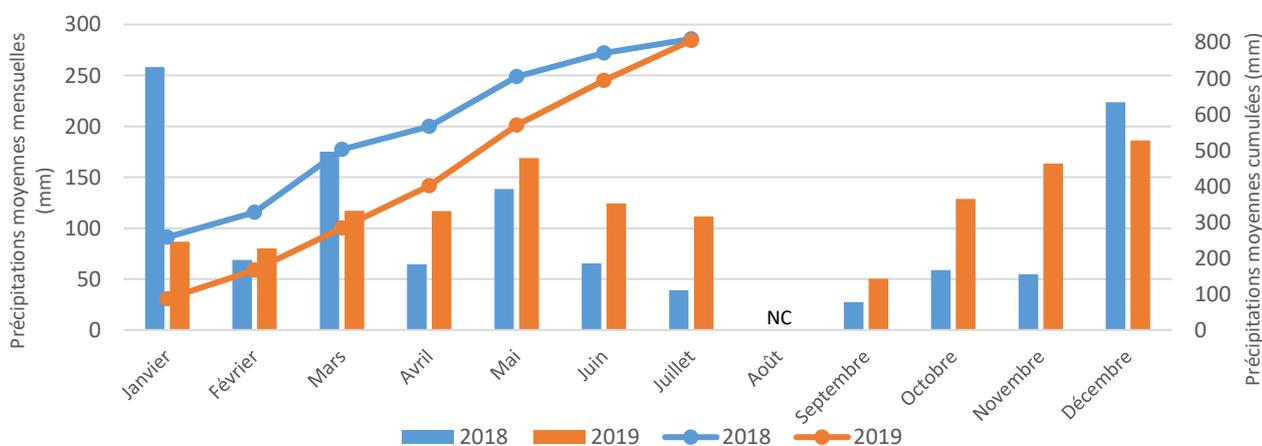
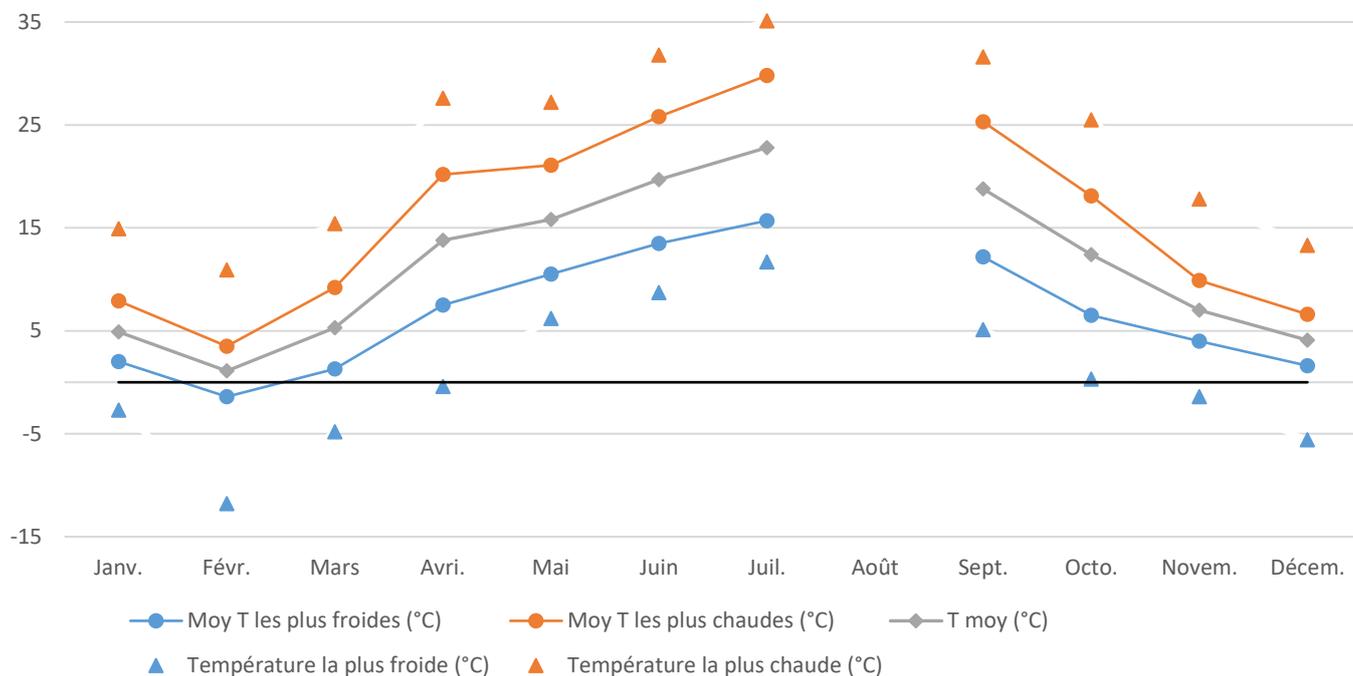


Figure 8 : Graphiques des précipitations moyennes mensuelles à Marignier sur les années 2018 et 2019 (histogrammes) et des précipitations moyennes cumulées à Marignier sur les années 2018 et 2019 (courbes). Données ROMMA

Toujours sur la station météo de Marignier, la Figure 9 illustre les températures moyennes mensuelles sur (A) l'année 2018 et (B) l'année 2019. On observe un mois de janvier bien plus froid en 2019 (5°C de différence), puis la tendance s'inverse aux mois de février et mars. Pour le reste de l'année, les températures moyennes mensuelles sont globalement similaires entre les 2 années.

A



B

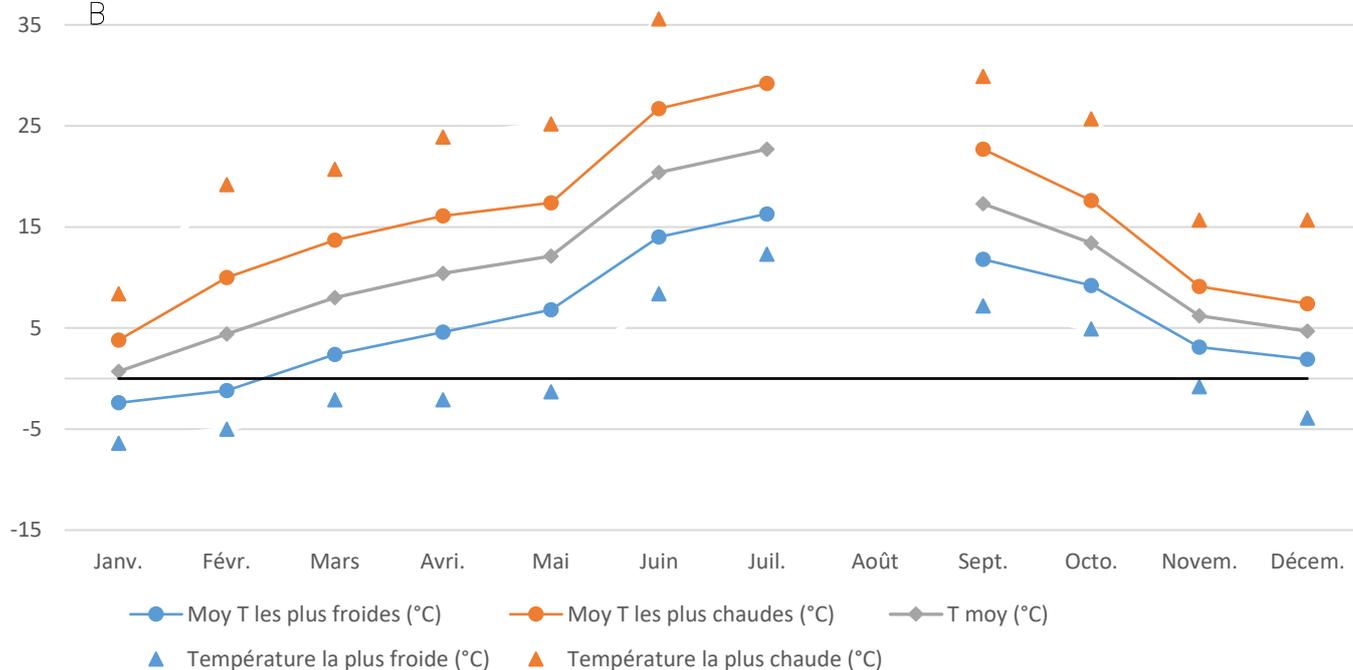


Figure 9 : Histogrammes des températures mensuelles à Marignier sur les années (A) 2018 et (B) 2019 (données ROMMA)

### 6.3 Occupation des sols

En termes d'occupation du sol, le bassin versant du Bronze (Figure 10) est largement dominé par les forêts et les alpages. Sur l'extrême amont, au Sud, les falaises calcaires du Bargy surplombent les pâturages naturels. Ces derniers laissent peu à peu place aux forêts, majoritairement de conifères. Sur la partie médiane, on note la présence d'un petit tissu urbain correspondant au village du Mont-Saxonnex. A l'extrême aval, les forêts disparaissent peu à peu pour laisser place à des systèmes cultureux, en périphérie de la ville de Bonneville et une petite zone d'industrie correspondant à la basse vallée de l'Arve.

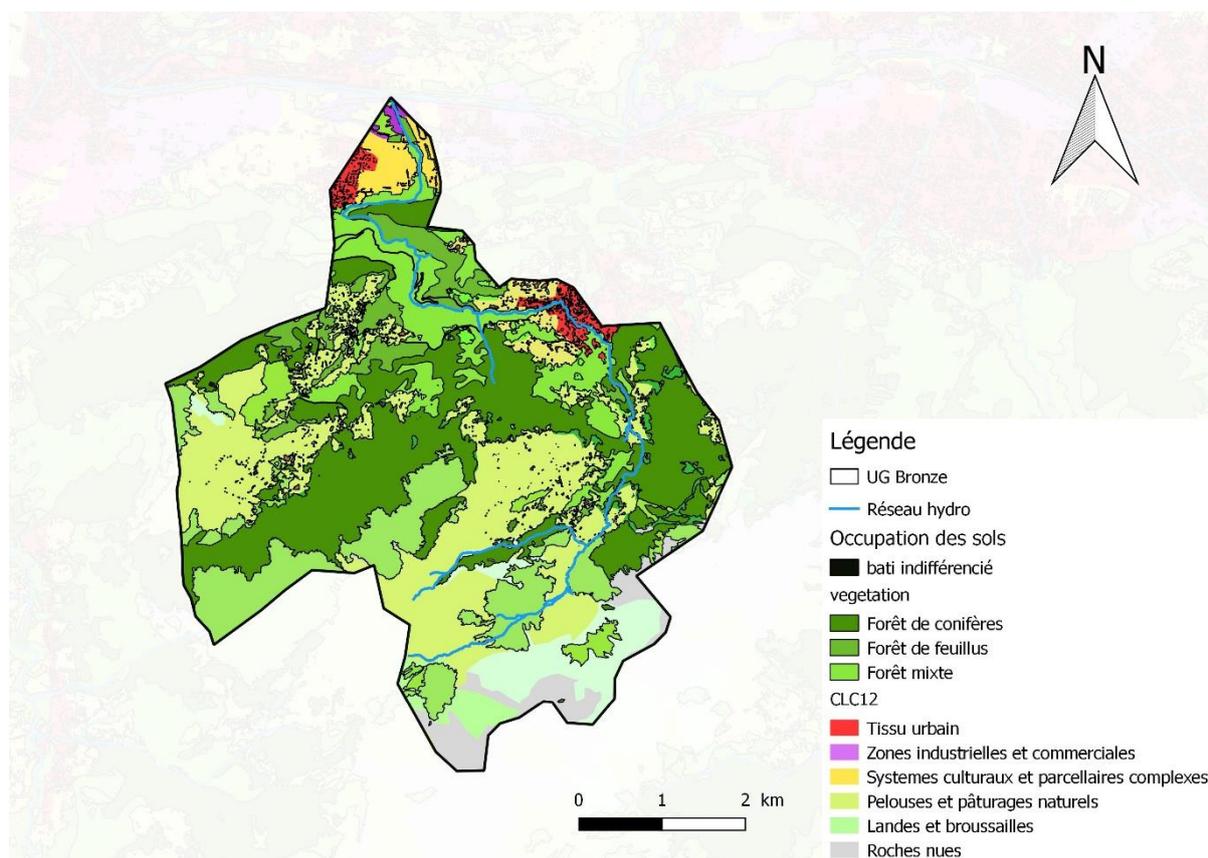


Figure 10 : Occupation des sols sur le bassin versant du Bronze

### 6.4 Continuité écologique

La Figure 11 ci-dessous montre la localisation des ouvrages existants sur le linéaire du Bronze avec leur degré de franchissabilité. On constate qu'il y a relativement peu d'ouvrages mais qu'ils sont tous à une classe supérieure ou égale à 4 c'est-à-dire difficilement franchissable voir même totalement infranchissable.

L'ouvrage le plus aval correspond au barrage du Thuet au lieu-dit du même nom. Ensuite, il y a 2 ouvrages au chef-lieu du Mont Saxonnex ; puis un seuil de pisciculture au Buttex ; et enfin 2 seuils à Morsullaz.

Il manque l'ouvrage de la microcentrale hydroélectrique au pont de Chavougy puisque le recensement des ouvrages a été réalisé avant sa construction. Cette microcentrale a été mise en service au printemps 2018. Elle est située en amont du Pont de Chavougy et en aval de la cascade du Dard. Elle constitue un ouvrage totalement infranchissable à la montaison pour toutes les espèces mais un dispositif de dévalaison a été réalisé lors de sa construction.

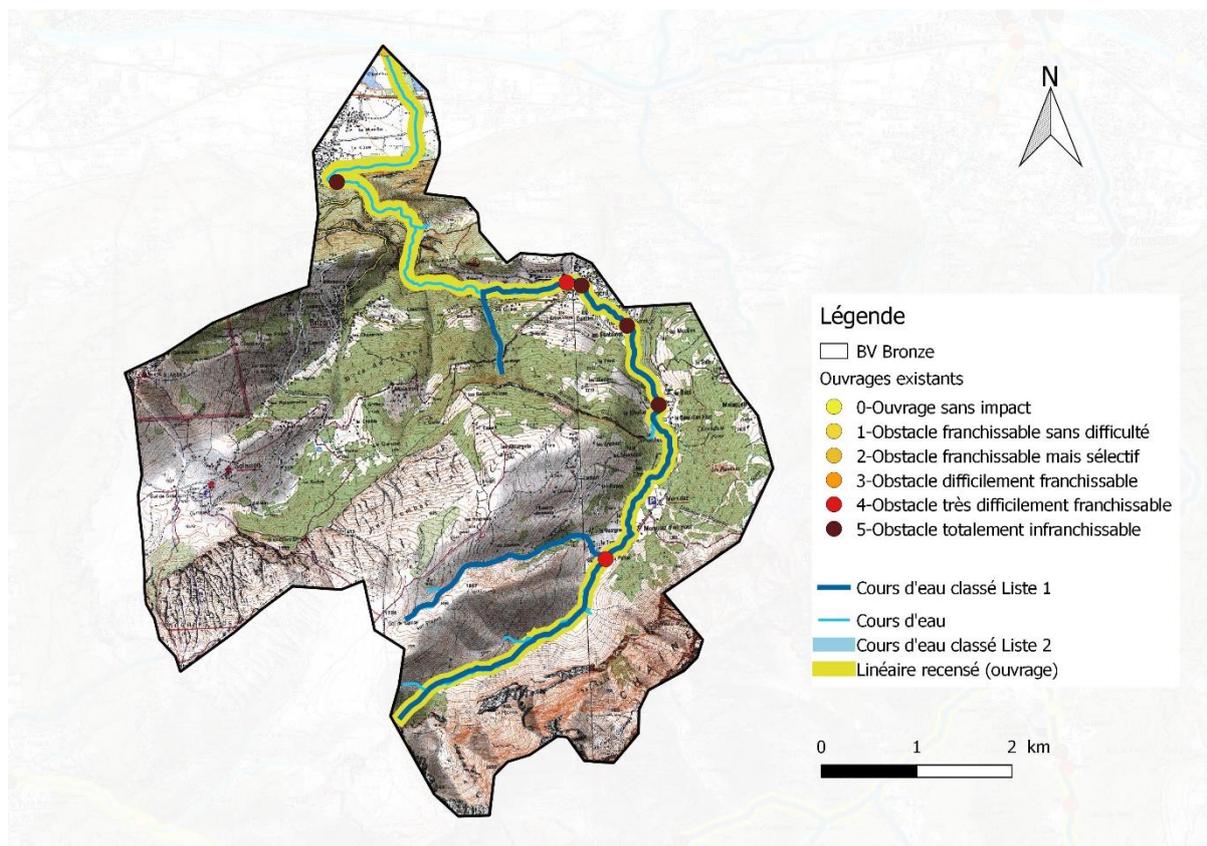


Figure 11 : Localisation des ouvrages artificiels selon leur franchissabilité sur le linéaire de recensement exhaustif des obstacles naturels et artificiels, et du linéaire concerné par un classement en liste 2

## 6.5 Historique des pratiques de repeuplement

Les repeuplements (alevinage en truite fario) sur le Bronze ont été étudiés à partir de 2015, toutefois sur la Figure 12 : Linéaire de repeuplement en truite commune de 2015 à 2019 par l'AAPPMA du Faucigny les linéaires apparaissent depuis 2017 pour la simple raison qu'il n'y a pas eu d'alevinage réalisé en 2015 et en 2016.

En effet, avant 2017, il n'y avait pas de plan de gestion sur ce bassin versant. A partir de fin 2016, le PDPG (Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion de la ressource piscicole) a été officialisé; ce document donne les orientations de gestion sur chaque « unités de gestion » (correspondant globalement aux masses d'eau identifiées du SDAGE). Ainsi, pour le Bronze, il a été décidé en concertation avec l'AAPPMA du Faucigny gestionnaire, de mettre un place un plan de restauration des populations de truite fario en pratiquant le repeuplement en alevins de truite fario. En 2017, deux tronçons ont été alevinés : un tronçon sur la partie aval du Bronze (du pont de la D1205 jusqu'à la sortie du village du Thuet vers l'amont); et un second tronçon depuis la cascade du Dard à l'aval jusqu'au lieu-dit du Bété. Ce sont au total environ 11000 alevins déversés, provenant de la pisciculture de Chazey Bons (01). En 2018 et 2019, seul le second tronçon a été aleviné avec 10000 alevins.

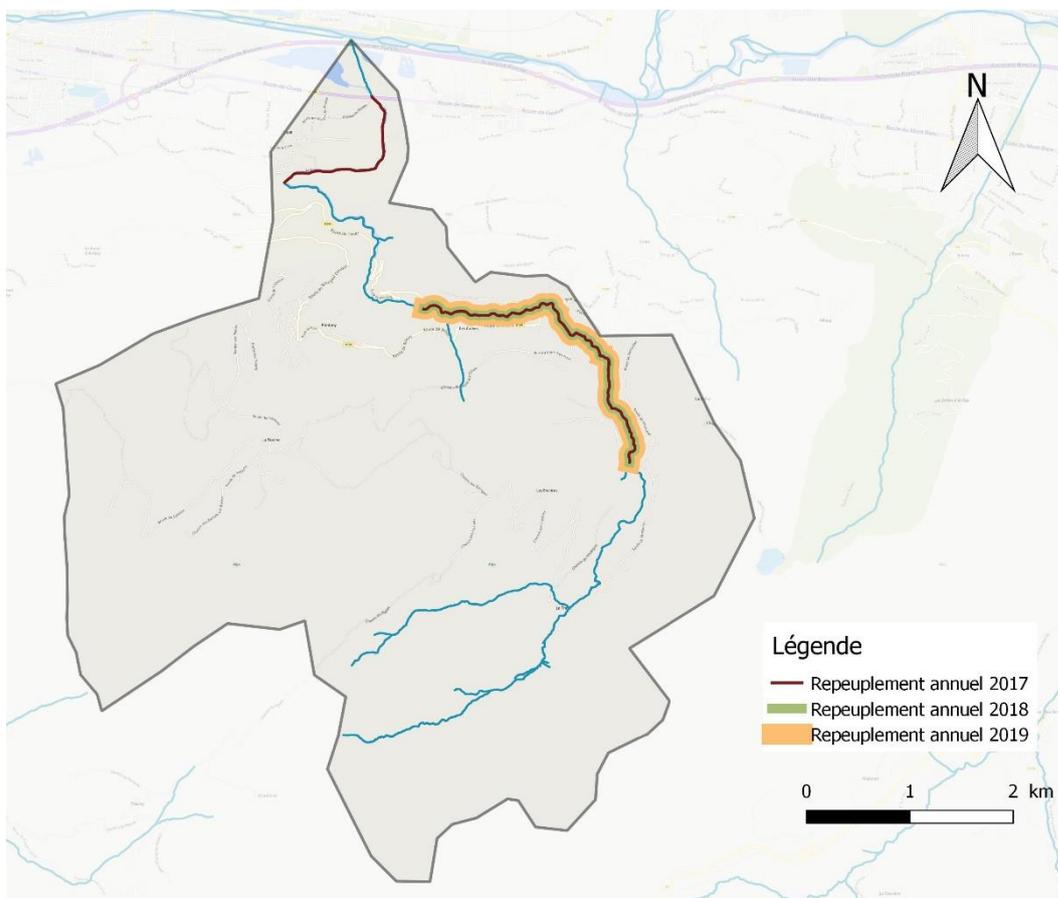


Figure 12 : Linéaire de repeuplement en truite commune de 2015 à 2019 par l'AAPPMA du Faucigny

## 6.6 Usages

Il existe des prélèvements en eau provenant de sources pour l'eau potable. Il n'y a pas de rejet de station d'épuration sur le bassin du Bronze, mais quelques rejets d'assainissement non collectif sur le haut du bassin. On notera la présence d'une pisciculture au Mont-Saxonnex.

## 7 Evaluation à l'échelle de la station

### 7.1 Qualité thermique

La Figure 13 ci-dessous illustre les températures moyennes journalières des 4 sondes immergées au niveau des stations de pêche électrique. On remarque une très nette différence entre les 2 stations amont et les 2 stations aval. En effet, pour les sondes de Morsullaz et du Buttex (situées plutôt sur la partie amont du bassin versant), les températures sont plus tamponnées. En hiver, la moyenne journalière ne descend quasiment pas en-dessous de 2°C tandis que pour les stations Pont de Chavougy et Bronze aval, on a des températures moyennes journalières à 0°C. Et à l'inverse, en période estivale, les stations amont restent fraîches (ne dépassent pas 13°C), tandis que la station Bronze aval atteint les 19,5°C au plus chaud de l'été (17°C pour la station du Pont de Chavougy).

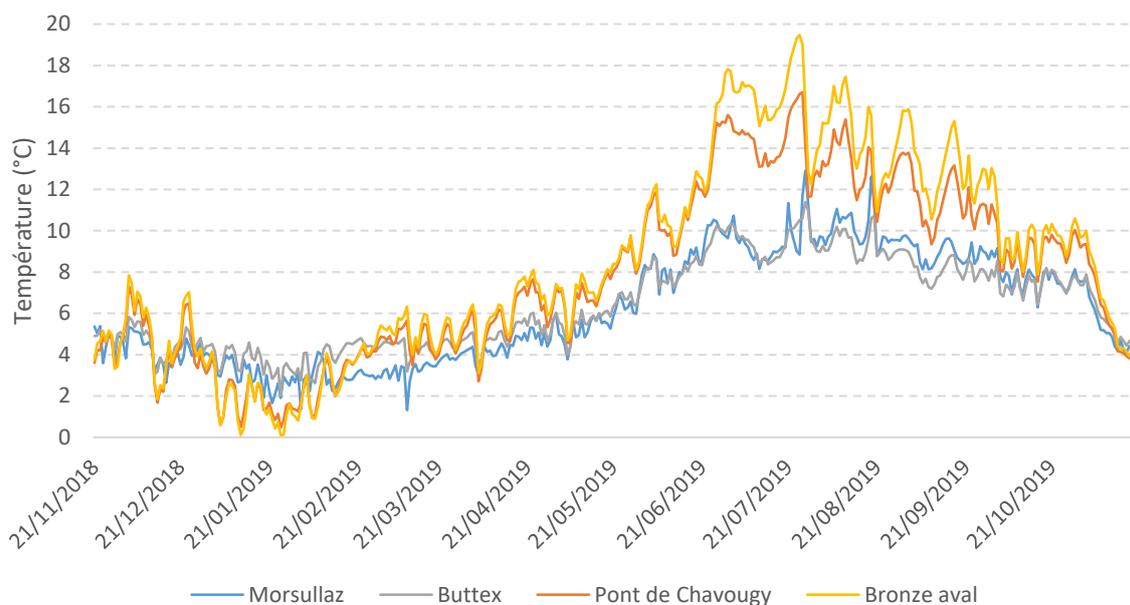


Figure 13 : Graphique des températures moyennes journalières des 4 stations sur le Bronze, sur une période d'un an

En regardant les températures instantanées maximales (Figure 14 (A)), on s'aperçoit que sur la station de Morsullaz (la plus en amont), le maximum est tout de même de 16,9°C tandis qu'au Buttex il est de 13,5°C. Seule la station Bronze aval dépasse le préférendum thermique (4-19°C) sur sa valeur maximale, avec 21,2°C atteint. Toutefois, en ce qui concerne la température moyenne des 30 jours les plus chauds, elle ne dépasse pas les 17°C pour la station la plus « chaude » (Bronze aval) et 15°C pour le Pont de Chavougy. Morsullaz et Buttex ont des valeurs autour de 10°C ce qui reste relativement « frais » pendant la période estivale.

La Figure (B) présente le nombre de jours durant lesquelles la température moyenne journalière s'est située dans le préférendum thermique de la truite fario (entre 4 et 19°C). C'est à la station Buttex que la durée est la plus élevée avec 323 jours soit 88,5% de l'année. Au Pont de Chavougy et Bronze aval, préférendum est atteint à respectivement 79% et 80,5% de l'année. La station la plus amont, Morsullaz, obtient la durée la plus faible, avec seulement 256j soit 70% de l'année. Les 30% de jours où les températures sont hors préférendum thermique ont une moyenne journalière en-dessous de 4°C.

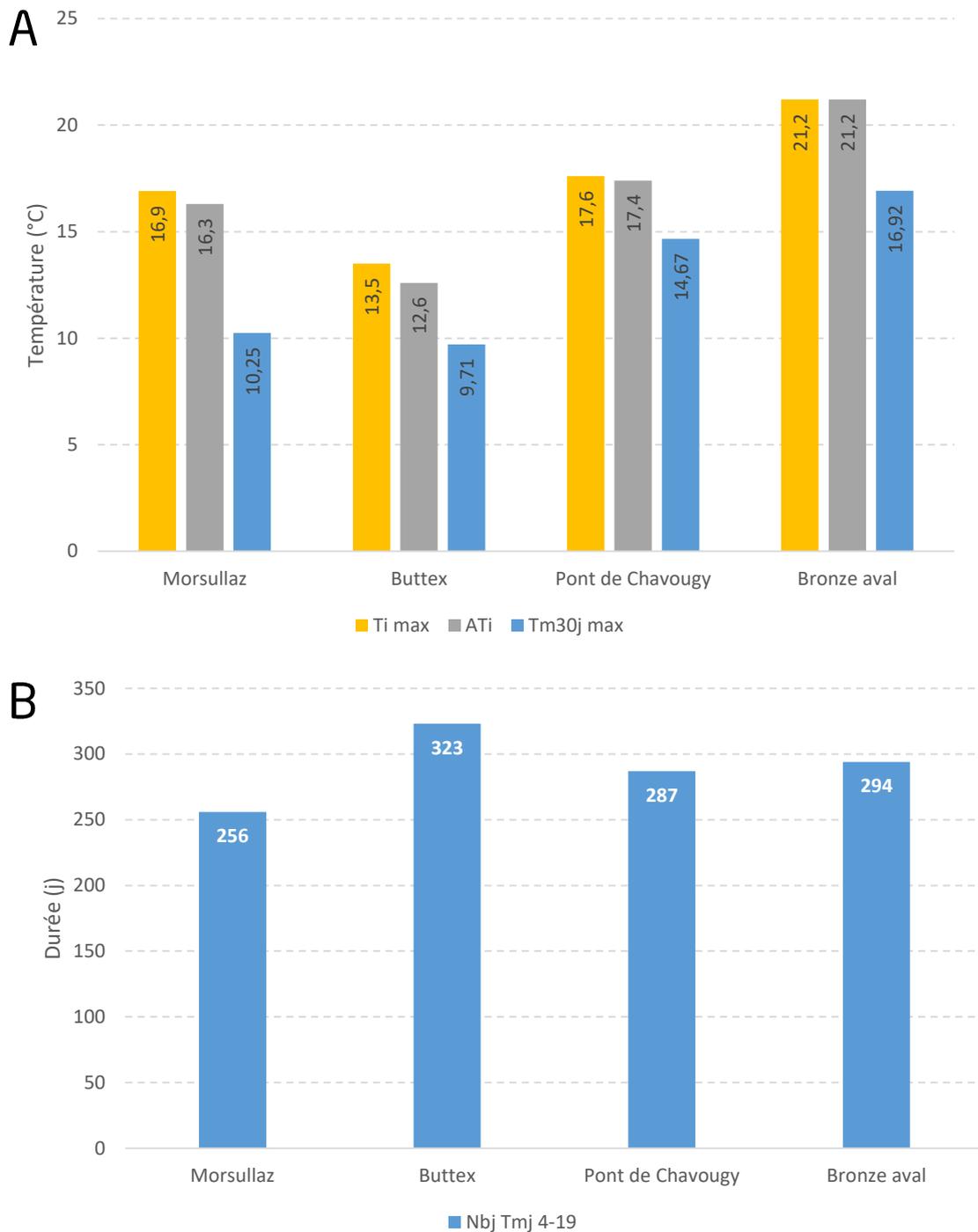


Figure 14 : Histogrammes (A) des températures instantanées maximales (Ti max), de l'amplitude thermique (Ati) et de la température moyenne des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) sur les 4 stations ; (B) du nombre de jours où la température moyenne journalière est située dans le préférendum thermique de la truite fario (entre 4 et 19°C).

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 pendant 2 semaines consécutives (soit 360h). D'après la Figure 15 ci-dessous, ce seuil n'a pas été atteint durant l'année 2019. Cependant la station Bronze aval atteint 309 heures consécutives et n'est donc pas impossible que le seuil soit atteint lors d'une année plus chaude (2018 par exemple).

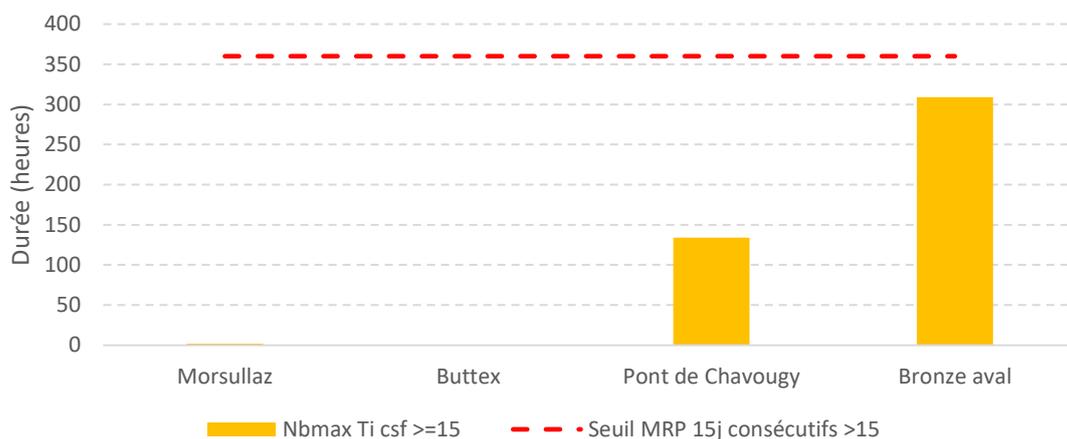


Figure 15 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température reste supérieure ou égale à 15°C, synonyme d'un risque de développement de la MRP (Maladie Rénale Proliférative) sur le cours principal du Bronze durant l'année 2019.

En ce qui concerne la phase embryo-larvaire, des températures moyennes journalières inférieures à 1,5°C ou supérieures à 15°C sont susceptibles d'affecter le taux de survie des œufs. Les durées d'accomplissement de ces phases de développement sont d'autant plus longues que la température de l'eau est basse. Ainsi, des seuils au-dessus desquels la survie est compromise ont été identifiés : 130 jours pour la phase d'incubation et 50 jours pour la phase de résorption (soit un total de 180 jours pour la phase complète embryo-larvaire). Au-delà de ces durées, les chances d'émergence des alevins sont considérées comme extrêmement faibles.

D'après la Figure 16 (A), les durées d'incubation sont toutes inférieures à 130 jours. Par contre, les durées de résorption dépassent les 50 jours pour les 2 stations amont (Morsullaz et Buttex) ; les 2 stations aval n'atteignent pas 50 jours en 2019 mais s'en approchent (49 jours pour Pont de Chavougy et 48 jours pour Bronze aval).

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

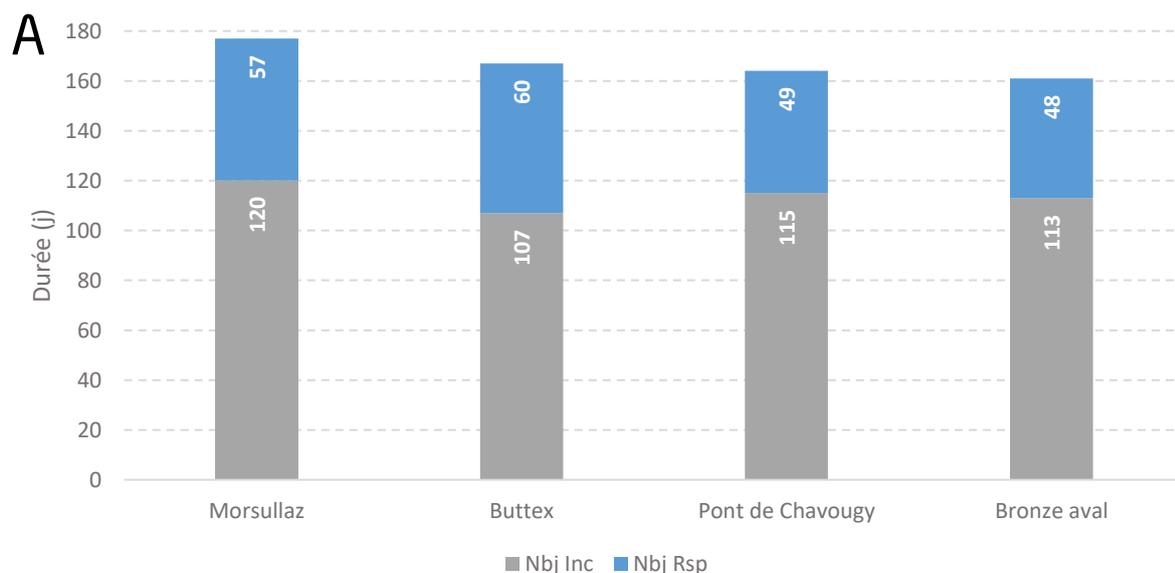


Figure 16 : Durée totale (incubation + résorption) en jours de la Phase Embryo-Larvaire (PEL) de la vie sous graviers (de la fécondation à l'émergence) sur le cours principal du Bronze durant l'année 2019

## 7.2 Qualité piscicole

### 7.2.1 Répartition spécifique

La figure 16 montre les classes d'abondances calculées pour chaque station de pêches prospectées en 2019. Celles-ci sont définies d'après le tableau situé en annexe 3, fixant les limites des classes d'abondances numériques et pondérales, la carte affichant la plus discriminante.

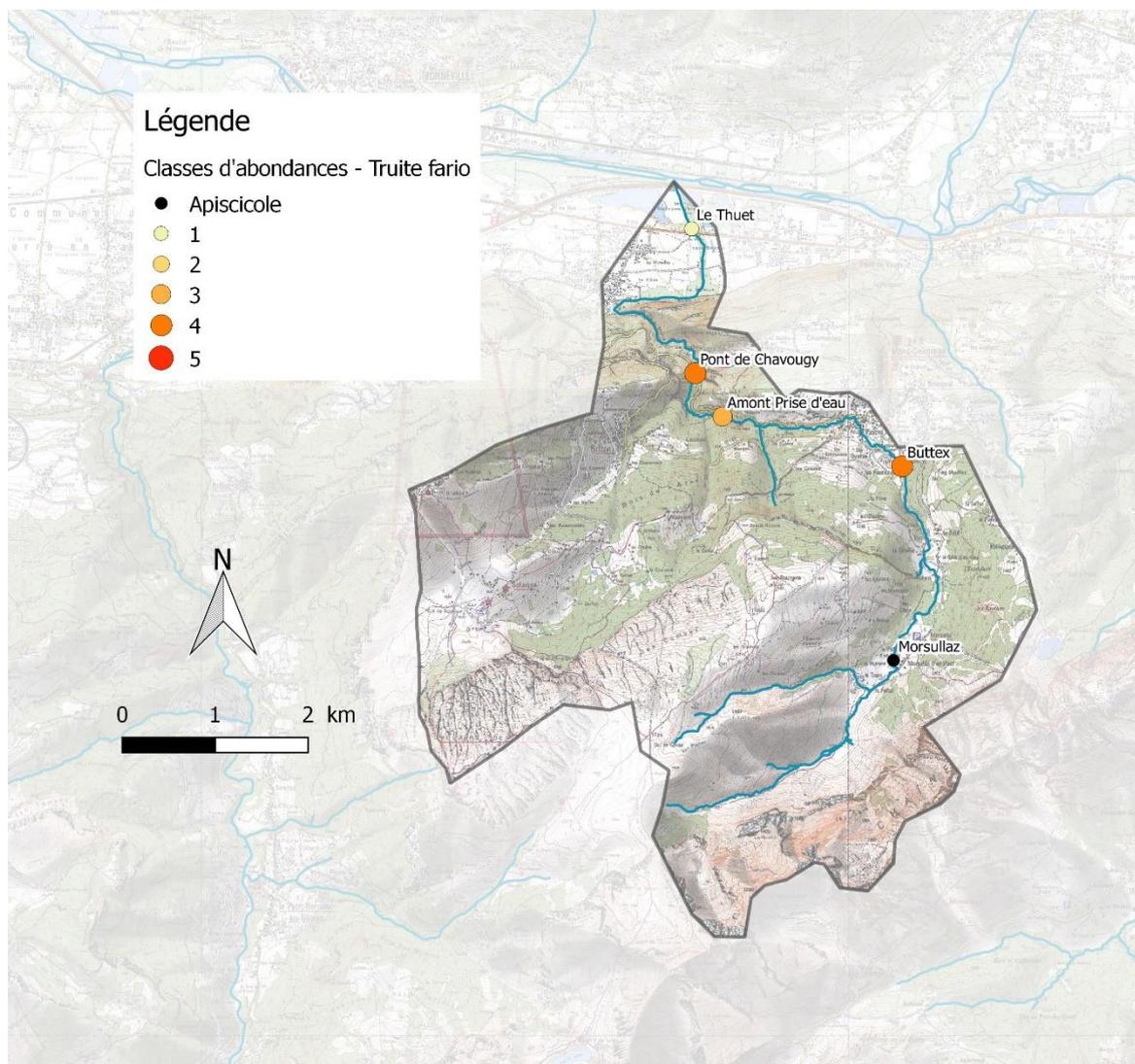
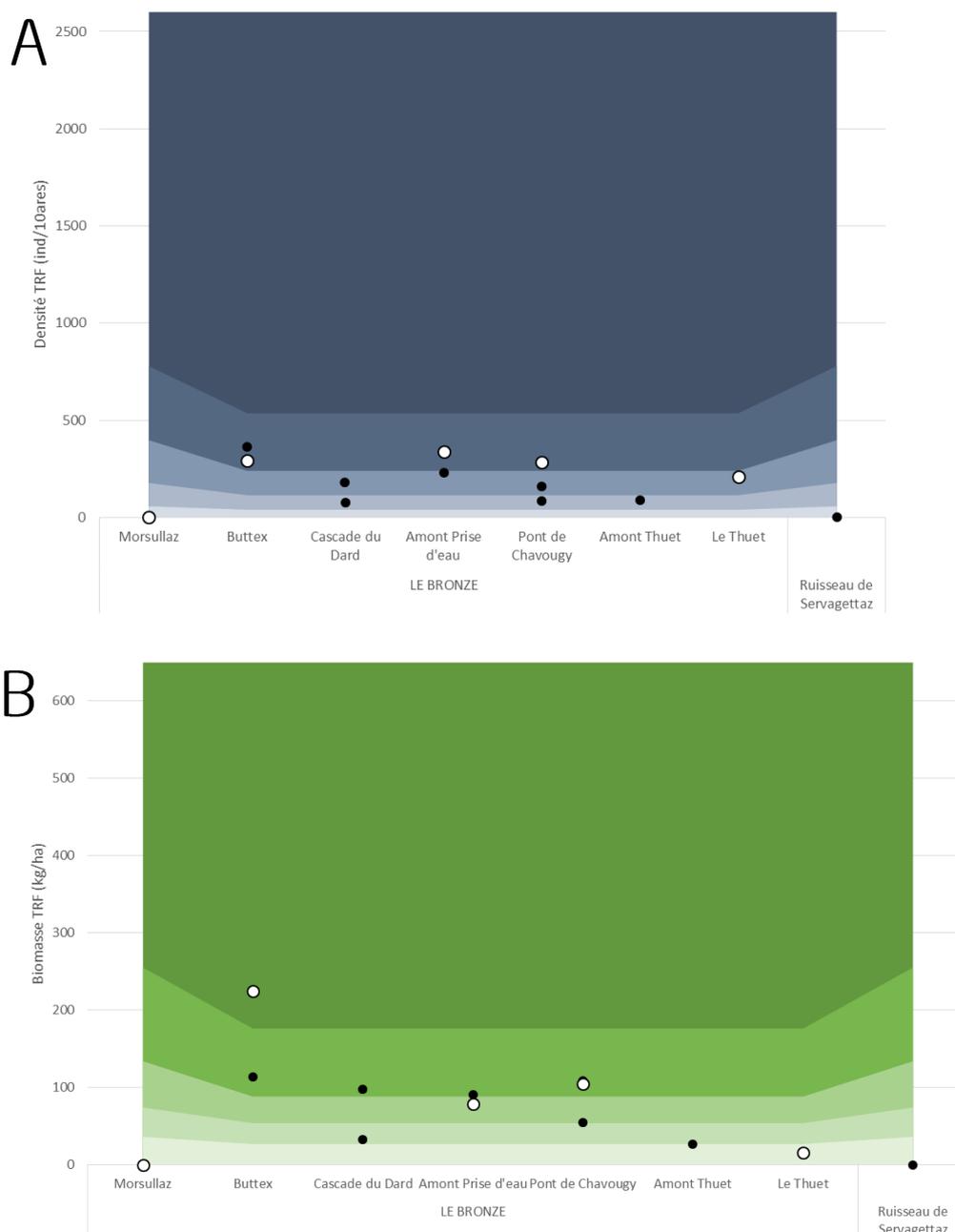


Figure 17 : Répartition par classe d'abondance de la truite fario sur le bassin versant du Bronze

## 7.2.2 Etats des populations de truites : densités et biomasses

Les densités et biomasses (Figure 18) sont assez hétérogènes sur le linéaire du Bronze. La station la plus amont, Morsullaz, est apiscicole, ce qui n'est pas surprenant puisqu'il semblerait, d'après certains locaux, que la traversée du lieu-dit Morsullaz sèche en période estivale. Au Buttex, la densité est située en limite de catégorie « standard départemental bas » et la biomasse dans le standard départemental haut. Les stations Amont prise d'eau et Pont de Chavougy obtiennent des résultats en densités correspondant au standard départemental bas, et également en biomasse pour Pont de Chavougy. La biomasse est légèrement plus faible à l'amont de la prise d'eau, passant en catégorie « moyenne ». Enfin, sur la station le Thuet, les densités et biomasses sont plutôt faibles, se situant respectivement entre les catégories « moyenne » et « dégradée ». Cette partie du Bronze est fortement anthropisée.

Figure 18 : (A) Valeurs de densité de truites (individus/10 ares, bleu) par station (les points blancs = campagne 2019 ; les points noirs = données antérieures) ; (B) Valeurs de biomasses de truites (individus/10 ares, bleu) par station (les points blancs = campagne 2019 ; les points noirs = données antérieures)



### 7.2.1 Structure de la population de truite fario

La Figure 19 présente la structuration des populations de truite fario sur chaque station. Sur le Thuet, on remarque une quasi absence de géniteurs, avec seulement un individu de 2+ mais aussi un seul individu immatures de 1+. Le reste des effectifs pêchés sont des alevins de l'année. La population n'est pas fonctionnelle, mais la station n'offre pas d'habitat pour les individus adultes.

La situation est plus favorable au pont de Chavougy, avec une quarantaine d'alevins de l'année. Les 1+ et 2+ sont représentés ainsi qu'un individu 3+.

Sur la station « Amont prise d'eau », l'analyse scalimétrique n'a pas été réalisée, cependant on peut tout de même noter que les alevins (< 70 mm) sont bien présents. Les individus allant de 110 à 250 mm appartiennent aux cohortes 1+, 2+ voire 3+ mais la discrimination précise n'est pas réalisable.

Au Buttex, les catégories 1+, 2+ et 3+ sont bien représentées mais on déplore une quasi-absence d'alevins de l'année (seulement 5 individus), les habitats sur cette station étant plus favorables aux adultes qu'aux juvéniles.

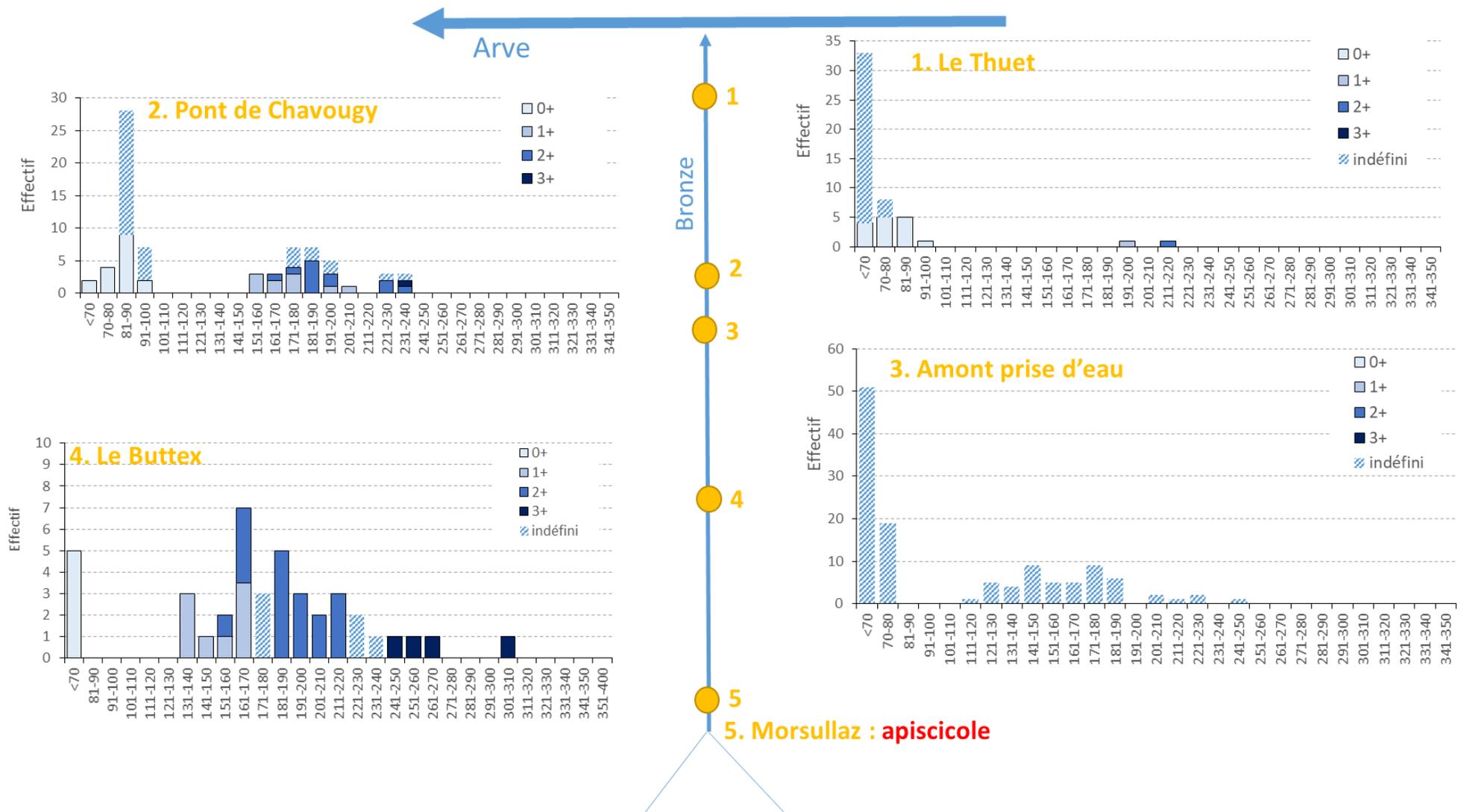


Figure 19 : Histogrammes de la densité de truites fario en fonction des classes de tailles et d'âges pour chaque station

## 7.3 Qualité physico-chimique

Les résultats des 4 campagnes réalisées sur l'année 2019 sur le Bronze montrent globalement une bonne qualité physico-chimique au sens de la DCE (MEEM, 2016). On notera tout de même une qualité médiocre en phosphore et orthophosphates sur la campagne de novembre au Pont de Chavougy.

Tableau 6 : Résultats des analyses physico-chimiques sur le cours principal du Bronze

| 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) |
|------------------|---------------|------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|------|----------------------|
| Morsullaz        | A-12-704-1232 | 26/02/2019 | 3,9                           | 51,7                        | <2                                    | 0,8                              | 0,8            | 11,3                                  | 93,6           | 2,6              | 2,0                  | 0,01                 | <0,05                | 0,03                         | <0,010                   | NC   | NC                   |
|                  |               | 06/06/2019 | 2,2                           | 39,8                        | <2                                    | 0,7                              | 0,9            | 10,46                                 | 84,7           | 6,5              | 1,1                  | <0,01                | <0,05                | 0,03                         | 0,013                    | NC   | 195                  |
|                  |               | 26/08/2019 | 3                             | 51,8                        | 2,8                                   | 0,6                              | 0,8            | 9,31                                  | 85,6           | 11,8             | 1,6                  | <0,01                | 0,08                 | 0,04                         | 0,015                    | 7,99 | 231                  |
|                  |               | 21/11/2019 | 3,2                           | 52                          | 4                                     | 0,7                              | 1,4            | 11,34                                 | 87,5           | 4,6              | 2,1                  | <0,01                | <0,05                | 0,03                         | <0,010                   | NC   | 229                  |
| Buttex           | A-12-704-1016 | 26/02/2019 | 3,1                           | 61,9                        | <2                                    | 0,8                              | 0,6            | 11,33                                 | 96,2           | 4,2              | 2,3                  | <0,01                | <0,05                | 0,02                         | <0,010                   | NC   | NC                   |
|                  |               | 06/06/2019 | 2,4                           | 48,9                        | 3,4                                   | 0,5                              | 0,9            | 11,43                                 | 94,3           | 7,4              | 1,4                  | <0,01                | <0,05                | 0,02                         | <0,010                   | NC   | 230                  |
|                  |               | 26/08/2019 | 2,9                           | 61,7                        | 3                                     | 0,6                              | <0,5           | 11,36                                 | 99,9           | 9,8              | 1,9                  | <0,01                | <0,05                | 0,05                         | <0,010                   | 8,13 | 259                  |
|                  |               | 21/11/2019 | 3                             | 59,9                        | 4,6                                   | 0,7                              | 1              | 12,63                                 | 100,4          | 5,4              | 1,9                  | <0,01                | <0,05                | 0,32                         | 0,097                    | NC   | 252                  |
| Pont de Chavougy | A-12-704-680  | 26/02/2019 | 2,5                           | 69,8                        | <2                                    | 1,3                              | 1,9            | 12,12                                 | 96,1           | 3,5              | 4,1                  | 0,01                 | <0,05                | 0,09                         | 0,022                    | NC   | NC                   |
|                  |               | 06/06/2019 | 2,4                           | 53,4                        | 2                                     | 0,9                              | 0,7            | 11,18                                 | 98,2           | 9,5              | 1,7                  | <0,01                | <0,05                | 0,03                         | <0,010                   | NC   | 240                  |
|                  |               | 26/08/2019 | 2,7                           | 63,5                        | 4                                     | 1                                | 0,5            | 10,98                                 | 103,2          | 12,7             | 2,5                  | <0,01                | <0,05                | 0,04                         | 0,014                    | 8,12 | 290                  |
|                  |               | 21/11/2019 | 2,8                           | 64,6                        | <2                                    | 1,1                              | 1,8            | 15,07                                 | 118            | 4,5              | 3,1                  | <0,01                | <0,05                | 1,13                         | 0,357                    | NC   | 274                  |
| Le Thuet         | A-12-704-452  | 26/02/2019 | 2,5                           | 66,6                        | <2                                    | 1,2                              | 0,8            | 12,59                                 | 95,8           | 3,6              | 3,7                  | 0,01                 | <0,05                | 0,05                         | 0,012                    | NC   | NC                   |
|                  |               | 06/06/2019 | 2,5                           | 53,6                        | 2                                     | 0,9                              | 0,9            | 12,65                                 | 111            | 10,1             | 1,7                  | <0,01                | <0,05                | 0,03                         | 0,033                    | NC   | 250                  |
|                  |               | 26/08/2019 | 2,8                           | 64                          | 2                                     | 1                                | 0,8            | NC                                    | 105,7          | 12,9             | 2,6                  | <0,01                | <0,05                | 0,08                         | 0,022                    | 8,26 | 292                  |
|                  |               | 21/11/2019 | 2,9                           | 64,3                        | <2                                    | 1,1                              | 1,3            | 16,43                                 | 128            | 5                | 3                    | <0,01                | <0,05                | 0,05                         | 0,021                    | NC   | 270                  |

Le pH du Bronze, lorsqu'il a été mesuré, se situe entre 7,99 et 8,26. D'après Nisbet & Verneaux (1970), un pH compris entre 8 et 8,5 correspond, selon leur tableau, aux zones inférieures des réseaux, avec concentrations végétales en faciès lénitiques, ce qui n'est pas le cas du Bronze (cours d'eau de montagne, zone supérieure). Toutefois, ce tableau ne tient pas compte du substrat géologique du bassin versant, qui est pourtant un élément indispensable permettant d'expliquer le pH et la minéralisation des eaux du bassin. Le Bronze repose sur un substrat calcaire ce qui correspond donc bien aux valeurs élevées de pH (autour de 8). 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). Cette valeur n'est pas atteinte sur le Bronze.

La conductivité du Bronze reste assez homogène sur la totalité du linéaire, avec une légère hausse de l'amont vers l'aval. Il manque les valeurs de la 1<sup>ère</sup> campagne de février 2019. La conductivité se situe entre 195 et 290  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , soit une minéralisation assez forte typique des régions calcaires en zones supérieures et moyennes. Ceci concorde bien avec les valeurs de pH discutées ci-dessus.

Au niveau de 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 le Bronze, les concentrations sont bien inférieures à ces seuils, avec la valeur la plus élevée à 4,6 mg/L.

La teneur en calcium est relativement homogène sur tout le linéaire (autour de 50 mg/l). Ces valeurs sont normales et traduisent d'un substrat calcaire. La teneur en magnésium est très faible (2 à 4 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, si la majorité des mesures indiquent une concentration faible (<0,1 mg/L), il existe néanmoins une pollution en orthophosphates sur la station Pont de Chavougy lors de la campagne de novembre 2019, avec une concentration de 1,13 mg/L et sur la station du Buttex avec 0,32 mg/L. D'après Caudron *et al.*, 2006, les nuisances sur les populations de salmonidés sont considérées à partir de 0,3 mg/L.

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 le Bronze, les concentrations relevées sont toujours bien supérieures (>9 mg/L). De plus, la DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène) est toujours inférieure à 2 mg/L soit une situation normale. Caudron *et al.* (2006) fixent une valeur seuil pour les salmonidés à 3 mg/L.

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) 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 le Bronze, les teneurs en nitrites sont toutes inférieures ou égales à 0,01 mg/L. Pour Caudron *et al.* (2006), un effet toxique est observé chez les salmonidés à partir de 0,1 mg/L.

De manière générale, les résultats physico-chimique du Bronze sont satisfaisants, hormis sur la station Pont de Chavougy en novembre 2019 (pollution en orthophosphates). La source de cette pollution se trouve probablement sur la commune de Mont-Saxonnex, premier secteur anthropisé en amont de la station, mais celle-ci n'a pas été identifiée.

# Conclusion

Suite à la rédaction du PDPG, le constat d'un manque de donnée a été fait. En effet, seule la partie aval avait été inventoriée. L'étude réalisée cette année montre une population de truite fario équilibrée avec des abondances et biomasses correspondant au standard départemental, hormis sur la station aval du Thuet, où les individus capturés sont presque exclusivement des juvéniles de l'année avec des densités moyennes. Cette station se situe dans une zone anthropisée et les habitats ne sont pas favorables aux adultes.

Des prélèvements d'alevins seront réalisés lors des prochains inventaires sur la station Buttex, unique station située sur le linéaire alevinée chaque année, afin connaître la proportion de juvéniles issus de ce déversement.

La thermie a mis en évidence de faibles températures hivernales à partir de la station Buttex pouvant avoir un impact négatif sur la reproduction de la truite, notamment durant la phase de résorption de vésicule. Les températures estivales ne semblent quant à elle ne pas induire de risque de développement de la MRP, bien que sur la station aval l'eau dépasse le préférendum thermique de la truite sur une courte période.

Les résultats physico-chimiques sont globalement bons, hormis les paramètres orthophosphates et phosphore total durant la campagne de Novembre.

# 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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](http://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.
- SAGE ARVE (2014). Etude bilan quantitatif sur le territoire du SAGE de l'Arve. Rapport de synthèse de phase 3 et 4. 296p + annexes.
- 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.
- 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., 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/V0205010>, consulté le 08/01/2020

INPN : <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000>, consulté le 23/01/2020

Données publiques ouvertes en Auvergne-Rhône-Alpes : [d@tARA.gouv.fr](mailto:d@tARA.gouv.fr), consulté le 08/11/2019

Site du département de la Haute-Savoie : [haute-savoie.gouv.fr](http://haute-savoie.gouv.fr)

GIDON M. sur Geo-alp : [www.geol-alp.com](http://www.geol-alp.com), consulté le 17/09/2019

Ministère de la Transition écologique et Solidaire, portail d'information sur l'assainissement communal : [assainissement.developpement-durable.gouv.fr](http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr), consulté le 17/09/2019

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, donnée qualité des cours d'eau : <http://sierm.eaurmc.fr>, consulté le 10/01/2020

ROMMA (Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin) : [http://romma.fr/station\\_24.php](http://romma.fr/station_24.php), consulté le 23/01/2020

# Annexes

| PARAMETRES  | CLASSES |      |     |     |       |
|---|---------|------|-----|-----|-------|
|   | TBE     | BE   | MOY | MED | MAUV  |
| <b>Bilan de l'oxygène</b>   |         |      |     |     |       |
| Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> /l)  | 8       | 6    | 4   | 3   | < 3   |
| Taux de saturation en O <sub>2</sub> dissous (%)  | 90      | 70   | 50  | 30  | < 30  |
| DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)   | 3       | 6    | 10  | 25  | > 25  |
| Carbone organique dissous (mg C/l)  | 5       | 7    | 10  | 15  | > 15  |
| <b>Température</b>  |         |      |     |     |       |
| Eaux salmonicoles   | 20      | 21,5 | 25  | 28  | > 28  |
| Eaux cyprinicoles   | 24      | 25,5 | 27  | 28  | > 28  |
| <b>Nutriments</b>   |         |      |     |     |       |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l)                         | 0,1     | 0,5  | 1   | 2   | > 2   |
| Phosphore total (mg P/l)  | 0,05    | 0,2  | 0,5 | 1   | > 1   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)                           | 0,1     | 0,5  | 2   | 5   | > 5   |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /l)                           | 0,1     | 0,3  | 0,5 | 1   | > 1   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)                           | 10      | 50   | *   | *   | *     |
| <b>Acidification</b>  |         |      |     |     |       |
| pH minimum  | 6,5     | 6    | 5,5 | 4,5 | < 4,5 |
| pH maximum  | 8,2     | 9    | 9,5 | 10  | > 10  |
| <b>Salinité</b>   |         |      |     |     |       |
| 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'ammoniaque.  | 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'ammoniaque et les nitrates, les nitrites résultent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, 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 : 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  |  |  |