

ETUDE HYDROBIOLOGIQUE SUR LE VERSOYEN

Commune Bourg-Saint-Maurice

RAPPORT FINAL

Mai 2016

Aménagement, environnement & Développement durable
Hydrobiologie
Hydrogéologie
Systèmes d'information géographique
Milieux littoraux et marins
International et DOM-TOM
Biodiversité et milieux
Recherche & Développement

ASCONIT Consultants
Agence de Lyon
6-8 Espace Henri Vallée 69366 LYON Cedex 07
Tél. : +33 (0)4 72 82 37 45 Fax : +33 (0)4 78 94 11 98
Email : virginie.girard@asconit.com
Contact: GIRARD Virginie
Siège social : LYON 69366 Cedex 07
APE 7112B – SIRET 437 960 677 000 98
www.asconit.com

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	7
2	LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	7
2.1	Secteurs prospectés.....	7
2.2	Stations de prélèvements de la faune benthique	7
2.3	Station de mise en œuvre de la méthode des micro-habitats.....	7
3	METHODES.....	9
3.1	Inventaires des données existantes	9
3.2	Echantillonnage de la faune benthique.....	9
3.3	Relevés des caractéristiques hydromorphologiques et des frayères potentielles	9
3.4	Campagne de mesures pour la méthode des micro-habitats	10
3.4.1	Protocole de terrain	10
3.4.2	Rappel de la terminologie.	11
3.4.3	Détermination du débit minimum biologique.	11
3.4.4	Présentation de l'espèce cible	13
4	RESULTATS.....	16
4.1	Caractéristiques générales	16
4.1.1	Régime hydrologique	16
4.1.2	Qualité des eaux superficielles du Versoyen.....	18
4.1.3	Contexte piscicole	19
4.2	Contexte hydrologique des campagnes de terrain	23
4.2.1	Première campagne : période de moyennes eaux.....	23
4.2.2	Deuxième campagne : période de basses eaux	24
4.3	Relevés des caractéristiques hydromorphologiques et des frayères potentielles ...	24
4.3.1	Secteur aval à l'amont immédiat de la restitution.....	24
4.3.2	Secteur intermédiaire dans le futur TCC	25
4.3.3	Bilan.....	26
4.4	Etat des peuplements benthiques.....	26
4.4.1	Caractéristiques environnementales et habitabilité des stations.....	26
4.4.2	Interprétation des notes IBG DCE – Valeurs de référence	27

4.4.3	Station Amont TCC	28
4.4.4	Station TCC actuel	31
4.4.5	Station TCC futur	34
4.4.6	Evolution longitudinale	37
4.4.7	Evolution temporelle.....	37
4.4.8	Listes faunistiques et espèces endémiques	38
4.4.9	Conclusion	39
4.5	Campagne de mesure pour la méthode des micro-habitats.....	40
4.5.1	Caractéristiques de la station de mesure.....	40
4.5.2	Modélisation et analyse des résultats.....	41
4.5.3	Valeurs de Surfaces Potentiellement Utiles (SPU).	42
4.5.4	Synthèse de l'analyse des courbes de SPU.....	44
4.5.5	Scénarios de gestion des débits	45
5	BILAN	48
6	REFERENCES	49
7	ANNEXES.....	49
	Annexe 1 – Typologie des frayères.....	49
	Annexe 2 – Relevés colmatage	49
	Annexe 3 – Liste faunistique et résultats d'analyse pour le Versoyen.....	49

Liste des Figures

Figure 1 : Localisation des stations de prélèvement de la faune benthique (IBG) et d'application de la méthode des micro-habitats (ModHab) sur le Versoyen	8
Figure 2 : Méthode d'échantillonnage des données hydrauliques. Dans cet exemple, l'espace entre les verticales (points) est égal à la largeur mouillée moyenne divisé par 7 et l'espace entre les transects est égal à la longueur de la station divisé par 20.	10
Figure 3 : Graphiques d'évolution en fonction des débits des SPU des différents stades de développement de la Truite fario et détermination graphique des seuils de débits caractéristiques « SAR » et « SC »	12
Figure 4 : Exemple permettant de visualiser le Débit Biologique proposé (rectangle vert) et de le comparer aux débits caractéristiques du cours d'eau. Espèces « cibles » : Truite adulte (ADU), Truite juvénile (JUV) et Chabot (CHA)	12
Figure 5 : Exemples de courbes de préférences de la truite issues du logiciel EVHA.	15
Figure 6 : Débits moyens mensuels « naturels » (reconstitués, histogrammes en vert) du Versoyen à la prise Bonneval, calculés sur la période de 1996 à 2008. (Source : EAU ZONE).	16
Figure 7 : Débits moyens mensuels (reconstitués) du Versoyen à la prise Bonneval, calculés sur la période de 1996 à 2008 (Source : EAU ZONE).	17
Figure 8 : Localisation de la station RCS sur le Versoyen (Source : AERMC)	18
Figure 9 : localisation des stations d'inventaire piscicole sur les torrents du Versoyen et des Glaciers.	19
Figure 10 : Torrent du Versoyen, secteur aval, vue vers l'amont (à gauche). Seuil au lieudit de la Fabrique (à droite).	21
Figure 11 : Etat de la retenue et des déversements le 24/08/2015	23
Figure 12 : Vue vers l'aval (à gauche ; la flèche jaune indique le chenal lentique) et vers l'amont (à droite).....	24
Figure 13 : Cascade dont la hauteur de chute est de 1 m environ (à gauche) et frayère latérale non protégée avec un léger colmatage indiqué par une flèche (à droite)	24
Figure 14 : Vue vers l'aval (à gauche) et affluent en rive droite (ruisseau de la Tailla ; à droite)	25
Figure 15 : étalement en rive droite avec (à gauche), atterrissement central et bois mort (à droite)	25
Figure 16 : Frayère dans un radier (à gauche) et frayère partiellement protégée en rive droite (à droite)	26
Figure 17 : Stations de prélèvements des échantillons de macro-invertébrés (de l'amont vers l'aval) – campagne Août 2015.....	27
Figure 18 : Stations de prélèvements des échantillons de macro-invertébrés (de l'amont vers l'aval) – campagne Janvier 2016.	27
Figure 19 : <i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898 (à gauche) et <i>Epeorus alpicola</i> (Eaton, 1871)(à droite). Source : www.opie-benthos.fr	38
Figure 20 : Station de mesure pour l'application de la méthode des micro-habitats (Vue vers l'aval à gauche). Section de jaugeage (à droite) en période de basses eaux (photos du haut). Vues de la station en période de hautes eaux (avril 2016, photos du bas)	40
Figure 21 : Distribution granulométrique (RM/D : Roche-mère/Dalle ; S : sable ; GG : Gravier grossier ; CF : Caillou fin ; CG : Caillou grossier ; PF : Pierre fine ; PG : Pierre grossière ; B : Bloc).....	41
Figure 22 : Courbes de valeur d'habitat de la Truite fario – Stades adulte et juvénile – Station du Versoyen.....	42
Figure 23 : Courbe de Surface Pondérée Utile (SPU) pour les stades adulte et juvénile de truite fario – Station du Versoyen	42

Figure 25 : Détail de l'analyse de la courbe de SPU pour le stade juvénile de truite fario 43

Figure 26 : Détail de l'analyse de la courbe de SPU pour le stade adulte de truite fario – Station du Versoyen . 43

Liste des Tableaux

Tableau 1 : débits caractéristiques du Versoyen au droit de la prise d'eau de la microcentrale Bonneval	17
Tableau 2 : Fiche de synthèse de l'état du Versoyen de 2006 à 2014. Source : www.sierm.eaurmc.fr	18
Tableau 3 : Résultats de pêches de la FDAPPMA dans le secteur d'étude (présentation des stations de l'amont vers l'aval). Les effectifs (estimés) sont donnés en nombres d'individus pour 1000 m ²	20
Tableau 4 : Résultats de pêches réalisées en 2015 par la FDAPPMA 73 dans le secteur d'étude. Les effectifs (estimés) sont donnés en nombres d'individus pour 1000 m ²	20
Tableau 5 : Résultats de pêches de GREBE-ANTEA de 2002 dans le secteur d'étude. Les effectifs sont donnés en nombres d'individus pour 1000 m ² . (*) Effectif probablement sous-estimé.	20
Tableau 6 : Habitats préférentiels quotidien (alimentation, repos, cache) et de reproduction des espèces cibles	22
Tableau 7 : Habitats prélevés (en % de la surface de la station) par ordre d'habitabilité (les racines, branchages et litière sont les habitats les plus biogènes en opposition aux dalles qui le sont peu).	27
Tableau 8 : Limite des classes de qualité selon l'HER Alpes interne – Moyens et petits cours d'eau.....	28
Tableau 9 : Résultats 2015 – 2016 sur les invertébrés benthiques – Station Amont TCC	28
Tableau 10 : Résultats 2015 – 2016 sur les invertébrés benthiques – Station TCC actuel.....	31
Tableau 11 : Résultats 2015 – 2016 sur les invertébrés benthiques – Station TCC futur	34
Tableau 12 : Résultats campagne été 2015 – Evolution longitudinale	37
Tableau 13 : Résultats campagne hiver 2016 – Evolution longitudinale	37
Tableau 14. Qualité biologique – campagne de juillet et octobre 2002 (Source : GREBE-ANTEA 2002) et 2015-2016 (Source :ASCONIT Consultants).....	38
Tableau 15 : Caractéristiques moyennes à l'échelle du tronçon (n=nombre de points ou transects mesurés)...	41
Tableau 16 : synthèse des valeurs de débit seuils obtenues pour chacun des deux stades de développement de la truite fario – Station du Versoyen	44
Tableau 17 : Variation de SPU par rapport à une situation de référence représentée par le débit réservé actuel (340 L/s) pour quatre valeurs de débits réglementaires.....	47
Tableau 17 : Synthèse des enjeux.....	48

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Cette étude hydrobiologique répond aux exigences de l'étude d'impact du projet d'extension de la microcentrale Bonneval 2 sur le Versoyen. En particulier, elle vise à déterminer (1) l'état biologique initial du torrent sur la base de son peuplement de macro-invertébrés, (2) le débit réservé à respecter au regard l'article L214-18 du code de l'environnement et (3) identifier le potentiel de reproduction via une caractérisation des frayères.

Les différentes phases de terrain avaient pour objectif de réaliser :

- ✓ *un relevé des caractéristiques du cours d'eau,*
- ✓ *un inventaire des frayères sur les secteurs prospectés,*
- ✓ *deux campagnes d'échantillonnage des macro-invertébrés,*
- ✓ *les mesures pour l'application de la méthode des micro-habitats.*

2 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le Versoyen est un affluent de l'Isère, en rive droite localisés dans la commune de Bourg-Saint-Maurice (Figure 1).

Le secteur d'étude se situe entre le mésorithral et métarithral selon la correspondance ordre de Strahler et zonation d'Illies et Botosaneanu (1963) correspondant à la **zone à truite** selon la zonation de Huet. Cette zone se caractérise généralement par des températures moyennes comprises entre 4 et 12°C, des eaux vives, fraîches et bien oxygénées.

2.1 Secteurs prospectés

Pour évaluer les enjeux écologiques au regard des espèces aquatiques, une prospection a été réalisée sur le tronçon court-circuité (TCC) prévus dans le projet d'aménagement.

2.2 Stations de prélèvements de la faune benthique

Pour évaluer la qualité des milieux aquatiques, des prélèvements de macro-invertébrés ont été réalisés sur trois stations du Versoyen (nommées « station IBG » sur la Figure 1) aux points suivants :

- En amont de sa confluence avec le Torrent des Glaciers (Amont TCC),
- Dans le TCC actuel à l'amont proche de la station Bonneval 1 (dans le TCC),
- En aval de la restitution actuelle (aval proche) et dans le futur TCC (Aval TCC).

Pour le Versoyen, les stations ont été choisies identiques à celles de l'étude menée en 2002 et 1988 par GREBE-ANTEA, afin de comparer les résultats obtenus. Seule la station sur le torrent des Glaciers n'a pas été prélevée dans notre étude.

2.3 Station de mise en œuvre de la méthode des micro-habitats

Pour évaluer les impacts potentiels associés à un changement de débit sur les peuplements aquatiques, des mesures hydromorphologiques ont été réalisées sur une station (nommée « station ModHab » sur la Figure 1) localisée en aval de la restitution actuelle (aval proche) et dans le futur TCC (Aval TCC). La station se situe à l'aval de la station IBG.

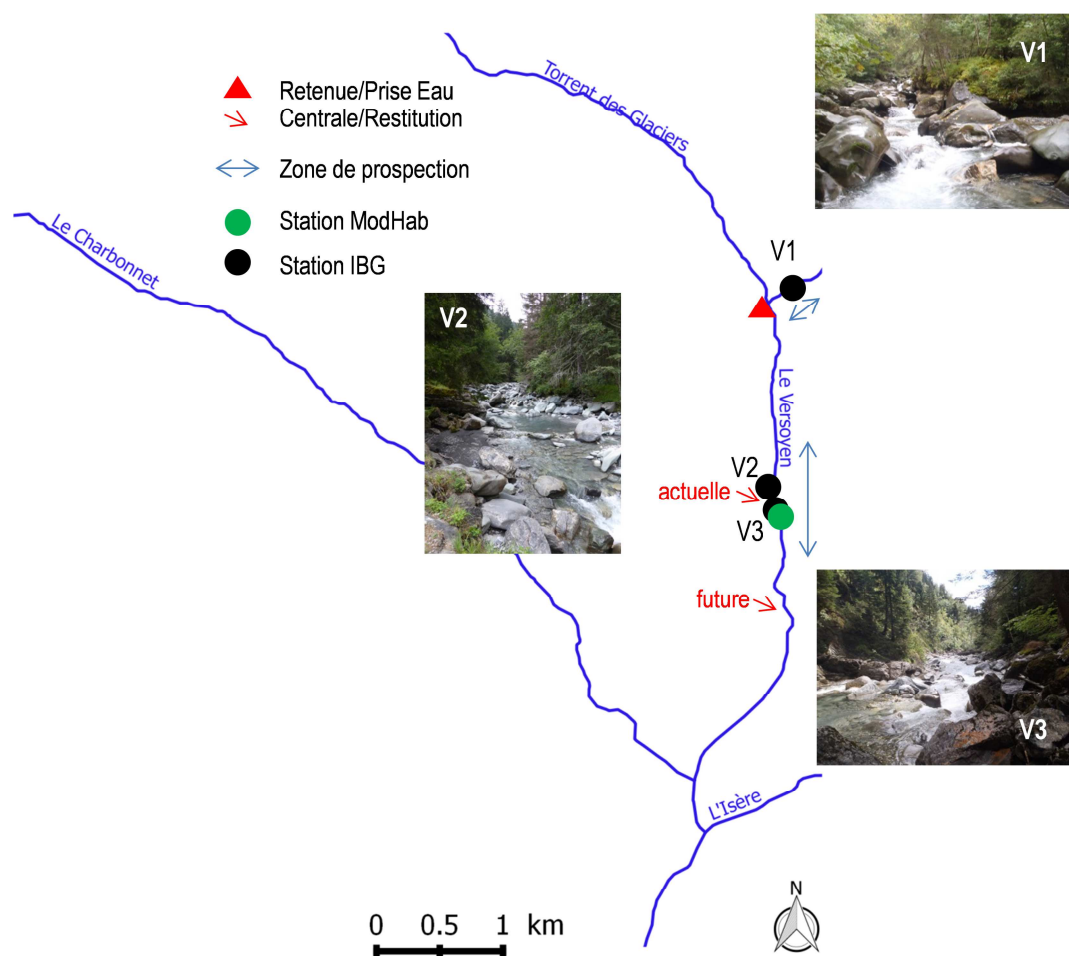


Figure 1 : Localisation des stations de prélèvement de la faune benthique (IBG) et d'application de la méthode des micro-habitats (ModHab) sur le Versoyen

3 METHODES

3.1 Inventaires des données existantes

Les **données hydrologiques** et le contexte hydromorphologique des bassins ont été fournis par le client.

Les **données piscicoles** ont été récoltées pour partie auprès de la Fédération de pêche de Savoie.

Les **données de la qualité de l'eau** sur le Versoyen ont été récupérées sur le site de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse.

Des **données sur les peuplements aquatiques** (invertébrés et poissons) sont disponibles pour le Versoyen ; il s'agit de l'étude hydrobiologique menée par le groupement de bureaux d'études GREBE-ANTEA en 2002.

3.2 Echantillonnage de la faune benthique

Les prélèvements ont été réalisés selon le protocole IBG DCE (Surber, 1/20 m², méthode de prélèvements XP T90-333 et méthode d'analyse XP T90-388).

L'état écologique au sens de la DCE a été évalué sur la base du système SEEE (MEDDE, 2012).

3.3 Relevés des caractéristiques hydromorphologiques et des frayères potentielles

La visite de terrain consiste en une prospection totale avec des relevés à intervalle régulier de l'ordre de 30 à 40 m. Les éléments annotés sont :

- Le type de faciès (selon la typologie issue de Malavoi et Souchon, 2002),
- Les anomalies géomorphologiques (verrou, constriction latérale, îlot central, etc.),
- La pente locale,
- La nature du colmatage (vases organiques, sables, etc.) et le degré de colmatage (cf. Annexe 2),
- La configuration des berges (verticales, stables, etc.),
- L'état de la ripisylve (présence d'arbres, arbustes, clairsemés, etc.),
- La présence d'obstacle (naturel, artificiel, avec risque de discontinuité),

La prospection est accompagnée d'un **reportage photographique**.

Dans cette étude, l'identification des **frayères potentielles a été réalisée partiellement et seulement pour la truite** sur le Versoyen, sur la base de la granulométrie du lit (entre 1 et 10 cm¹), de la hauteur d'eau (entre 5 et 30 cm) et de la vitesse du courant (entre 40 et 60 cm/s), et du positionnement dans le chenal selon une typologie issue de Champigneulle et col. (2003 ; Cf. Annexe 1).

NB : L'identification des frayères sur la totalité du TCC du projet qui devait être réalisée pendant la période de basses eaux (étiage hivernal), n'a pas pu être menée à bien du fait des conditions hydroclimatiques atypiques de l'hiver 2015-2016, qui s'est notamment traduit par la quasi-absence d'étiage hivernal.

¹ Arrêté du 23 avril 2008 fixant la liste des espèces de poissons et de crustacés et la granulométrie caractéristique des frayères en application de l'article R. 432-1 du code de l'environnement

3.4 Campagne de mesures pour la méthode des micro-habitats

3.4.1 Protocole de terrain

La méthode des micro-habitats selon une **approche statistique** a été mise en œuvre.

Le **logiciel employé est STATHAB(2)** en raison d'une forte pente et d'une granulométrie relative la hauteur d'eau supérieure à 1.

L'échantillonnage des données d'entrées de STATHAB(2) se fait au minimum à deux campagnes (débits de basses eaux Q1 et hautes eaux Q2) afin d'établir les relations de géométrie hydraulique à l'échelle du tronçon. Ce faisant, il est important que Q2 soit supérieur à 2 fois Q1, pour assurer une bonne interpolation des caractéristiques moyennes (hauteur et largeur mouillée). Par ailleurs, on veillera à ce que le débit médian ou Q50 (i.e. le débit dépassé la moitié du temps) soit compris dans la gamme $Q1/10$ et $5*Q2$.

Les mesures de terrain pour STATHAB(2), qui sont les données d'entrées des modèles, sont :

- une centaine de hauteurs d'eau, une vingtaine de largeurs mouillées et le débit, à deux campagnes,
- la hauteur de chutes cumulée (hauteur cumulée des chutes dont la hauteur est > 20 cm) sur la longueur de la station (exprimée en m). Cette hauteur est supposée débit-indépendante dans les modèles.

Les mesures de la granulométrie ne sont pas nécessaires pour la mise en œuvre du modèle hydraulique statistique pour les rivières pentues. Toutefois, elles sont importantes pour, de manière plus générale, décrire les habitats des espèces.

Les mesures sont échantillonnées sur une grille dont l'espace entre les points et les transects sont réguliers (Figure 2).

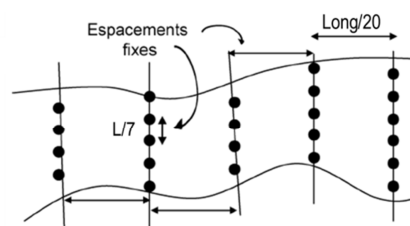


Figure 2 : Méthode d'échantillonnage des données hydrauliques. Dans cet exemple, l'espace entre les verticales (points) est égal à la largeur mouillée moyenne divisé par 7 et l'espace entre les transects est égal à la longueur de la station divisé par 20.

Pour les modèles hydrauliques statistiques des rivières pentues disponibles dans STATHAB2, des mesures complémentaires sont toutefois nécessaires ou optionnelles :

- Mesure nécessaire : la pente de la ligne d'eau du tronçon (exprimée en %).
- Mesure optionnelle : la hauteur de chutes cumulée (hauteur cumulée des chutes dont la hauteur est > 20 cm) sur la longueur de la station (exprimée en m). Cette hauteur est supposée débit-indépendante dans les modèles.

Lors des mesures de terrain, la constance du débit dans l'espace et le temps doit faire l'objet d'une vérification rigoureuse dans les cours d'eau pentus.

Il est recommandé d'augmenter le nombre de transects lorsque la largeur est variable dans l'espace, et d'augmenter le nombre de points de mesures en cas de forte variabilité transversale (réduire l'espacement transversal).

3.4.2 Rappel de la terminologie.

Une attention particulière est portée sur la signification des différents termes associés à la notion d'ensemble de « débit minimum » à maintenir afin de préserver les fonctionnalités du milieu aquatique. Il est en effet important de différencier les Débits Biologiques et Débits Biologiques de Survie, utilisés dans le cadre des études de type « volumes prélevables » et le Débit Minimum Biologique (DMB).

Le Débit Minimum Biologique est le débit minimum susceptible d'être maintenu toute l'année et garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces, poissons et crustacés, du cours d'eau. Ce débit, au moins égal au dixième du module ou au débit entrant si ce dernier est inférieur, doit être défini à l'aval des ouvrages hydroélectriques ou autres prélèvements concernés par l'article L214-18 du Code de l'Environnement.

Le Débit Réservé (DR) est quant à lui le débit minimal imposé aux gestionnaires d'un ouvrage hydraulique. Il doit être au moins égal au Débit Minimum Biologique (DMB) au sens du Code de l'Environnement (article L.214-18), éventuellement augmenté des prélèvements autorisés sur le tronçon influencé. Le débit réservé peut présenter différentes valeurs selon les périodes de l'année, on parle alors communément de « régime réservé ».

Le Débit Biologique correspond au débit moyen mensuel qui satisfait, en période d'étiage, les fonctionnalités biologiques du milieu. Comme mentionné dans le document de cadrage du groupe de travail du bassin Rhône-Méditerranée « gestion quantitative », une défaillance d'intensité et de fréquence maîtrisée est admissible sur les débits journaliers. Enfin, on définit le Débit Biologique de Survie comme le débit qui satisfait, en période d'étiage sévère, les fonctionnalités biologiques du milieu en situation de survie à tout moment. Il est estimé sur la base d'un débit journalier.

3.4.3 Détermination du débit minimum biologique.

La détermination du Débit Minimum Biologique sera réalisée à travers l'analyse qualitative et quantitative des courbes d'évolution de la Surface Pondérée Utile (SPU) :

1. Le raisonnement qualitatif cherche à définir graphiquement le seuil d'accroissement du risque « SAR » qui constitue une limite en dessous de laquelle la perte de SPU en fonction des débits décroissants s'accroît plus ou moins franchement, ce qui se traduit graphiquement par une augmentation de la pente de la courbe.

Il convient de rappeler que les débits « bruts » définis dans le cadre de cette étude ne sont qu'un des éléments qui doivent être pris en compte dans la définition des seuils précédemment cités et qu'il faut donc laisser une certaine latitude dans la proposition de la valeur de ces débits « biologiques ». Dans la pratique, l'étude de ces courbes peut s'avérer assez difficile : l'absence de franche rupture dans l'allure des courbes ne permet pas systématiquement de définir un réel SAR.

2. Le raisonnement quantitatif s'attache à définir la SPU la plus limitante pour le cours d'eau en situation d'hydrologie aussi naturelle que possible et fait donc référence à la situation hydrologique du mois le plus sec pour le stade limitant des guildes, populations, stades « repères ». En effet, la communauté scientifique s'accorde sur le fait que le débit minimum d'étiage est l'un des facteurs majeurs qui régule les peuplements piscicoles (voir par exemple Capra, 1995). Les grandeurs classiquement utilisées sont le QMNA5 et le QMNA2. Cette seconde approche est mise en œuvre sur la base des informations disponibles par ailleurs. A ce titre, les données hydrologiques issues des stations hydrométriques de référence seront particulièrement mises à profit.

Les exemples de rendu suivants permettent à gauche, de visualiser les SPU des différentes espèces / stades de développement associés et de les comparer aux débits caractéristiques du cours d'eau, et à droite, de déterminer graphiquement les deux seuils de débits caractéristiques :

Module (M) = débit interannuel moyen
1/10^{ème} du module (M/10)
QMNA₅ = débit moyen mensuel sec de période de retour 5 ans

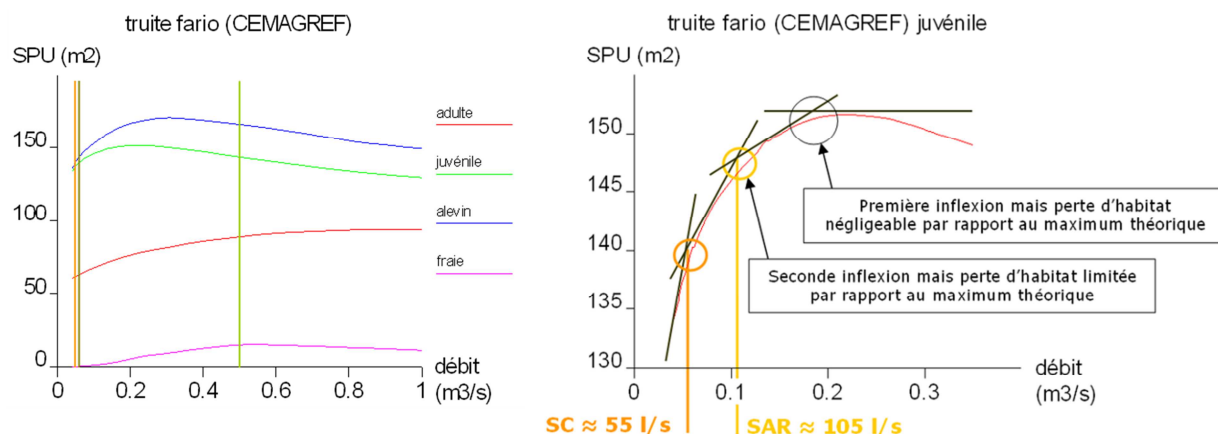


Figure 3 : Graphiques d'évolution en fonction des débits des SPU des différents stades de développement de la Truite fario et détermination graphique des seuils de débits caractéristiques « SAR » et « SC »

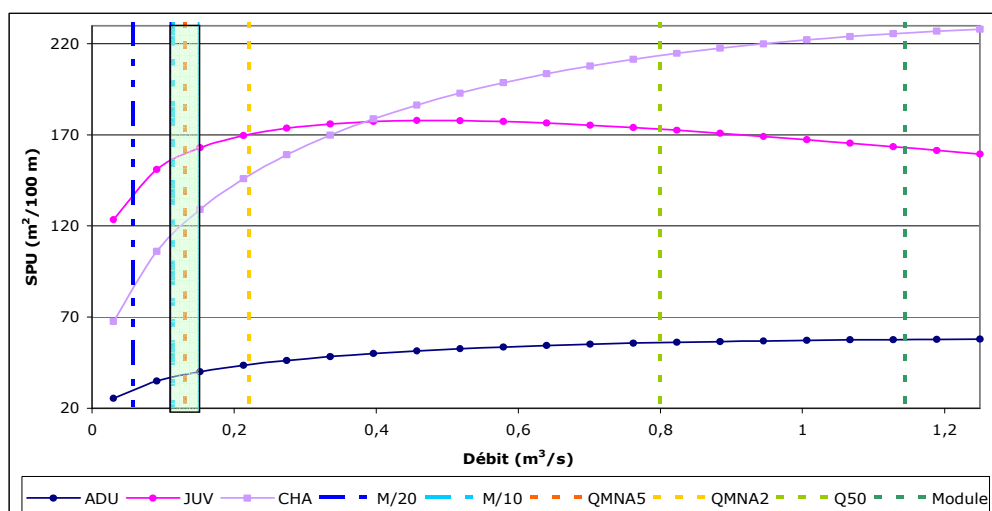
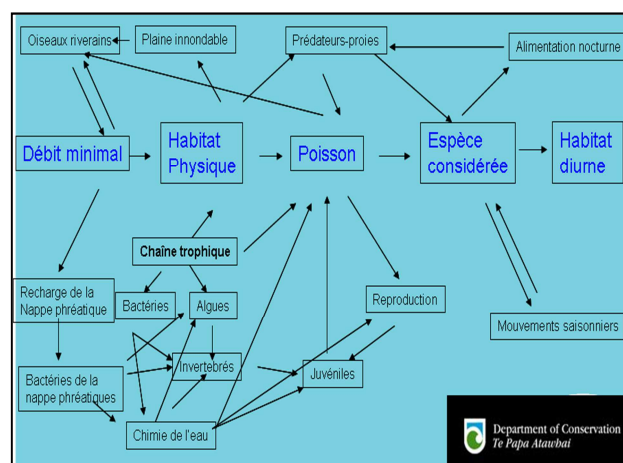


Figure 4 : Exemple permettant de visualiser le Débit Biologique proposé (rectangle vert) et de le comparer aux débits caractéristiques du cours d'eau. Espèces « cibles » : Truite adulte (ADU), Truite juvénile (JUV) et Chabot (CHA)

Remarque importante : La mise en œuvre de la méthode des « microhabitats » fournit un ordre de grandeur pour les débits minimums (biologiques). La détermination des débits biologiques par une méthode « microhabitats » reste en effet entachée d'une forte incertitude liée :

- ⇒ A la complexité du système (représentativité des stations, modifications fréquentes du lit...);
- ⇒ Aux conditions d'étiage (paramètres qualitatifs limitants pour le milieu et non intégrés dans les débits biologiques: température de l'eau, concentration en oxygène dissous, dilution des polluants, etc.);



- ⇒ A la méthode qui correspond au couplage d'un modèle hydraulique avec un modèle biologique simplifié ne pouvant intégrer toutes les composantes d'un hydrosystème (voir exemple ci-contre). Pour faire simple, la méthode des microhabitats ne prend en compte que l'habitat « physique » (hydraulique) de quelques espèces cibles ;
- ⇒ Aux nombreuses incertitudes liées aux courbes de préférence, aux mesures de terrain (débit notamment), relation (pas toujours démontrée) entre densité et SPU, etc. La figure suivante montre l'incertitude pouvant être associée à certaines courbes :

Dans ces conditions, l'analyse se doit également de prendre en compte les autres facteurs de contrôle/limitant la dynamique des populations de poissons. L'analyse du contexte environnemental du secteur d'étude va également conditionner la valeur de débit qui sera proposée pour garantir les objectifs environnementaux. Ce contexte comprend en particulier (voir Cemagref 2008) :

- ⇒ Le niveau de pollution actuel des eaux, résultant des rejets et des émissions de matière organique, nutriments et autres substances. Ce niveau est à apprécier notamment au regard de ses incidences sur l'état et le fonctionnement écologique des cours d'eau ainsi qu'au regard du niveau d'aptitude des eaux aux usages identifiés ou voulus ;
- ⇒ La morphologie du cours d'eau (largeur du ou des chenaux principaux, hauteur des berges, profil en long, granulométrie du fond du lit, vitesses de l'écoulement, etc...), en rapport avec le niveau éventuel de chenalisation, rectification, équipement en barrages et seuils, mise en eau à partir d'un certain débits d'habitats (potentiellement) intéressants, en particulier au niveau des berges, des bras secondaires, etc... ;
- ⇒ La température de l'eau, conditionnée par le climat mais aussi par la présence ou non d'afférences d'eaux souterraines, par la présence de zones profondes ;
- ⇒ La présence de végétation sur les rives qui, outre l'effet sur la température, joue un rôle vis-à-vis des habitats et du fonctionnement métabolique du cours d'eau ;
- ⇒ Le « potentiel reproduction » du cours d'eau : les caractéristiques en termes de hauteur d'eau et de vitesse de courant (voire tout simplement de mise en eau) des principales zones de frayères recensées sur le linéaire.

3.4.4 Présentation de l'espèce cible

Dans le cadre de cette étude, l'espèce cible retenue comme modèle biologique est la truite fario *Salmo trutta fario*. C'est, de plus, la seule espèce qui semble pouvoir coloniser l'ensemble du linéaire du cours d'eau étudié, le chabot se cantonnant à la partie la plus aval.

Une présentation succincte de la biologie/écologie de la truite fario est donnée dans les paragraphes qui suivent.

Description

Espèce autochtone des rivières françaises, la truite fario peut mesurer plus de 60 cm pour un poids d'environ 3,5 kg. Elle est généralement de couleur brune, au dos foncé à vert clair, aux flans nacrés à jaunâtres, avec des tâches noires et des points rouges qui couvrent ses flancs, ses opercules et sa nageoire dorsale.



Source : <http://rdb.eaurmc.fr>



Source : ASCONIT Consultants

Biologie-Ecologie

La truite fario est un salmonidé rhéophile et pélagique. La truite est un poisson d'eau vive, froide et bien oxygénée. Elle colonise les secteurs amont des cours d'eau et se nourrit principalement d'invertébrés et de petits poissons. Les stades de développement de la truite fario pris en compte par le logiciel Estimhab dans l'évaluation des DMB sont :

- Adulte : sujet en âge de se reproduire (14 à 28 cm),
- Juvénile : sujet de plus d'un an non encore reproductif (10 à 16 cm),

Elle atteint sa maturité sexuelle dès l'âge de 1 à 2 ans et la reproduction a lieu de novembre à fin février, au niveau des têtes de bassin (chevelu hydrographique) dans les zones de transition entre mouille et radier, là où le courant s'accélère, la profondeur est peu importante et sur fond de graviers (2 à 6 cm de diamètre).

La truite présente un intérêt patrimonial et halieutique important. Les habitats qu'elle utilise au cours de son cycle vital font l'objet d'une protection nationale (arrêté du 8 décembre 1988). Elle est un indicateur de la bonne qualité de l'eau et du maintien de l'intégrité des habitats aquatiques.

La truite est généralement présente dans les eaux fraîches (entre 0 et 20°C) et bien oxygénée (> 6 mg/L). L'habitat de la truite adulte se situe dans des eaux de profondeurs > 60 cm, des courants modérés (< 1m/s) et une granulométrie moyenne. En revanche, les juvéniles préfèrent des hauteurs d'eau comprises entre 20 et 100 cm (cf. courbes de préférences issues de EVHA, Figure 5).

La diversité des habitats est nécessaire au maintien de son habitat fonctionnel. En effet, la truite au repos préférera les caches rivulaires et les milieux profonds ou ombragés, alors qu'elle s'alimentera des macro-invertébrés en dérives, qui suppose un positionnement dans la veine principale du chenal.

En termes de dynamique de population, le stade limitant est le plus souvent représenté par le stade adulte du fait de la forte territorialité des individus et de la réduction des surfaces colonisables en période d'étiage et/ou de faible débit. En effet, l'adulte est très rapidement défavorisé aux faibles débits (réduction des hauteurs d'eau et des vitesses).

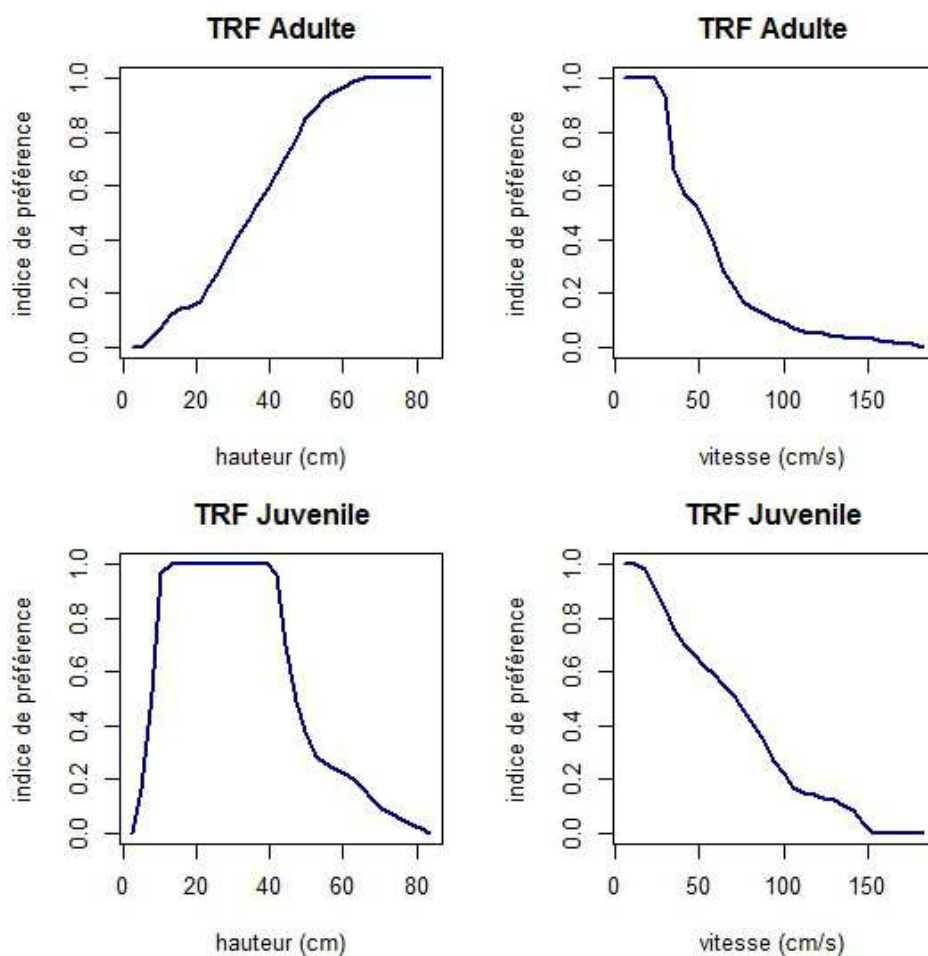


Figure 5 : Exemples de courbes de préférences de la truite issues du logiciel EVHA.

4 RESULTATS

4.1 Caractéristiques générales

Le bassin versant drainé par le Versoyen est de 110 km² au niveau de la prise d'eau de la centrale Bonneval 1. Ce bassin présente un tissu urbain continu sur sa partie aval et est principalement couvert d'une forêt de conifères sur sa partie centrale et d'une forêt de type mixte sur la partie la plus en amont du bassin.

4.1.1 Régime hydrologique

Les données relatives à l'hydrologie et le contexte hydromorphologique du bassin ont été fournies par le client.

Le Versoyen se jette dans l'Isère au niveau de Bourg-Saint-Maurice. Le Versoyen est un affluent rive droite de l'Isère à Bourg-Saint-Maurice et prend sa source au Plan de Forclaz sous la Pointe des Ouillons (3 110 mètres).

Le Versoyen présente un régime influencé sur sa partie amont en raison de la présence du complexe EDF Roselend-La Bâthie qui soustrait une bonne partie de la ressource (74 km² du bassin de Versoyen est soustrait). Au niveau de ces prises d'eau, le débit réservé est de l'ordre du 1/20^{ème} du module, la centrale de la Bâthie faisant partie des « ...ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de la consommation au sens de l'article L. 214-18, ... » (décret n°2010-1391 du 12 novembre 2010)

Le débit « naturel » reconstitué au droit de la prise d'eau de la microcentrale est présenté à la figure suivante. Le module « naturel » est estimé à 5,45 m³/s.

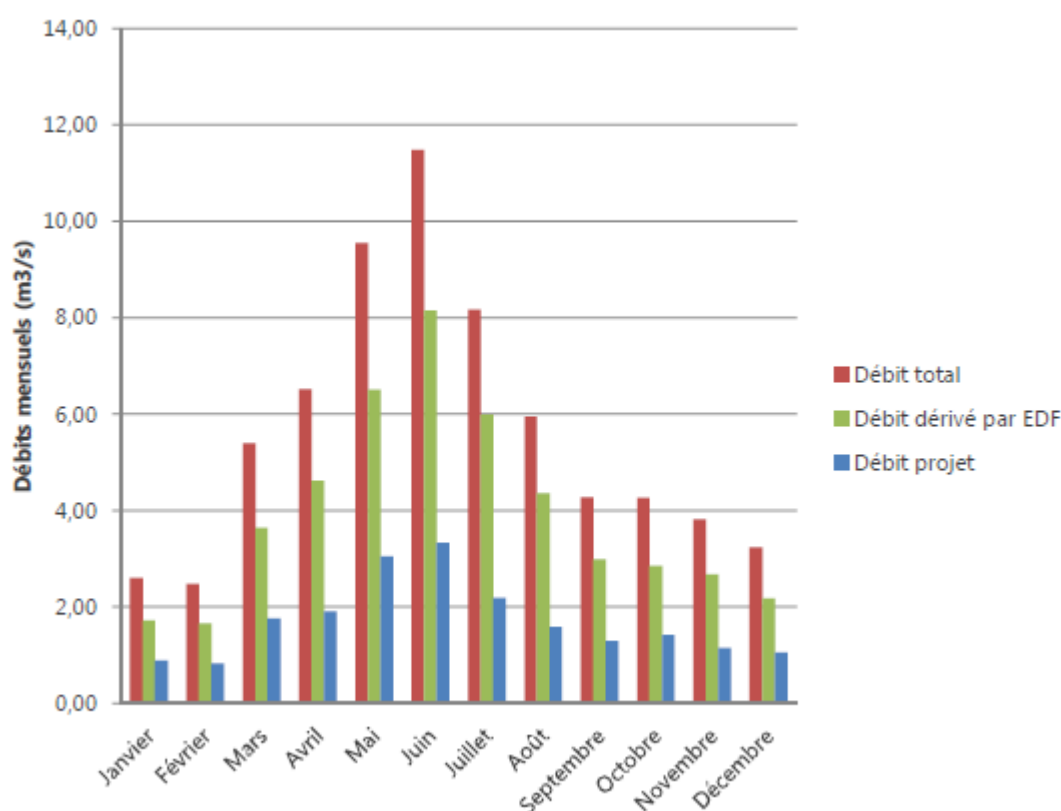


Figure 6 : Débits moyens mensuels « naturels » (reconstitués, histogrammes en vert) du Versoyen à la prise Bonneval, calculés sur la période de 1996 à 2008. (Source : EAU ZONE).

En rouge : débit naturel reconstitué au droit de la prise d'eau de la centrale de Bonneval. Correspond à la somme du débit dérive (en vert) et du débit résiduel (en bleu) arrivant réellement au droit de cette prise d'eau.

La reconstitution des débits « influencés » arrivant à la prise d'eau Bonneval met en évidence un régime nival (Figure 7). La période des **basses eaux s'étend de septembre à février** ; et la période de hautes eaux s'étend de mars à août.

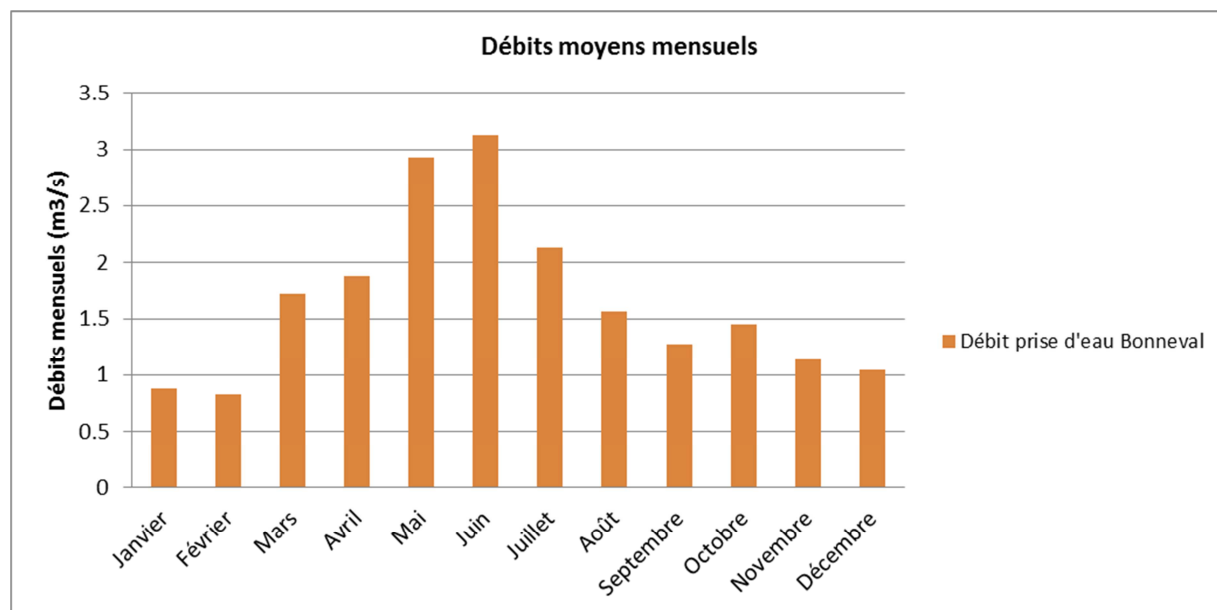


Figure 7 : Débits moyens mensuels (reconstitués) du Versoyen à la prise Bonneval, calculés sur la période de 1996 à 2008 (Source : EAU ZONE).

Les **débits caractéristiques** au droit de la prise d'eau sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : débits caractéristiques du Versoyen au droit de la prise d'eau de la microcentrale Bonneval

	Régime « naturel » reconstitué	Régime influencé
Module (m³/s)	5,45 m³/s	1,67 m³/s
Mois le plus sec (février)	2,39 m³/s	0,82 m³/s
Mois le plus humide (juin)	11,02 m³/s	3,12 m³/s
QMNA5	Non calculé	0,53 m³/s

4.1.2 Qualité des eaux superficielles du Versoyen

Les données de la qualité de l'eau ont été récupérées sur le site de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse.

La station du réseau de contrôle de surveillance (RCS ; code station : 06133560) est localisée sur le secteur aval du Versoyen, au niveau du pont de la D119 au sud du quartier le Mollard.

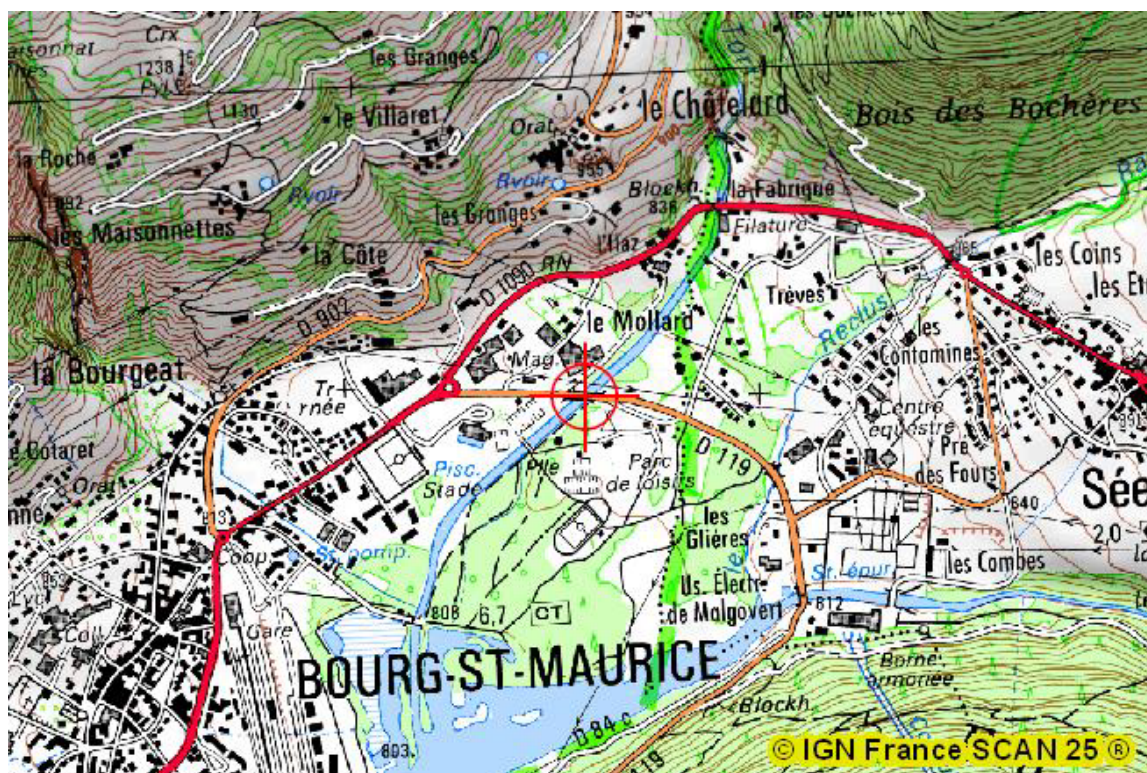


Figure 8 : Localisation de la station RCS sur le Versoyen (Source : AERMFC)

L'état écologique se situe sur la période de 2006 à 2014 entre la classe moyenne et mauvaise (obtenue une fois en 2011) en raison d'un état biologique plutôt moyen (selon l'indice de bioindication associés aux macro-invertébrés), d'un milieu parfois riche en nutriment et des problèmes d'acidification (Tableau 2).

Tableau 2 : Fiche de synthèse de l'état du Versoyen de 2006 à 2014. Source : www.sierm.eaurmc.fr

Années (1)	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments	Acidification	Salinité	Polluants spécifiques	Invertébrés benthiques	Diatomées	Poissons (2)	Hydromorphologie	Pressions hydromorphologiques	ÉTAT ÉCOLOGIQUE	POTENTIEL ÉCOLOGIQUE	ÉTAT CHIMIQUE
2014	BE	TBE	MOY ①	BE	Ind		MOY	TBE				MOY		
2013	BE	TBE	MOY ①	BE	Ind		MOY	TBE				MOY		
2012	BE	TBE	TBE	BE	Ind		MED	TBE				MED		
2011	TBE	TBE	TBE	MOY	Ind		MAUV	TBE				MAUV		
2010	TBE	TBE	TBE	MOY	Ind		MED	TBE				MED		
2009	TBE	TBE	BE	BE	Ind		MOY	TBE				MOY		
2008	TBE	TBE	BE	TBE	Ind		MOY	TBE				MOY		
2007	BE	TBE	TBE	BE	Ind							Ind		
2006	BE	TBE	TBE	BE	Ind							Ind		

Les enjeux écologiques dans le secteur du futur TCC portent sur la qualité du peuplement de macro-invertébrés.

4.1.3 Contexte piscicole

4.1.3.1 Peuplement piscicole

Les données piscicoles ont été récoltées auprès de la Fédération de pêche de Savoie, de l'AAPPMA Lacs et Torrents de Savoie, et extraites du rapport réalisé en 2002 par le groupement de bureaux d'études Grebe / Antéa..

Les stations de pêches se situent à la fois sur le Torrent des Glaciers (affluent du Versoyen en rive droite) et sur le Versoyen lui-même. Plusieurs stations de pêche se trouvent à proximité de la station RCS du Versoyen (station où sont effectués des mesures physico-chimiques ; cf. § 4.1.2.).

Ces stations de pêches encadrent le secteur impacté par le projet de microcentrale, et trois stations (VERS_1020, Versoyen 3-TCC et Versoyen 4-aval) se trouvent à l'intérieur du TCC.

A noter toutefois que :

- le secteur pêché sur le Torrent des Glaciers est assimilable d'un point de vue hydrogéomorphologique au secteur d'étude du Versoyen (à l'aval de la confluence du Versoyen et du Torrent des Glaciers) ;
- le secteur pêché sur le Torrent des Glaciers fait également partie du parcours de pêche de Savoie réglementé² et soumis à la pression de pêche.

La localisation des différentes stations de pêche est reportée à la figure suivante et des précisions sur leur localisation est donnée dans le tableau 3.

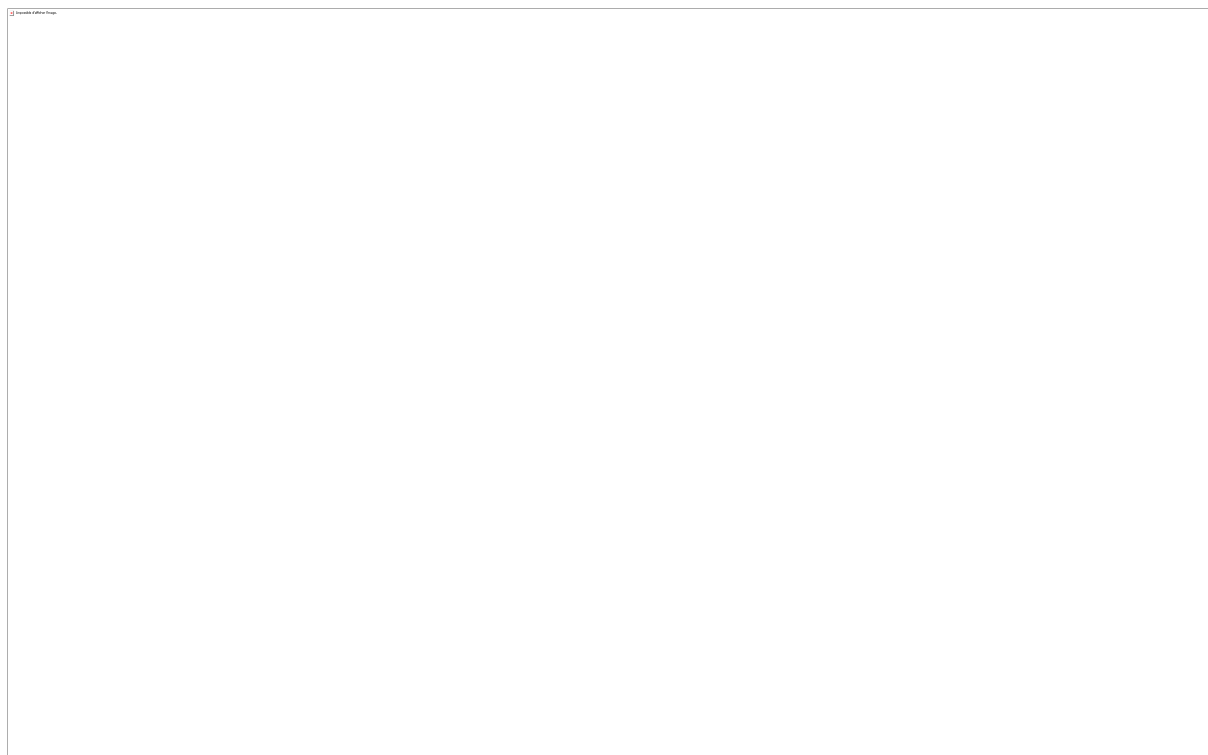


Figure 9 : localisation des stations d'inventaire piscicole sur les torrents du Versoyen et des Glaciers.

Les espèces présentes sont (Tableau 3, 4 et 5) :

- La truite fario (TRF),
- la truite arc-en-ciel (TAC),
- Le chabot (CHA),
- Le saumon de fontaine (SDF).

² http://www.savoiepeche.com/storage/fichiers/fiche_pps_torrent_glaciers.pdf

Parmi les espèces présentes, seules la truite fario et le chabot sont des espèces endémiques au bassin du Versoyen. Les individus de saumon de fontaine et de la truite-arc-en-ciel sont issus de déversements réalisés par l'AAPPMA locale.

Tableau 3 : Résultats de pêches de la FDAPPMA dans le secteur d'étude (présentation des stations de l'amont vers l'aval). Les effectifs (estimés) sont donnés en nombres d'individus pour 1000 m².

Rivière	Code station	Lieu-dit	Date pêche	TRF	TAC	SDF	CHA
Glaciers	TGLA_1200	Passerelle Glinettes	09/04/2010	25,8	11,0	1,8	-
Glaciers	TGLA_1130	Passerelle Praz Bozon	09/04/2010	16,4	34,0	1,3	-
Glaciers	TGLA_1070	Amont Anciens Thermes	20/10/2008	38,0	2,7	-	-
Glaciers	TGLA_1070	Amont Anciens Thermes	09/04/2010	62,4	-	-	-
Glaciers	TGLA_1065	Aval Anciens Thermes	20/10/2008	62,1	2,4	2,4	-
Versoyen	VERS_815	Pont de la RD 119	28/10/2010	57,3	32,0	-	60,0

Une nouvelle campagne d'échantillonnage réalisée en 2015 a permis de mettre à jour ces informations, et de les compléter, notamment sur le cours principal du Versoyen et sur le secteur concerné par le projet d'aménagement.

Tableau 4 : Résultats de pêches réalisées en 2015 par la FDAPPMA 73 dans le secteur d'étude. Les effectifs (estimés) sont donnés en nombres d'individus pour 1000 m².

Rivière	Code station	Lieu-dit	Date pêche	TRF	TAC	CHA
Glaciers	TGLA_1070	Amont Anciens Thermes	31/08/2015	46,1	10,1	-
Versoyen	VERS_1020	Amont pont D902	31/08/2015	110,7	-	1,7
Versoyen	VERS_880	Amont. Zone curage Chevronnet	10/11/2015	50,0	-	-
Versoyen	VERS_817	Entre 2 Seuils Super U	31/08/2015	85,6	-	16,6
Versoyen	VERS_812	Passerelle piétonne	31/08/2015	116,9	-	90,8

Tableau 5 : Résultats de pêches de GREBE-ANTEA de 2002 dans le secteur d'étude. Les effectifs sont donnés en nombres d'individus pour 1000 m². (*) Effectif probablement sous-estimé.

Rivière	Code station	Lieu-dit	Date pêche	TRF	TAC	SDF	CHA
Glaciers	Station 2	Amont confluence avec Versoyen	10-11/10/2002	53	7	3	0
Versoyen	Station 1	Amont confluence avec T. Glaciers		0	0	0	0
Versoyen	Station 3	100 m en amont restitution		153	1	0	0
Versoyen	Station 4	100 m en aval restitution		98*	0	0	0

La présence de la truite fario et du chabot indiquent un bon fonctionnement du cours d'eau dans le secteur aval, car ceux sont deux espèces polluosensibles. Le Chabot n'est probablement pas présent dans le secteur amont, en lien potentiellement avec le caractère infranchissable du seuil au lieu-dit La Fabrique, et de caractéristiques habitationnelles peu propices à son développement.

Dans le détail, le Chabot est absent des inventaires réalisés sur le Torrent des Glaciers, conséquence très probable de conditions environnementales (naturelles) qui ne conviennent pas à son développement. Sur le Versoyen, l'espèce est principalement présente au niveau de l'extrémité aval du cours d'eau (en dessous de 820 m d'altitude), à l'aval des premiers infranchissables, démontrant ainsi un lien direct avec les populations de l'Isère. L'analyse de la distribution des individus en classe de taille montre que l'espèce se reproduit dans le Versoyen. A noter cependant la capture en 2015 d'un individu à l'aval immédiat de la confluence avec le Torrent des Glaciers.

Concernant la truite fario, sur le Torrent des Glaciers, l'espèce présente des effectifs globalement croissants avec la diminution de l'altitude, traduisant très probablement l'amélioration des conditions de vie pour cette espèce. En effet, la **capacité d'accueil** du Torrent des Glaciers, évaluée au regard des faciès et de la granulométrie, de l'altération du régime hydrologique et des ressources nutritives, apparaît **faible**.

De plus, l'impact **potentiel de la pêche sportive** sur cette espèce (mais aussi sur le saumon de fontaine et la truite arc-en-ciel) ne permet pas d'apprécier le réel effectif de la population, et donc son bon fonctionnement (en terme de dynamique de la population). Néanmoins, la présence de jeunes de l'année (classiquement notés 0+) dans les captures tendrait à démontrer³ que l'espèce arrive à se reproduire sur ce torrent. Dans l'inventaire de 2002 réalisé en fermeture de ce sous-bassin versant, l'essentiel des captures était constitué de 0+ et de 1+ (poissons de deux étés).

Sur le Versoyen, la truite fario semble coloniser l'ensemble du linéaire concerné par le projet d'aménagement, même si aucune capture n'a été enregistrée en 2002 à l'amont immédiat de la confluence avec le Torrent des Glaciers. Les densités et biomasses restent faibles, en particulier dans le secteur en gorges (20 à 40 kg/ha), et légèrement plus élevées aux deux extrémités (30 à 80 kg/ha), même si sur la partie aval, les infranchissables (dont le seuil localisé au niveau du lieu-dit La Fabrique, voir figure 10) perturbent les déplacements, limitant les possibilités de recolonisation.

Sur l'ensemble de ces stations, et quelle que soit la daté d'échantillonnage considérée, les jeunes de l'année sont bien représentés, mettant en avant des conditions favorables à la reproduction de la truite fario sur ce cours d'eau.



Figure 10 : Torrent du Versoyen, secteur aval, vue vers l'amont (à gauche). Seuil au lieu-dit de la Fabrique (à droite).

La **truite fario** et le **chabot** sont des espèces patrimoniales choisies comme les **espèces cibles** dans le cadre de cette étude, en raison de :

- De la protection des frayères et des œufs de la truite fario et du chabot à l'échelle nationale (Article 1 de l'arrêté du 8 décembre 1998, l'arrêté du 23 avril 2008⁴).
- De l'inscription du chabot à l'annexe II de la Directive Habitat-Faune-Flore.

4.1.3.2 Habitats préférentiels et période de reproduction

Les espèces salmonicoles et le chabot apprécient les torrents de montagnes pour la qualité de leur eau : des eaux bien oxygénées, des écoulements rapides et des températures fraîches (Tableau 6).

³ Le fait que l'AAPPMA locale réalise des déversements ne permet pas de conclure formellement, même si l'essentiel des apports semble se faire sous forme de truites « portions » (25 cm environ, Grebe/Antéa, 2002).

⁴ fixant la liste des espèces de poissons et de crustacés et la granulométrie caractéristique des frayères en application de l'article R. 432-1 du code de l'environnement.

Tableau 6 : Habitats préférentiels quotidien (alimentation, repos, cache) et de reproduction des espèces cibles

Espèce	Habitat quotidien	Habitat de reproduction
TRF	Vitesses fortes, eaux fraîches et bien oxygénées	Enfouissement des œufs en profondeur dans les têtes de radier permettant une longue incubation. La granulométrie du substrat varie entre 1 et 10 cm.
CHA	Vitesses fortes, eaux fraîches et bien oxygénées, faibles hauteurs d'eau. Substrats durs et grossiers (gravier et pierres) Couvert végétal ne dépassant pas les 40% Des refuges (racines arbres, litières, débris de bois)	Nid sous pierre dans les dépressions sableuse et/ou graveleuse

La **période de reproduction de la truite fario** a lieu généralement de **novembre à janvier** (plutôt novembre-décembre sur les torrents savoyards), période pendant laquelle les adultes migrent vers les têtes de bassin versant pour frayer.

La **période de reproduction du chabot** s'étend de **février à avril**.

4.1.3.3 Classement des rivières

Au **titre du 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement**, le Versoyen est classé en :

- liste 1, sur sa partie entre la RN90 et sa confluence avec l'Isère qui impliquent la mise en place d'actions de préservation, en lien avec de nouveau aménagement (secteur aval).
- liste 2, sur sa partie entre l'aval de la confluence avec le Torrent des Glaciers et l'amont de la RN90 qui impliquent la mise en place d'actions de restauration pour les aménagements actuels (secteur amont).

Les enjeux écologiques identifiés sur le Versoyen sont relatifs :

- à l'amont : tronçon inclus dans un bassin prioritaire du SDAGE pour la continuité écologique et le transport sédimentaire,
- à l'aval : réservoir biologique avec espèces visées par la directive Habitats Faune Flore" ou la liste rouge de l'UICN.

Les frayères potentielles ont été identifiées à large échelle à partir des caractéristiques de pente et de largeur de cours d'eau correspondant à l'aire de répartition naturelle des espèces (approche probabiliste) au regard de l'article R. 432.1 du code de l'environnement (cf. arrêté du 23/04/08 prévoyant leur inventaire).

Il en ressort dans le secteur du Versoyen le découpage suivant :

- Le Versoyen de la prise d'eau EDF à sa confluence avec l'Isère appartient à la liste 1 et concerne la truite fario et le chabot.
- Le Torrent des Glaciers de sa confluence avec le ruisseau de la Raja jusqu'à sa confluence avec le Versoyen appartient à la liste 1 et concerne la truite fario.

4.1.3.4 Bilan des enjeux écologiques au droit du projet d'extension de la centrale Bonneval

Le projet d'extension de la centrale Bonneval concerne le secteur amont du Versoyen. Aux vues des éléments précédemment exposés, nous retiendrons que :

- Les espèces endémiques et cibles dans ce secteur sont la truite fario (ensemble du bassin versant) et le chabot (extrémité aval) ;
- L'hypothèse d'une plus faible capacité d'accueil dans le secteur court-circuité par l'aménagement (TCC), mise en avant par les résultats des inventaires piscicoles, n'a pas pu être validée par la reconnaissance de terrain du futur TCC. L'effet du régime des crues naturelles et du régime des chasses ne semble pas perturber outre mesure le fonctionnement du cours d'eau, des alevins de truite fario étant observé régulièrement ;
- L'hypothèse d'un effet de la pêche sportive, qui ne permettrait pas d'apprécier le réel état de la population de truite dans le secteur du TCC et futur TCC est écarté, en raison de l'effet de pêche

observé plus en amont (les densités passent de 62 à 16.4 individus pour 1000m² sur le torrent des Glaciers) ;

- **L'absence de continuité écologique** au niveau de la retenue de la centrale de Bonneval 1 et du lieudit de la Fabrique qui ne permettrait pas une colonisation depuis l'aval.

Ainsi, les enjeux écologiques seront précisés dans un deuxième temps à travers les résultats de la campagne de terrain, explicités plus loin dans ce document.

Les enjeux piscicoles dans le secteur du futur TCC portent sur la préservation des habitats de la truite fario (ensemble du bassin versant) et du chabot au niveau de l'extrémité aval du Versoyen.

4.2 Contexte hydrologique des campagnes de terrain

4.2.1 Première campagne : période de moyennes eaux

L'intervention sur le terrain a été réalisée le lundi 24 (prélèvement IBGN) et mardi 25 (relevés et mesures hydrauliques) août 2015, à la fin de la période des hautes eaux.

Le lundi 24 août, l'eau était en surverse au niveau du seuil de la retenue (Figure 11).

Malgré les averses du lundi 24 août les niveaux d'eau au droit de la prise d'eau, après contact avec le gestionnaire de la centrale Bonneval n'ont pas changé entre ces deux jours.



Figure 11 : Etat de la retenue et des déversements le 24/08/2015

Lors de notre intervention du 25/08/2015, nous avons effectué un jaugeage sur la partie amont du futur TCC (point vert sur la Figure 1). En affectant un coefficient à ce débit (coefficient égal à 0.976), associé au ratio des surfaces des bassins versants entre la prise d'eau et notre section de jaugeage, le débit du mardi 25/08/2015 au droit de la prise d'eau était de **1,52 m³/s**.

Au regard des débits mensuels fournis et de la courbes des débits classés, ce débit est proche du débit moyen observé en août et est dépassé entre 35 et 40% du temps le reste de l'année.

4.2.2 Deuxième campagne : période de basses eaux

Compte tenu de l'hydrologie complètement atypique de l'hiver 2015-2016, il n'a pas été possible de réaliser, dans les temps impartis pour cette étude, de campagne d'observation en période de basses eaux.

4.3 Relevés des caractéristiques hydromorphologiques et des frayères potentielles

4.3.1 Secteur aval à l'amont immédiat de la restitution

Dans le secteur aval, depuis le lieu-dit La Fabrique, environ une centaine de mètres ont été parcourus en amont du chenal lentique provoqué par l'exploitation des gravas en rive droite (Figure 12).



Figure 12 : Vue vers l'aval (à gauche ; la flèche jaune indique le chenal lentique) et vers l'amont (à droite)

Sur cette partie, les faciès sont de type lotique (rapide-cascade) avec une pente de l'ordre de 5 à 6%, une largeur mouillée d'environ 7,7 m et un substrat grossier (dominance de blocs-rochers et de pierres). La berge en rive gauche est verticale et rocheuse ; la berge en rive droite est constituée d'un amas de gros rochers (diamètre moyen de 0,70 m) à proximité desquels se trouvent quelques arbustes.

Sur ce linéaire de prospection trois frayères potentielles ont été identifiées en bordure ; elles sont de taille moyenne (2 m x 2 m), non protégées, et avec la présence d'un colmatage (<25% de recouvrement) de nature minérale et de degré 1.

Dans ce secteur aucun obstacle infranchissable n'a été observé.



Figure 13 : Cascade dont la hauteur de chute est de 1 m environ (à gauche) et frayère latérale non protégée avec un léger colmatage indiqué par une flèche (à droite)

4.3.2 Secteur intermédiaire dans le futur TCC

La prospection a débuté à environ 425 m à l'aval de la centrale Bonneval, au niveau du ruisseau de la Tailla, affluent du Versoyen en rive droite (Figure 14).



Figure 14 : Vue vers l'aval (à gauche) et affluent en rive droite (ruisseau de la Tailla ; à droite)

Dans ce secteur, les faciès sont de type lotique (rapide-cascade) avec une pente de l'ordre de 6 à 8%, une largeur mouillée d'environ 8,1 m et un substrat grossier (dominance de blocs-rochers et de pierres). La berge en rive gauche est principalement verticale, avec des alternances de roche mère et de ripisylve plutôt herbacée et parsemée d'arbres et d'arbustes. La berge en rive droite débute sur 200 m environ avec une pente modérée et une marche de l'ordre de 1-2 m à certains endroits, mettant en évidence une érosion localement. Elle se poursuit avec une pente fortement inclinée sur les 200 m à l'aval immédiat de la centrale Bonneval. La ripisylve en rive droite est relativement importante, composée d'arbustes et d'arbres.

A certains endroits, des atterrissements (latéraux et centraux) ont été observés avec des largeurs de plein bord de l'ordre de 10-12 m. De même, on observe fréquemment la présence de chutes de l'ordre de 1 m et de bois mort (Figure 15).

Dans ce secteur aucun obstacle infranchissable n'a été observé.



Figure 15 : étalement en rive droite avec (à gauche), atterrissement central et bois mort (à droite)

Sur ce linéaire de prospection quatre frayères potentielles ont été mises en évidence en bordure et une en radier ; elles sont de taille moyenne (2 m x 2 m), et peu ou pas protégée (Figure 16).



Figure 16 : Frayère dans un radier (à gauche) et frayère partiellement protégée en rive droite (à droite)

4.3.3 Bilan

Dans les secteurs prospectés :

- aucun obstacle (naturel ou artificiel) non franchissable n'a été observé ;
- les frayères potentielles sont présentes de façon (très) ponctuelle et sont de taille relativement petite au regard de la largeur mouillée. Leur sensibilité à une réduction de débit sera plus particulièrement appréciée à l'occasion de la deuxième campagne de mesure, menée en période de basses eaux. Nos premières observations mettent en évidence que le potentiel de reproduction est relativement faible au vue de la surface mouillée prospectée.
- l'impact de la retenue de la centrale de Bonneval est perceptible non pas dans la structuration des faciès, hormis sur les 15 premiers mètres au niveau de la restitution, mais au regard de la présence de colmatage de type minéral. Le régime des vidanges, soumis aux contraintes de la gestion des barrages de EDF plus en amont, serait sans doute à l'origine de l'apport de particules fines et la réduction de débit à la centrale de Bonneval en favorise la sédimentation dans le TCC.

4.4 Etat des peuplements benthiques

Les analyses du macrobenthos ont été réalisées lors de deux campagnes de suivi, l'une au mois d'août 2015, l'autre en janvier 2016. Trois stations Amont TCC, TCC actuel et TCC futur ont été prospectées.

4.4.1 Caractéristiques environnementales et habitabilité des stations

Les stations sont localisées dans des environnements boisées, de forêt de conifères. La trace du lit est plutôt sinueuse. Les berges sont naturelles, plutôt verticales et homogènes. La ripisylve est composée d'herbacées, d'arbustes et d'arbres de manière continue. Les strates herbacées et arbustives sont néanmoins discontinues sur la station amont du TCC.

La présence de colmatage (de type minéral) est observée au niveau de la station amont TCC. L'origine du colmatage est probablement la présence d'un pont en amont et d'une granulométrie particulièrement grossière qui augmente les capacités de rétention des fines dans les interstices.

La présence de diatomées est observée dans la partie aval du TCC et dans le TCC, et dans une moindre mesure sur la station amont TCC. Ceci s'expliquerait par un ombrage plus important sur le secteur amont.

Les habitats prélevés sont plutôt de type minéral pour l'ensemble des trois stations, avec une dominance de substrat grossier de type dalles et de pierres, galets. Le substrat présent en amont du TCC est relativement peu

biogène. Pour les stations TCC et Aval TCC, la présence de pierre et de galets est plus propice à l'installation d'un peuplement diversifié de macro-invertébrés. Les substrats sont en place et leur répartition autant spatiale que temporelle ne change pratiquement pas, seuls les habitats marginaux de type litière et racines apparaissent ou disparaissent au fil des saisons.



Figure 17 : Stations de prélèvements des échantillons de macro-invertébrés (de l'amont vers l'aval) – campagne Août 2015.

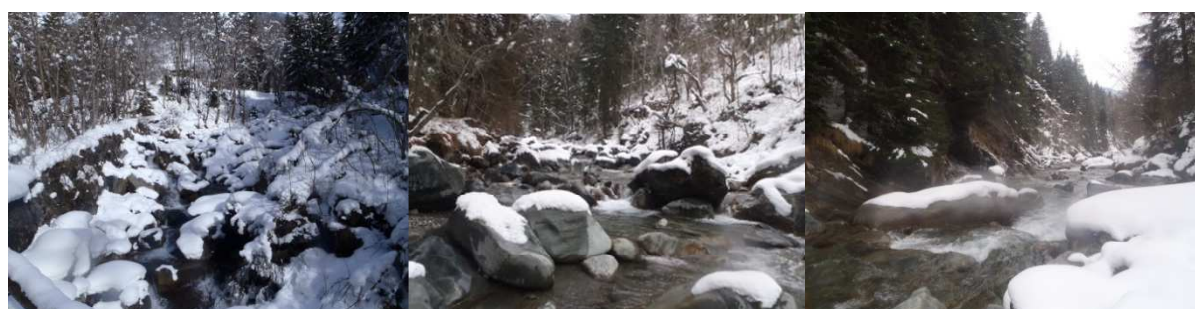


Figure 18 : Stations de prélèvements des échantillons de macro-invertébrés (de l'amont vers l'aval) – campagne Janvier 2016.

Tableau 7 : Habitats prélevés (en % de la surface de la station) par ordre d'habitabilité (les racines, branchages et litière sont les habitats les plus biogènes en opposition aux dalles qui le sont peu).

Station	Amont TCC		TCC		Aval TCC	
Substrat / Campagne	Août 2015	Janvier 2016	Août 2015	Janvier 2016	Août 2015	Janvier 2016
Racines, Branchages	0	0	1	0	0	0
Litière	0	1	0	0	0	0
Pierres, Galets	8	8	24	24	26	26
Blocs	12	12	9	9	17	17
Granulats	2	2	5	5	2	2
Sables, Limons	1	1	5	5	1	1
Dalles	77	76	56	57	54	54

4.4.2 Interprétation des notes IBG DCE – Valeurs de référence

Le Versoyen est située dans l'Hydroécocorégion « HER2 – Alpes internes, moyens et petits cours d'eau » (Wasson et al. 2004).

Le caractère alpin (altitude, pente, faible teneur en nutriment naturellement) conduit à la sélection d'un ensemble de taxons restreint et fortement spécialisés aux eaux rapides, fraîches, bien oxygénées et oligotrophes.

Les valeurs de limites des classes de qualité associées à ce cours d'eau sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Limite des classes de qualité selon l'HER Alpes interne – Moyens et petits cours d'eau

Classe d'état	Note
Très bon	≥ 14
Bon	11 à 13
Moyen	8 à 10
Médiocre	5 à 9
Mauvais	≤ 4

4.4.3 Station Amont TCC

La synthèse des résultats des deux campagnes est présentée dans les figures suivantes. Le détail des listes faunistiques est donné en annexe.

Le tableau suivant récapitule les majeures informations pour les deux campagnes.

Tableau 9 : Résultats 2015 – 2016 sur les invertébrés benthiques – Station Amont TCC

Amont TCC	Note IBGN	Qualité biologique	GFI	Taxon indicateur	Diversité taxonomique	Robustesse	Qualité biologique - robustesse
24/8/2015	15	Très bon	9	Chloroperlidae	22	14	Très bon
20/1/2016	15	Très bon	8	Philopotamidae	26	14	Très bon

Les inventaires estivaux et hivernaux de la macrofaune benthique appellent aux mêmes résultats. Avec un indice IBGN de 15/20, la qualité biologique est estimée comme étant « **très bonne** ». En été, le taxon indicateur est celui des Chloroperlidae (GFI 9) avec une diversité taxonomique atteignant 22 taxons. En hiver, le taxon indicateur est légèrement moins polluosensible avec les Philopotamidae (GFI 8) cependant la diversité taxonomique bénéficiant de 4 taxons supplémentaires, cela permet de garder une qualité biologique très bonne.

En été comme en hiver, les taxons indicateurs permettant de calculer la robustesse étant assez polluosensibles (GFI 8 et 7) cela diminue seulement d'un point la note IBG du sous-échantillon considéré. La classe de robustesse ainsi obtenue n'entraîne pas de déclassement de la qualité hydrobiologique observée initialement.

En ce qui concerne la structuration du peuplement, les familles dominantes en été sont les Baetidae (31%), les Chironomidae (22%) et les Nemouridae (11,2%), qui sont des consommateurs de débris végétaux. En hiver, le peuplement est dominé par les larves de Diptères (78%).

En été, l'effectif total est assez faible (717 individus dans les trois phases et 478 dans les phases A et B) et s'explique par le caractère oligotrophe de ce torrent de montagne. Il est environ deux fois plus fort en hiver du fait d'un échantillonnage plus fort des larves de diptères naturellement plus trouvées en cette saison propice au développement des détritivores stricts.

On notera qu'en été comme en hiver :

- L'ensemble des groupes indicateurs sur lesquels repose l'indice IBG sont représentés par au moins un taxon
- Deux espèces endémiques ont été identifiées : le plécoptère *Leuctra braueri* Kempny, 1898 et l'éphéméroptère *Epeorus alpicola* (Eaton, 1871).

En conclusion, la qualité du peuplement de la macrofaune benthique à l'amont du TCC actuel est considérée comme « très bonne » et ne met pas en évidence de perturbation que ce soit lors de l'échantillonnage estival comme hivernal.

AMONT TCC	/	ASCONIT CONSULTANTS
Caractéristiques du peuplement macro-invertébré	24/08/2015	

Informations station

• Nom de la masse d'eau :		
• Code masse d'eau :		
• HydroEcoRégion :	2 - ALPES INTERNES	Typologie : MP2
• Département :	SAVOIE	Commune : BOURG-SAINT-MAURICE
• Coordonnées : (Lambert 93)	X amont : Y amont :	X aval : E 006°47'31.5" Y aval : N 45°39'04.4"

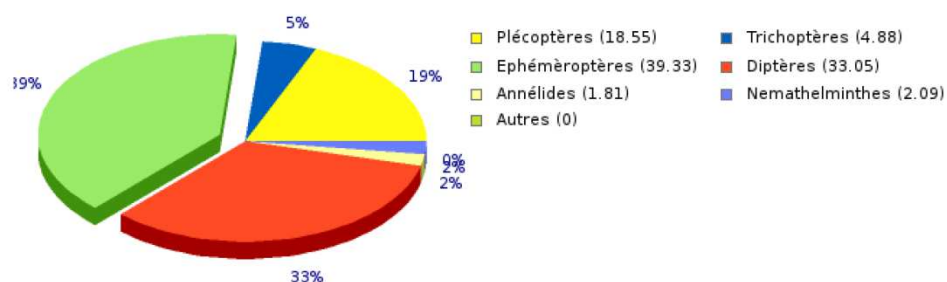
Résultats

• MPCE (Equivalent-IBGN) :	15/20
• Variété taxonomique :	22
• Groupe indicateur :	Chloroperlidae GI 9
• Qualité biologique :	Très bon
• Robustesse :	14/20
• Qualité biologique :	Très bon
• Indice de Shannon (H') :	3.29
• Equitabilité (J') :	0.7
• Indice de Simpson (S) :	0.17



Structuration du peuplement

Abondance numérique relative des différents groupes taxonomiques (%)



Commentaires

AMONT TCC

Versoyen / AMONT TCC	/	ASCONIT CONSULTANTS
Caractéristiques du peuplement macroinvertébrés	20/01/2016	

Informations station

• Nom de la masse d'eau :		
• Code masse d'eau :		
• HydroEcoRégion :	2 - ALPES INTERNES	Typologie : MP2
• Département :	SAVOIE	Commune : BOURG-SAINT-MAURICE
• Coordonnées : (Lambert 93)	X amont : Y amont :	X aval : Y aval :

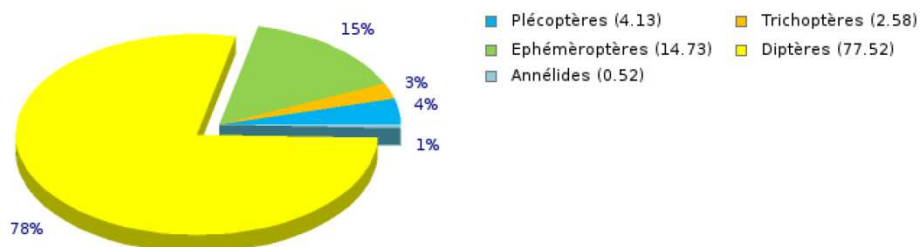
Résultats

• MPCE (Equivalent-IBGN) :	15/20
• Variété taxonomique :	26
• Groupe indicateur :	Philopotamidae GI 8
• Qualité biologique :	Très bon
• Robustesse :	14/20
• Qualité biologique :	Très bon
• Indice de Shannon (H') :	2.45
• Equitabilité (J') :	0.49
• Indice de Simpson (S) :	0.28



Structuration du peuplement

Abondance numérique relative des différents groupes taxonomiques (%)



Commentaires

AMONT TCC

4.4.4 Station TCC actuel

La synthèse des résultats des deux campagnes est présentée dans les figures suivantes. Le détail des listes faunistiques est donné en annexe.

Le tableau suivant récapitule les majeures informations pour les deux campagnes.

Tableau 10 : Résultats 2015 – 2016 sur les invertébrés benthiques – Station TCC actuel

TCC actuel	Note IBGN	Qualité biologique	GFI	Taxon indicateur	Diversité taxonomique	Robustesse	Qualité biologique – robustesse
24/08/2015	8	Moyen	6	Nemouridae	9	4	Médiocre
20/01/2016	13	Bon	9	Chloroperlidae	15	13	Bon

Les inventaires estival et hivernal de la macrofaune benthique montrent des résultats très différents. Avec un indice IBGN de 8/20, la qualité biologique, **en été**, est estimée comme étant « **moyenne** » avec une note très peu robuste. La robustesse perdant 4 points décline la qualité en « médiocre ». Le taxon indicateur moyennement polluosensible accompagné d'une faible diversité explique ce résultat. On notera la présence d'un taxon de Plécoptères très polluosensible mais trouvé en effectif insuffisant pour être pris en compte.

En revanche, **en hiver**, nous trouvons des taxons fortement polluosensibles (Chloroperlidae, Perlodidae mais également Taeniopterygidae de GFI 9) rendant la note IBG de 13/20 et sa qualité biologique « **bonne** » très robuste.

La structuration au sein de familles de macroinvertébrés semble rester semblable d'une campagne à l'autre même si la composition au sein de ces familles change. En effet, le peuplement est réparti entre les Plécoptères, les Ephéméroptères et les Diptères.

La densité d'individus est très faible. Elle passe par ailleurs du simple au double de la campagne estivale à la campagne hivernale, le groupe des Diptères étant plus rencontré en hiver comme sur la station en amont du tronçon court-circuité.

On notera que :

- L'on rencontre deux espèces endémiques : le Plécoptère *Leuctra braueri* Kempny, 1898 seulement en hiver et l'éphéméroptère *Epeorus alpicola* (Eaton, 1871) seulement en été.
- Le peuplement ne bénéficie pas de l'ensemble des groupes indicateurs comptant pour l'établissement de la note IBGN que ce soit en été comme en hiver.

En conclusion, la qualité du peuplement de la macrofaune benthique semble être très fluctuante d'une saison à l'autre sur le tronçon court-circuité actuel. Le peuplement semble gagner une stabilité à des débits assez importants rencontrés exceptionnellement cet hiver avec une « bonne » qualité biologique. Il semble plus influencé en été et montre une qualité de son peuplement de la macrofaune benthique « moyenne », ce résultat étant très peu robuste.

TCC	/	ASCONIT CONSULTANTS
Caractéristiques du peuplement macro-invertébré	24/08/2015	

Informations station

• Nom de la masse d'eau :		
• Code masse d'eau :		
• HydroEcoRégion :	2 - ALPES INTERNES	Typologie : MP2
• Département :	SAVOIE	Commune : BOURG-SAINT-MAURICE
• Coordonnées : (Lambert 93)	X amont : Y amont :	X aval : E 006°47'13.5" Y aval : N 45°38'38.5"

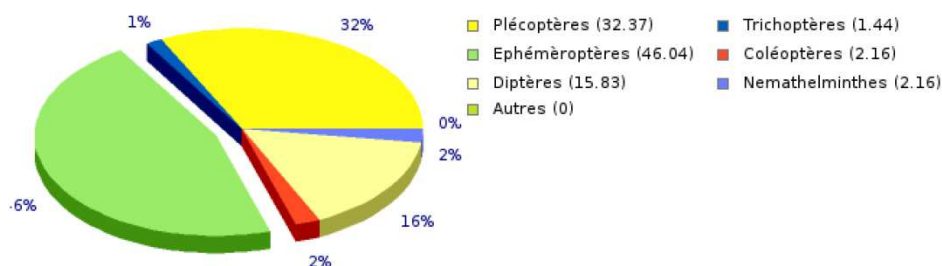
Résultats

• MPCE (Equivalent-IBGN) :	8/20
• Variété taxonomique :	9
• Groupe indicateur :	Nemouridae GI 6
• Qualité biologique :	Moyen
• Robustesse :	4/20
• Qualité biologique :	Médiocre
• Indice de Shannon (H') :	2.44
• Equitabilité (J') :	0.66
• Indice de Simpson (S) :	0.27



Structuration du peuplement

Abondance numérique relative des différents groupes taxonomiques (%)



Commentaires

TCC

VERSOYEN TCC	/	ASCONIT CONSULTANTS
Caractéristiques du peuplement macro-invertébrés	20/01/2016	

Informations station

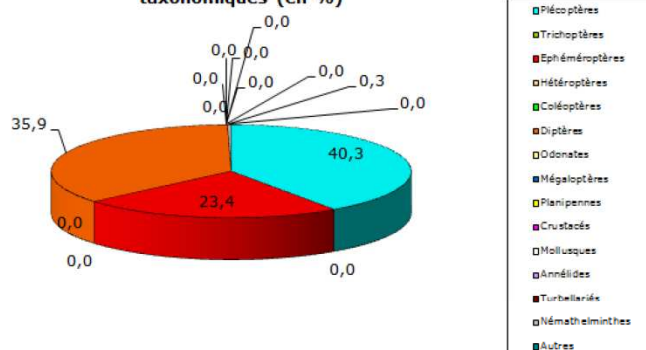
• Nom de la masse d'eau :		
• Code masse d'eau :		
• HydroEcoRégion :	2 - ALPES INTERNES	Typologie : MP2
• Département :	SAVOIE	Commune : BOURG-SAINT-MAURICE
• Coordonnées : (Lambert 93)	X amont : Y amont :	X aval : Y aval :

Résultats

• MPCE (Equivalent-IBGN) :	13/20
• Variété taxonomique :	15
• Groupe indicateur :	Choloroperlidae GI 6
• Qualité biologique :	Bon
• Robustesse :	13/20
• Qualité biologique :	Bon
• Indice de Shannon (H') :	2.86
• Equitabilité (J') :	0.71
• Indice de Simpson (S) :	0.17

Structuration du peuplement

Abondance numérique relative des différents groupes taxonomiques (en %)



Commentaires

TCC

4.4.5 Station TCC futur

La synthèse des résultats des deux campagnes est présentée dans les figures suivantes. Le détail des listes faunistiques est donné en annexe.

Le tableau suivant récapitule les majeures informations pour les deux campagnes.

Tableau 11 : Résultats 2015 – 2016 sur les invertébrés benthiques – Station TCC futur

TCC futur	Note IBGN	Qualité biologique	GFI	Taxon indicateur	Diversité taxonomique	Robustesse	Qualité biologique – robustesse
24/08/2015	9	Moyen	6	Nemouridae	12	8	Moyen
20/01/2016	14	Très bon	9	Taeniopterygidae	18	12	Bon

Tout comme la station du TCC actuel, la station du TCC futur montre des peuplements de macrofaune benthique estivaux et hivernaux très différents. Avec un indice IBGN de 9/20, la qualité biologique, **en été**, est estimée comme étant « **moyenne** » avec une note très robuste. Le taxon indicateur est le même que la station du TCC actuel e été, celui des Nemouridae (GFI 6, Plécoptère) moyennement polluosensible accompagné d'une faible diversité explique ce résultat. On notera la présence de deux taxons de Plécoptères plus polluosensibles mais trouvés en effectif insuffisant pour être pris en compte.

En revanche, **en hiver**, nous trouvons un taxon fortement polluosensible (Taeniopterygidae de GFI 9) accompagné d'une diversité plus importante rendant la note IBG de 14/20 et sa qualité biologique « **très bonne** ». La robustesse décline d'une classe la qualité biologique, la rendant assez robuste.

Tout comme les deux stations plus en amont, la structuration du peuplement voit les Diptères beaucoup plus représentés en hiver. Cette prolifération des Chironomidae (larve de moustiques détritivores) expliquent également la forte augmentation de la densité passant d'environ 100 individus en été (pour les pots A+B) à 1000 individus en hiver.

On notera que :

- Seulement 5 groupes indicateurs sur lesquels repose l'indice IBGN sont représentés par au moins un taxon en été contre 8 en hiver.
- L'on rencontre deux espèces endémiques : le Plécoptère *Leuctra braueri* Kempny, 1898 et l'éphéméroptère *Epeorus alpicola* (Eaton, 1871) seulement en été.

En conclusion, tout comme la station localisée dans le TCC actuel, la qualité du peuplement de la macrofaune benthique semble être très fluctuante d'une saison à l'autre. La différence entre les deux saisons, bien qu'atténuée comparativement à la station précédente (TCC actuel), reste perceptible et pourrait être la conséquence d'une dégradation de la qualité de l'eau au mois d'août, dégradation qui aurait pour origine le Torrent des Glaciers, ou le tronçon du Versoyen à l'aval de sa confluence avec ce torrent.

Par ailleurs, l'amélioration de la qualité entre ces deux stations pourrait être une conséquence de la mise en débit réservé du Versoyen, l'indice de diversité gagnant trois unités entre ces deux stations positionnées de part et d'autre du rejet de la microcentrale actuelle.

AVAL TCC	/	ASCONIT CONSULTANTS
Caractéristiques du peuplement macro-invertébré	24/08/2015	

Informations station

• Nom de la masse d'eau :		
• Code masse d'eau :		
• HydroEcoRégion :	2 - ALPES INTERNES	Typologie : MP2
• Département :	SAVOIE	Commune : BOURG-SAINT-AURICE
• Coordonnées : (Lambert 93)	X amont : Y amont :	X aval : Y aval :

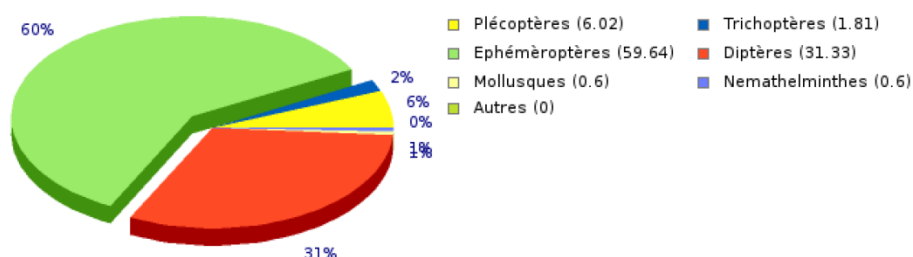
Résultats

- MPCE (Equivalent-IBGN) : 9/20
- Variété taxonomique : 12
- Groupe indicateur : Nemouridae GI 6
- Qualité biologique : **Moyen**
- Robustesse : 8/20
- Qualité biologique : **Moyen**
- Indice de Shannon (H') : 2.4
- Equitabilité (J') : 0.63
- Indice de Simpson (S) : 0.25



Structuration du peuplement

Abondance numérique relative des différents groupes taxonomiques (%)



Commentaires

AVAL TCC

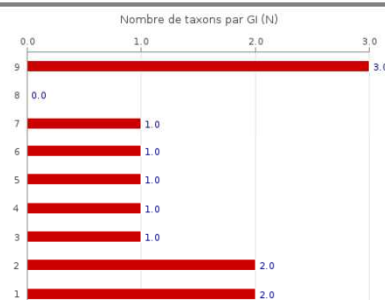
Versoyen / AVAL TCC	/	ASCONIT CONSULTANTS
Caractéristiques du peuplement macroinvertébrés	20/01/2016	

Informations station

• Nom de la masse d'eau :		
• Code masse d'eau :		
• HydroEcoRégion :	2 - ALPES INTERNES	Typologie : MP2
• Département :	SAVOIE	Commune : BOURG-SAINT-MAURICE
• Coordonnées : (Lambert 93)	X amont : Y amont :	X aval : Y aval :

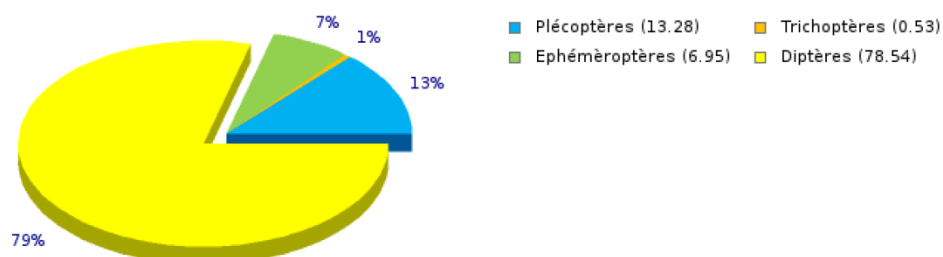
Résultats

• MPCE (Equivalent-IBGN) :	14/20
• Variété taxonomique :	18
• Groupe indicateur :	Taeniopterygidae GI 9
• Qualité biologique :	Très bon
• Robustesse :	12/20
• Qualité biologique :	Bon
• Indice de Shannon (H') :	1.51
• Equitabilité (J') :	0.35
• Indice de Simpson (S) :	0.56



Structuration du peuplement

Abondance numérique relative des différents groupes taxonomiques (%)



Commentaires

AVAL TCC

4.4.6 Evolution longitudinale

Les tableaux suivants récapitulent les résultats étudiés d'un point de vue de l'évolution amont/aval.

Tableau 12 : Résultats campagne été 2015 – Evolution longitudinale

Station	Note IBGN	Qualité biologique	GFI	Taxon indicateur	Diversité taxonomique	Robustesse	Qualité biologique - robustesse
Amont TCC	15	Très bon	9	Chloroperlidae	22	14	Très bon
TCC actuel	8	Moyen	6	Nemouridae	9	4	Médiocre
TCC futur	9	Moyen	6	Nemouridae	12	8	Moyen

La qualité biologique se dégrade de l'amont vers l'aval pour la campagne estivale. Le peuplement de macrofaune benthique semble être influencé par les débits plus faibles en aval de la microcentrale de Bonneval. Néanmoins, la moindre abondance, voire la disparition de certains taxons parmi les plus polluosensibles, est cohérent avec l'hypothèse formulée précédemment d'une dégradation de la qualité de l'eau au mois d'août, dégradation qui aurait pour origine le Torrent des Glaciers, ou le tronçon du Versoyen à l'aval de sa confluence avec ce torrent.

On notera que certains taxons plus polluosensibles sont présents sur les stations aval mais représentés en trop faible nombre pour être pris en compte.

Tableau 13 : Résultats campagne hiver 2016 – Evolution longitudinale

Station	Note IBGN	Qualité biologique	GFI	Taxon indicateur	Diversité taxonomique	Robustesse	Qualité biologique - robustesse
Amont TCC	15	Très bon	8	Philopotamidae	26	14	Très bon
TCC actuel	13	Bon	9	Chloroperlidae	15	13	Bon
TCC futur	14	Très bon	9	Taeniopterygidae	18	12	Bon

En hiver, le peuplement semble retrouver une certaine stabilité certainement aidé par les forts débits observés lors de cet hiver atypique, et/ou la disparition des facteurs à l'origine de la perturbation enregistrée au mois d'août. Les effectifs des taxons sensibles à la pollution augmentant et pouvant être comptabilisés dans l'établissement de l'indice.

4.4.7 Evolution temporelle

Pour mémoire trois de nos stations de prélèvements correspondent à celles choisies dans l'étude GREBE-ANTEA réalisée en 2002.

Cette étude soulignait une qualité du Versoyen relativement bonne pour la période de prélèvements en juillet, même si la valeur de l'indice, en perdant seulement 1 point, entraînait un changement de classe de qualité entre la station amont, et les deux stations aval.

Toutefois, il apparaissait une baisse significative de l'indice IBGN lors de la deuxième campagne en octobre 2002. L'altération la plus marquée est relevée au niveau du Torrent des Glaciers, ce qui pourrait conforter l'hypothèse d'une altération « régulière » de la qualité de l'eau de cet affluent. L'altération ne se retrouve cependant pas au niveau des deux stations aval positionnées sur le Versoyen. Les indices obtenus et présentés ci-dessus sont comparables à ces derniers.

La qualité biologique donnée par l'indice IBGN a été traitée au SEEE afin d'avoir des résultats comparables (les résultats de 2002 faisant l'objet d'un ancien système de qualité).

Tableau 14. Qualité biologique – campagne de juillet et octobre 2002 (Source : GREBE-ANTEA 2002) et 2015-2016 (Source :ASCONIT Consultants).

Station	Campagne	Note IBGN	Qualité biologique	GFI
Amont TCC	Juillet 2002	14	Très bonne	9
	Octobre 2002	16	Très bonne	9
	Aout 2015	15	Très bonne	9
	Janvier 2016	15	Très bonne	8
Torrent des Glaciers	Juillet 2002	14	Très bonne	9
	Octobre 2002	8	Médiocre	6
TCC actuel	Juillet 2002	13	Bonne	9
	Octobre 2002	14	Très bonne	9
	Aout 2015	8	Moyenne	6
	Janvier 2016	13	Bonne	9
TCC futur	Juillet 2002	13	Bonne	9
	Octobre 2002	14	Très bonne	9
	Aout 2015	9	Moyenne	6
	Janvier 2016	14	Très bonne	9

4.4.8 Listes faunistiques et espèces endémiques

Les listes faunistiques sur les trois secteurs mettent en évidence des peuplements inféodés aux milieux lotiques et peu riche en nutriments, caractéristiques des milieux de montagnes et alpins.

On notera toutefois la présence des espèces *Leuctra braueri* Kempny, 1898 et *Epeorus alpicola* (Eaton, 1871) qui appartiennent à une aire de répartition plutôt localisée dans la région.

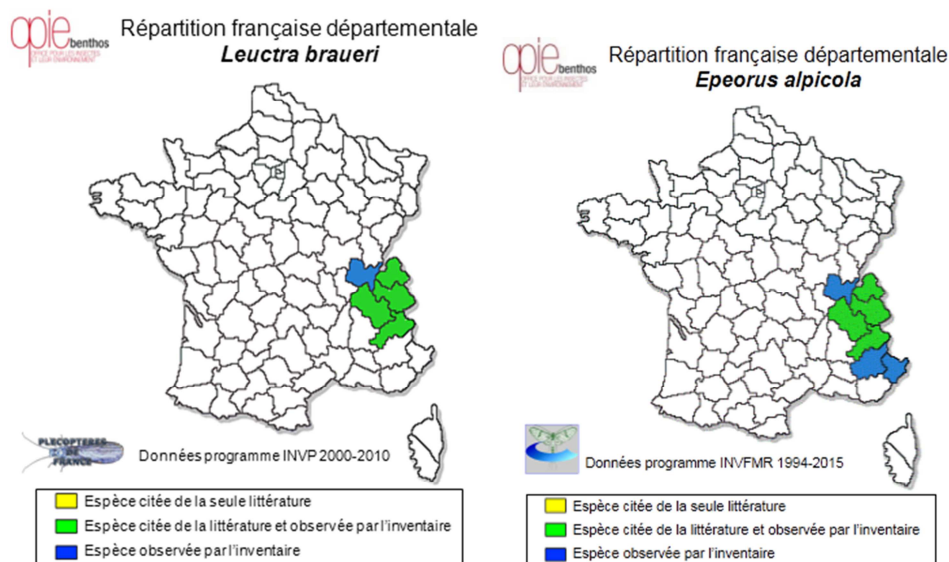


Figure 19 : *Leuctra braueri* Kempny, 1898 (à gauche) et *Epeorus alpicola* (Eaton, 1871)(à droite). Source : www.opie-benthos.fr

4.4.9 Conclusion

Sur la partie amont, le Versoyen présente un peuplement d'invertébrés benthique diversifié, moyennement abondant et polluosensible, proche du référentiel de l'hydroécocorégion HER2 « Alpes internes ».

Les résultats obtenus confirment la tendance observée en octobre 2002 : les conditions défavorables à l'aval de la prise d'eau de la centrale Bonneval sont maintenues par les débits bas sur la période estivale dans le TCC actuel et dans une moindre mesure dans le TCC futur. Ces conditions sont améliorées par des débits plus forts hivernaux (notamment en 2016), ce qui améliore la qualité du peuplement en période hivernale.

Bien que les conditions environnementales soient naturellement peu favorables au développement de peuplements de macroinvertébrés diversifiés et abondants, les résultats mettent en évidence que les espèces benthiques polluosensibles peuvent coloniser le milieu. Dans l'étude GREBE-ANTEA en 2002, la dégradation de l'indice de qualité du peuplement est observée en période automnale. Bien qu'il soit difficile de conclure formellement, l'origine semble pouvoir être en lien avec une altération de la qualité de l'eau. Sur ce secteur, les sources de dégradation de la qualité des eaux et du milieu peuvent être multiples : vidange de la retenue EDF du Clapier en amont et impact potentiel de rejets des zones d'habitats à proximité (Chapieux, Crêts Betex) perceptible sur la station située sur le torrent des Glaciers.

4.5 Campagne de mesure pour la méthode des micro-habitats

4.5.1 Caractéristiques de la station de mesure

La reconnaissance de terrain préalable a permis de positionner la station de mesure dans le tronçon d'étude. Les critères retenus sont :

- Une succession de faciès représentative du tronçon d'étude, sur la base d'une reconnaissance du TCC,
- L'absence d'impact d'aménagements,
- L'absence d'affluents susceptible de modifier notablement le débit au sein de la station.

Ainsi, la station a été positionnée entre la restitution de la centrale Bonneval et la confluence du Versoyen avec le ruisseau de la Tailla (Figure 20).

Les coordonnées géoréférencées de la section aval de la station, en projection Lambert 93, sont : E 994810.12 / N 6511503.16 (altitude 925 m).

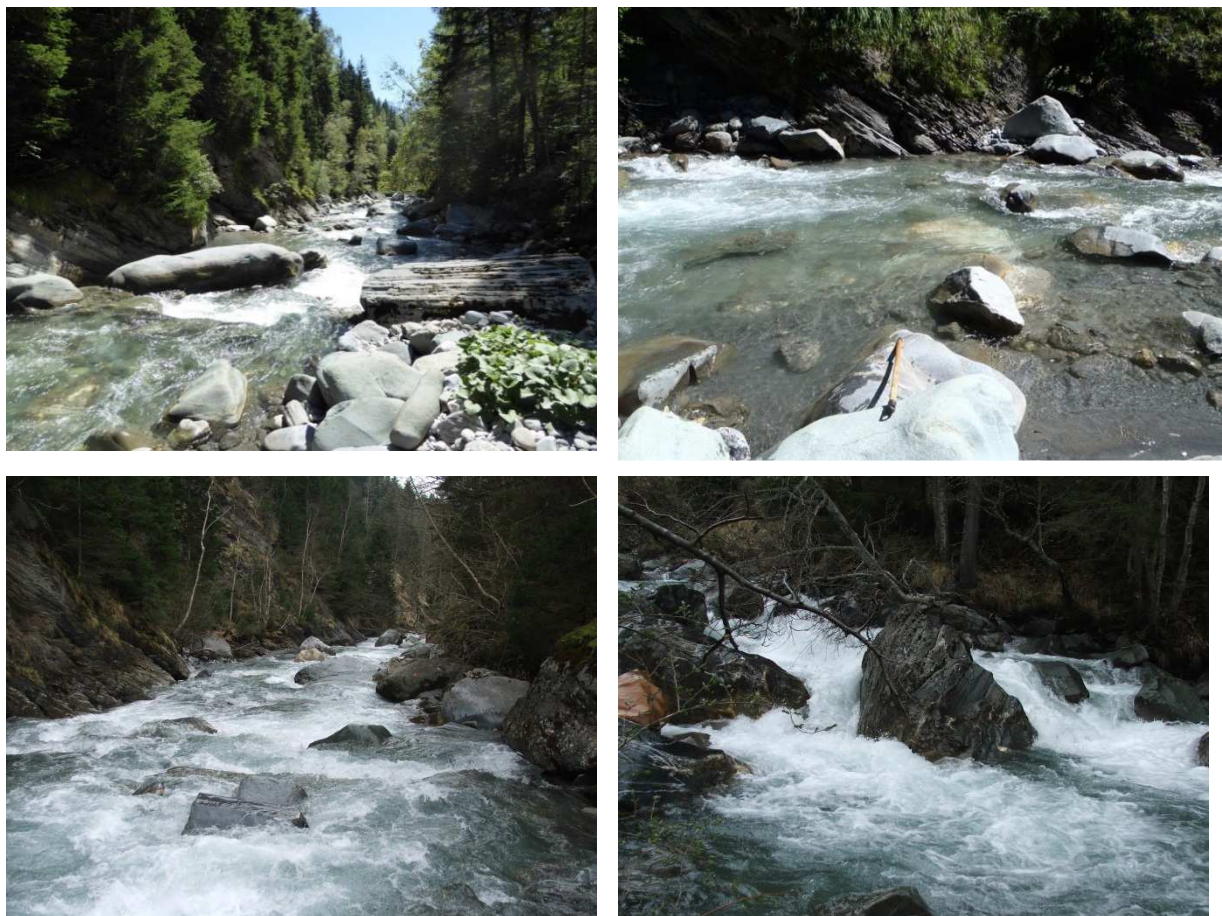


Figure 20 : Station de mesure pour l'application de la méthode des micro-habitats (Vue vers l'aval à gauche). Section de jaugeage (à droite) en période de basses eaux (photos du haut). Vues de la station en période de hautes eaux (avril 2016, photos du bas)

La station a une longueur de 180 m, une pente moyenne de l'ordre de 5% et une hauteur de chute cumulée de 4,60 m.

Le substrat est principalement composé de Blocs, dont les dimensions varient entre 25 x 30 cm et 160 x 200 cm (Figure 21).

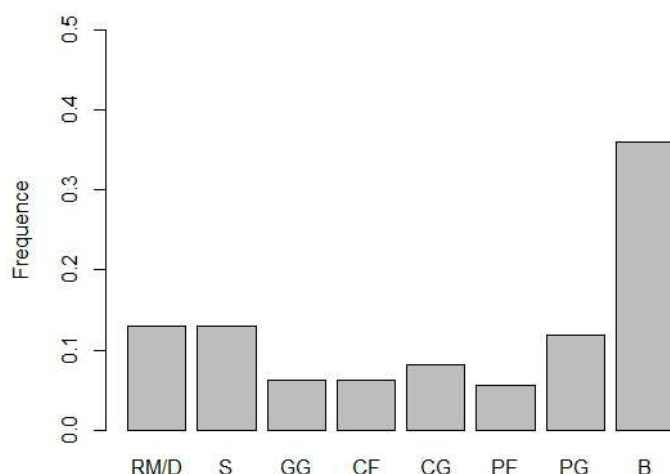


Figure 21 : Distribution granulométrique (RM/D : Roche-mère/Dalle ; S : sable ; GG : Gravier grossier ; CF : Caillou fin ; CG : Caillou grossier ; PF : Pierre fine ; PG : Pierre grossière ; B : Bloc)

Les caractéristiques moyennes à l'échelle du tronçon sont indiquées dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Caractéristiques moyennes à l'échelle du tronçon (n=nombre de points ou transects mesurés)

Date	Débit (m ³ /s)	Largeur moyenne (m)	Hauteur moyenne (m)
10/03/2016	1,03	7,38 (n=16)	0,38 (n=123)
29/04/2016	2,32	8,64 (n=16)	0,56 (n=134)

4.5.2 Modélisation et analyse des résultats

Etant donné les caractéristiques de la station de mesures et des conditions d'applications des modèles d'habitats statistiques, le logiciel Estimhab est utilisé, même si dans la cas présent, la pente générale de la station est en limite des conditions d'application du modèle (~5%).

La gamme de simulation utilisée est égale à Q1/10 et Q2*2, soit entre 0,1 et 2,5 m³/s. Cette gamme de débit englobe à la fois la valeur du module influencé (1,67 m³/s au droit de la prise d'eau), la valeur « réglementaire » plancher du 1/10^{ème} du module (543 L/s), ainsi que la valeur du QMNA5 influencé (530 L/s).

Il est cependant important de préciser ici que les deux débits qui ont été utilisés pour le calage du modèle (1,02 et 2,7 m³/s) **sont relativement forts et rendent de ce fait moins « précis » la modélisation à très bas débit**. En particulier, le modèle estime que pour un débit de l'ordre de 100 L/s⁵, la largeur moyenne en eau est de 4,7 m, ce qui apparaît relativement élevé.

4.5.2.1 Valeurs d'habitat (VHA)

Les courbes des valeurs d'habitats montrent que les habitats présents sur la station sont relativement peu favorables aux adultes de truite fario, même pour des valeurs de débits supérieures à 1 m³/s. La VHA oscille entre 0,2 et 0,25 (*i.e.* 20 à 25% de la surface en eau est favorable à ce stade de développement) avec au final, assez peu de variations de la VHA avec le débit

⁵ Il est important de préciser ici que les valeurs de débit mentionnées dans ce paragraphe et celles qui suivent sont données au droit de la station microhabitat, et qu'elles doivent donc être « corrigées » (facteur de 0,976 correspondant au ratio des bassins versants) pour être ramenés au droit de la prise d'eau.

Si la profondeur moyenne apparaît (du moins tel que le modèle a pu la simuler) relativement faible à bas débit (autour de 15 cm à 150 L/s), elle augmente de façon rapide et continue avec le débit pour atteindre 38 cm à 1 m³/s et près de 60 cm à environ 2,5 m³/s. Cette évolution « positive » est contrebalancée par l'augmentation rapide de la vitesse moyenne du courant au sein de la station, l'adulte de truite fario étant rapidement défavorisé par ce paramètre au-delà de 0,5 m/s (voir figure 5).

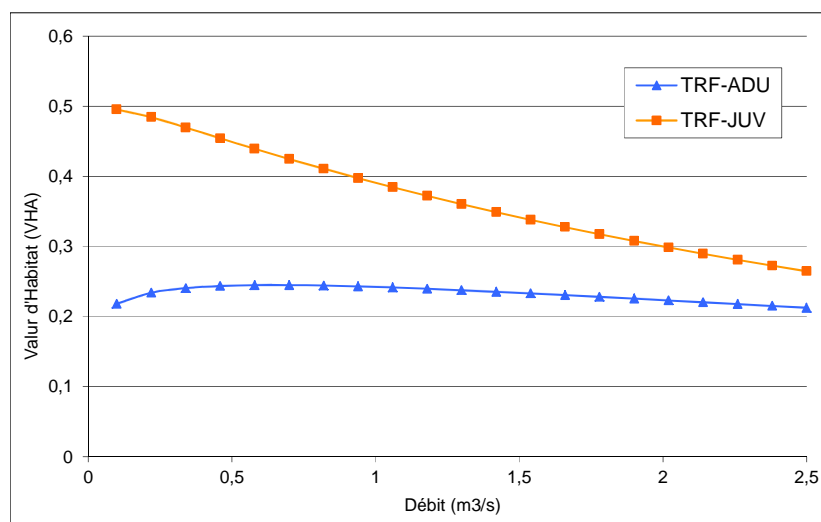


Figure 22 : Courbes de valeur d'habitat de la Truite fario – Stades adulte et juvénile – Station du Versoyen.

Pour le stade juvénile, la valeur d'habitat est plus élevée. Elle est proche de 0,5 (i.e. 50% de la surface en eau est favorable à ce stade de développement) aux débits bas, avec une tendance strictement décroissante sur la gamme de débits modélisée (0,25 à 2,5 m³/s). Ce résultat est à relier avec la baisse rapide des préférences d'habitat de ce stade de développement dès que la profondeur dépasse 40 cm (voir figure 5). La courbe de préférence vis-à-vis de la vitesse du courant du juvénile montre également, mais de façon moins marquée que chez l'adulte, une rapide diminution avec le débit lorsque la vitesse dépasse 15 cm/s.

Au final, et de manière assez classique, c'est l'adulte de truite fario qui constituera le stade limitant.

4.5.3 Valeurs de Surfaces Potentiellement Utiles (SPU).

La lecture des courbes de SPU obtenues par simulation pour les truites adulte et juvénile permet de définir des gammes de débits minimums biologiques (DMB).

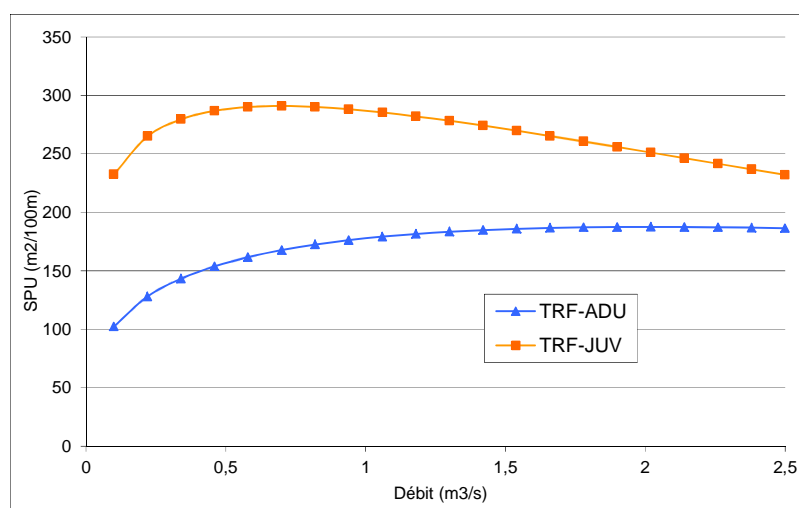


Figure 23 : Courbe de Surface Pondérée Utile (SPU) pour les stades adulte et juvénile de truite fario – Station du Versoyen

4.5.3.1 Juvénile

Le tracé de la courbe de SPU montre un optimum théorique pour le juvénile de truite fario pour un débit de l'ordre de 685 L/s, avec une valeur de SPU associée (SPU_{max}) d'environ 291 m²/100m linéaire (ml). La réduction de la SPU avec l'augmentation de débit est continue au-delà de 700 L/s, facilitant la recherche de ruptures.

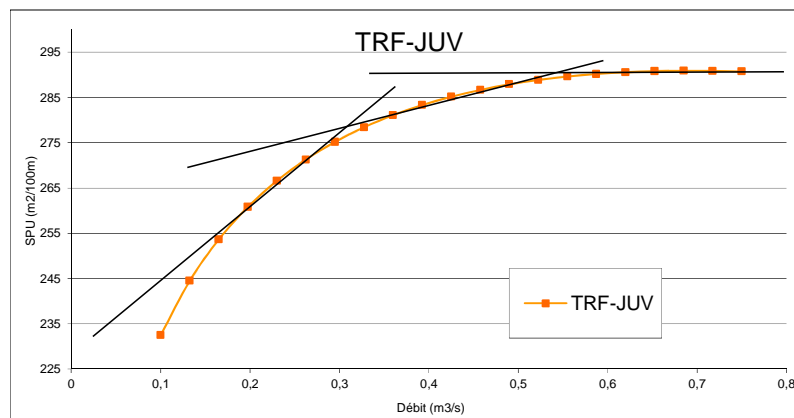


Figure 24 : Détail de l'analyse de la courbe de SPU pour le stade juvénile de truite fario

La mise en place de « tangentes » sur la courbe met en évidence plusieurs « cassures » de façon plus visuelle. La première est observée à environ 330 l/s mais la perte d'habitat à ce niveau demeure négligeable (SPU = 278,4 m²/100ml soit près de 96% de la SPU_{max}).

Le SAR a donc été établi au niveau de la deuxième cassure, pour une plage de débit autour de 165 L/s. Bien que la pente soit relativement forte à ce niveau (et donc la perte d'habitat), ce débit permet de maintenir un peu plus de 87% de l'habitat potentiel théorique. Le maintien de conditions très satisfaisantes est donc assuré avec cette valeur.

4.5.3.2 Adulte.

La courbe de SPU pour le stade adulte de la truite fario met en évidence une croissance significative de la SPU avec le débit jusqu'à une valeur de l'ordre de 2 m³/s pour décroître ensuite de façon très modérée. Pour cette valeur de débit, la SPU(max) vaut près de 188 m²/100m linéaire.

Avec la réduction des débits, la diminution de la SPU est relativement peu marquée jusqu'à un débit de l'ordre de 0,9 - 1 m³/s. A ce débit, la SPU vaut environ 176,2 m²/100m, soit près de 94% de la SPU max. En deçà de 0,9 m³/s, la réduction de la SPU avec le débit s'accélère pour approcher les 100 m²/100 m à 100 L/s.

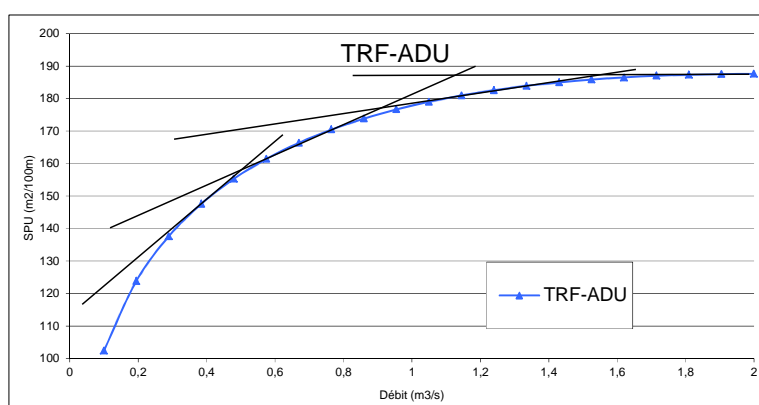


Figure 25 : Détail de l'analyse de la courbe de SPU pour le stade adulte de truite fario – Station du Versoyen

Le positionnement des « tangentes » met en évidence plusieurs ruptures de pente.

A 955 L/s, la perte de SPU ($-11,4\text{m}^2/100\text{ml}$) reste faible et permet de conserver près de 94% de la SPU_{max} .

Pour un débit de l'ordre de 480 L/s, la perte de SPU dépasse $32\text{m}^2/100\text{m}$, mais permet de conserver environ 83% du potentiel habitationnel de la station vis-à-vis de ce stade de développement. C'est cette valeur qui est retenue comme SAR.

La « rupture » suivante est identifiée pour un débit proche de 290 L/s avec une réduction de SPU qui atteint $50\text{m}^2/100\text{m}$, correspondant à un peu plus de 73% de la valeur maximum. Compte tenu de cette valeur (73%) relativement élevée, de la forme de la courbe et de l'incertitude qui pèse sur la modélisation à bas débit, cette rupture n'est pas retenue comme SAR.

Il est important de préciser, et la courbe de SPU le met bien en évidence, que dans cette gamme débit, de faibles variations de débit se traduisent par des variations relativement importantes en terme d'habitat disponible, ce qui doit se comprendre comme la forte incertitude qui entoure la recherche d'une valeur « seuil » dans cette gamme.

4.5.4 Synthèse de l'analyse des courbes de SPU

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats détaillés précédemment en présentant notamment les seuils d'accroissement du risque (SAR) retenus pour chacun des deux stades de développement de la truite fario.

Tableau 16 : synthèse des valeurs de débit seuils obtenues pour chacun des deux stades de développement de la truite fario – Station du Versoyen

ESPECE	Stade	SAR	
		Débit (L/s)	% SPU_{MAX}
TRUITE FARIO	Adulte	480	82,8%
	Juvenile	328	95,7

La **valeur SPU de référence** (SPU_{ref}) dans l'analyse des données issues de la modélisation des micro-habitats est prise égale à la SPU pour un débit d'étiage caractéristique.

De façon classique, pour les débits d'étiages, il est conseillé de prendre le **QMNA5** dont la valeur est probablement plus fiable que celles de type VCN notamment, en raison de sa valeur moyenne.

La confrontation des données issues de l'analyse microhabitat avec celles relatives à l'hydrologie du Versoyen est rendue complexe du fait de l'influence des prises d'eau EDF situées plus en amont⁶. Le QMNA5 influencé est estimé à 530 L/s, mais apparaît relativement élevé en regard du module influencé calculé au droit de la prise d'eau ($1,67\text{m}^3/\text{s}$). Il apparaît plus « cohérent » avec le module naturel du Versoyen recalculé au droit de cette même prise d'eau ($5,43\text{m}^3/\text{s}$).

Ces résultats mettent en avant le caractère très soutenu du débit d'étiage, en lien très probablement avec le caractère « artificiel » de ce régime de débit, fortement influencé par les ouvrages EDF situés plus en amont.

Dans ces conditions, la confrontation des données issues de l'analyse microhabitat avec l'hydrologie du Versoyen apparaît peu pertinente du fait du caractère très artificiel (influencé) de cette dernière. La modélisation microhabitat reflète la capacité d'accueil « naturelle » du cours d'eau, dont l'hydromorphologie a été façonnée (et est adaptée) à l'hydrologie « naturelle » de ce même cours d'eau.

⁶ Pour rappel, les 7 prises d'eau EDF du complexe Roselend – La Bâthie interceptent un bassin versant de 74km^2 . Le débit réservé total à l'aval de ces 7 prises d'eau est estimé à 220 L/s (soit environ 1/20ème du module)

4.5.5 Scénarios de gestion des débits

4.5.5.1 Débit écologique

Pour le stade juvénile, les résultats montrent que les exigences, en terme d'habitat hydraulique, de ce stade de développement sont satisfaites aux bas débits, même si la valeur maximale de la SPU est associée à un débit relativement élevé (685 L/s). La SPU diminue ensuite de façon régulière avec l'augmentation de débit. Pour le juvénile de truite fario, le SAR est donc fixé à 165 L/s. Il est important de préciser ici que cette valeur de débit (165 L/s) n'est jamais observée naturellement à ce niveau du Versoyen.

De façon tout aussi classique, c'est donc le stade adulte qui apparaît comme le plus sensible vis-à-vis de la réduction de débit. La courbe de SPU présente un maximum sur la gamme de débit modélisé autour de 2 m³/s, la courbe semble atteindre un plateau dès 1 m³/s. Pour cette valeur de débit, l'habitat potentiellement favorable représente un peu moins de 25% de la surface en eau, résultat relativement « moyen » pour ce stade de développement dans ce type de cours d'eau. L'habitat hydraulique de cette portion du Versoyen, décrit par les paramètres hauteur d'eau, vitesse du courant et granulométrie du substrat, est donc finalement assez peu favorable vis-à-vis des exigences du stade adulte de la truite fario.

La baisse de la SPU avec la réduction du débit s'engage de façon significative dès que ce dernier passe en dessous de 1 m³/s et s'accroît en dessous de 500 L/s. La valeur du SAR est donc fixée légèrement en dessous de cette valeur (480 L/s).

C'est donc cette valeur de débit qui représente la valeur de référence sur laquelle s'appuyer pour définir le débit écologique du cours d'eau.

Ramenée au niveau de la prise d'eau à l'aide du ratio des superficies de bassin versant⁷, la valeur du débit écologique est de l'ordre de 470 L/s.

L'analyse des débits classés montre que, en régime influencé, cette valeur de débit est dépassée presque 100 % du temps, laissant envisager un fonctionnement correct de la centrale hydroélectrique, même si entre les mois de novembre et février, la centrale pourrait être arrêtée, les valeurs minimales de débit calculées sur cette période étant proches voire inférieures à cette valeur.

4.5.5.2 Régime de débits

La forte saisonnalité (résiduelle) du débit du Versoyen rend pertinent la réflexion relative à la mise en place d'un régime de débits. Pour rappel (voir §4.1.1), en régime influencé, la période de basses eaux s'étend de novembre à février, avec un débit moyen mensuel oscillant entre 800 et 1 150 L/s. La période de « hautes eaux » concernant les mois de mars à septembre (1,3 à 3,1 m³/s pour les débits moyens mensuels).

Le Code de l'Environnement (article L214-18) offre la possibilité de moduler la valeur du débit restitué à l'aval d'un ouvrage de prise d'eau sous réserve :

- de toujours respecter un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes dans le cours d'eau,
- que la **moyenne annuelle** de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I (de l'article L214-18 du Code de l'Environnement), soit le 1/10^{ème} du module dans le cas présent. Comme mentionné dans les paragraphes précédents, la valeur « réglementaire » du module est, dans le cas présent, difficile à apprécier compte tenu de l'influence des prises d'eau EDF liées au complexe de Roselend – La Bâthie. Le module naturel reconstitué est estimé à 5,43 m³/s, et le module influencé à 1,67 m³/s. Pour compléter l'information, le débit réservé à l'aval des prises d'eau

⁷ 107,7 km² au niveau de la prise d'eau contre 110,3 km² au point de jaugeage de la station microhabitat, soit un ratio de 0,9763

EDF représente environ 220 L/s, soit le 1/20^{ème} du module des cours d'eau captés, le complexe Roselend – La Bâthie faisant partie des « ...ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de la consommation au sens de l'article L. 214-18, ... » (décret n°2010-1391 du 12 novembre 2010)

- que le débit le plus bas reste supérieur à la moitié des débits minimaux précités au I, soit le 1/20^{ème} du module en théorie dans le cas présent, avec les mêmes réserves que précédemment sur la valeur de ce module.

Dans les paragraphes précédents, nous avons montré que le débit écologique (470 L/s), correspondant principalement aux exigences du stade adulte de la truite fario, est assez nettement supérieur à la valeur du 1/10^{ème} du module influencé (167 L/s), mais au final assez cohérente avec la valeur du 1/10^{ème} du module naturel reconstitué (543 L/s), comme de la valeur du QMNA5 influencé (530 L/s). La recherche d'une valeur « basse » du régime réservé doit donc s'appuyer sur l'analyse de la courbe de SPU du stade adulte de la truite fario.

Sur cette courbe, la rupture de pente qui vient après le SAR correspond à **un débit de l'ordre de 290 L/s**. Pour cette valeur de débit, la SPU ne vaut plus de 138 m²/100m, représentent un peu moins des ¾ de la surface (potentielle) maximum théorique de cette station. La perte d'habitat (potentiel) apparaît vraiment importante à cette valeur de débit ; associé aux incertitudes qui pèsent sur les résultats du modèle microhabitat pour ces faibles valeurs de débit (voir §4.5.2), il convient de choisir une valeur plus élevée.

La valeur actuelle du débit réservé (340 L/s) peut, à ce stade, être intégrée à l'analyse.

A l'heure actuelle, la seule espèce naturellement présente sur le secteur impacté par l'aménagement de Bonneval est la truite fario. Le chabot est également présent, mais plus en aval, et quoiqu'il en soit, à l'aval de la future restitution. Les deux autres espèces contactées (saumon de fontaine et truite arc-en-ciel) faisant l'objet, comme la truite d'ailleurs, de déversements réguliers en vue de soutenir l'activité halieutique. Au sein du TCC, les caractéristiques de la population de truite fario ne présente pas de différence significative avec les inventaires réalisés en dehors de l'influence de l'aménagement, aussi bien à l'amont qu'à l'aval, tant au niveau des densités/biomasses, qu'au niveau de la structure en classes de tailles. L'apport régulier de poissons de pisciculture ne permet cependant pas de conclure formellement.

La période de basses eaux (novembre à février) correspond notamment à la reproduction de la truite fario (dépose des œufs en novembre-décembre, incubation et vie sous gravier jusqu'en mars-avril). Les informations retirées des investigations de terrain montrent que les frayères sont présentes au sein du tronçon court-circuité (même si en quantité relativement limitée sur les secteurs parcourus) et que la reproduction de la truite fario semble pouvoir se faire dans de bonnes conditions, même au sein du TCC.

L'habitat « frayère », naturellement assez peu présent au sein du futur TCC, ne semble pas pouvoir être influencé de façon significative par la réduction du débit.

Concernant le peuplement de macroinvertébrés benthiques, les résultats obtenus au cours des deux campagnes, ainsi que ceux obtenus au cours des campagnes précédentes, mettent en évidence une qualité globalement bonne voire très bonne (station du Versoyen en amont de la prise d'eau, station aval restitution). Les résultats soulignent également les fortes contraintes naturelles liées au niveau trophique très faible, à la faible température de l'eau, et aux fortes contraintes hydrauliques (lit encaissé, pente importante, vitesses de courant élevées).

On relève cependant des signes d'altérations qui pourraient traduire :

- ✓ Des altérations ponctuelles mais « régulières » de la qualité de l'eau a priori sur le Torrent des Glaciers. L'altération est d'autant plus marquée que les débits sont faibles et donc les capacités de dilution/autoépuration du cours d'eau plus limitées ;
- ✓ L'impact de la mise en débit réservé du Versoyen, entraînant, outre une réduction des capacités autoépuratoires du cours d'eau, une baisse de la qualité/diversité des habitats colonisables par les macroinvertébrés. Cela se traduit par une diminution de plusieurs points des indices de diversité.

Dans ces conditions, la valeur actuelle du débit réservé (relevée en 2014 à 340 L/s pour rappel) apparaît comme « limite » vis-à-vis du bon fonctionnement écologique du Versoyen.

Le tableau ci-après présente les variations de SPU, pour les stades adultes et juvéniles de la truite fario, par rapport à la valeur actuelle du débit réservé, de quatre débits « repères ».

Tableau 17 : Variation de SPU par rapport à une situation de référence représentée par le débit réservé actuel (340 L/s) pour quatre valeurs de débits réglementaires

Débit (L/s)			SPU (m ² /100m de linéaire)		ΔSPU %		ΔSPU m ²	
			TRF-ADU	TRF-JUV	TRF-ADU	TRF-JUV	TRF-ADU	TRF-JUV
1/10 ^{ème} module influencé	167	- 51%	118,7	254,1	- 17,1	- 9,1	- 24,6	- 25,4
1/20 module naturel	272	- 20%	135,4	272,5	- 5,5	- 2,5	- 7,9	- 7,0
Q _{réserve} actuel	340	-	143,2	279,5	-	-	-	-
Débit écologique	470	+ 38%	154,6	287,2	+ 7,9	+ 2,7	+ 11,3	+ 7,7
QMNA5 influencé (~1/10 module naturel)	530	+ 56%	158,7	289,1	+ 10,8	+ 3,4	+ 15,4	+ 9,6

Les résultats montrent que :

- ✓ Les variations des débits engendrent des variations de SPU de moindre ampleur, quel que soit le sens de variation considéré ;
- ✓ Les variations de SPU sont plus marquées lorsque le débit baisse (perte) que lorsqu'il augmente (gain), reflet de la « pente » des courbes de SPU ;
- ✓ Le gain est plus limité au-delà de 470 L/s.

Dans ces conditions, le débit de basses eaux devrait donc être recherché dans une gamme de débit comprise entre 350 et 450 L/s). Si une telle valeur de débit devait être retenue, la période de basses eaux pourrait être étendue aux mois de mars, août, septembre et octobre.

Concernant la période de « hautes eaux », qui pourrait donc s'étendre d'avril à juillet voire août, un compromis pourrait être trouvé autour de la valeur du QMNA5 (530 L/s).

En résumé, la mise en place d'un régime de débit réservé sur le Versoyen pourrait se traduire par une période de basses eaux (septembre à mars) pendant laquelle le débit restitué à l'aval de la future prise d'eau serait compris entre 350 et 470 L/s, et une période de hautes eaux (avril à juillet) avec un débit de l'ordre de 530 L/s.

5 BILAN

Le Versoyen présente naturellement des conditions peu favorables aux espèces aquatiques (milieu oligotrophe, substrat mobile, vitesses de courant élevées en période de crue, régime thermique froid...) mais permet néanmoins le développement de communautés adaptées à cet environnement.

Ainsi, l'effet de la prise d'eau de la centrale de Bonneval, qui se traduit principalement par la mise en débit réservé d'une partie du Versoyen, est difficile à quantifier. Il semblerait que les prélèvements tels qu'ils sont réalisés actuellement pour la production d'hydroélectricité, maintiennent les conditions peu favorables sur une plus longue durée en étiage, et au-delà du TCC (selon l'indice IBG). Le milieu déjà fragile du fait de conditions naturelles contraignantes présenterait donc une faible résilience vis-à-vis des perturbations d'origine anthropique (altération de la qualité de l'eau), comme naturelles (e.g. crues). Les recommandations vont donc vers un ajustement des débits minimums en période d'étiage.

Au regard des enjeux sur les frayères, il semblerait que le potentiel de reproduction soit impacté sur le Versoyen (1) par le barrage de la retenue de Bonneval et le seuil infranchissable au niveau du lieudit La Fabrique en termes d'accès aux habitats de reproduction et (2) par le colmatage avec les fines apportées depuis l'amont, à l'occasion des lâchers des barrages d'EDF et combiné à une réduction de débit qui favorise la sédimentation de ces sédiments fins. Malgré cela, le succès de la reproduction de la truite fario apparaît régulier, aussi bien dans le temps (d'une année sur l'autre) que dans l'espace (d'une station à l'autre).

Ainsi pour résumer, les enjeux

(1) les surfaces d'habitats favorables aux espèces aquatiques sont limités en raison de conditions naturellement peu favorables et d'une hydrologie perturbée. La mise en débit réservé semble cependant se traduire par une diminution de la qualité/diversité des habitats aquatiques présents, en particulier vis-à-vis des macroinvertébrés, ainsi que par une plus faible résilience de l'écosystème vis-à-vis des perturbations

(2) l'accès aux habitats favorables (migration) pour les poissons est moyen en raison des difficultés de franchissement à l'aval. Enfin, l'enjeu sur les frayères est moyen pour le Versoyen en raison des dévalaisons possibles et du linéaire du TCC concerné, relativement long (Tableau 18 : Synthèse des enjeux).

Tableau 18 : Synthèse des enjeux

	Habitats favorables Macro-invertébrés	Accès aux habitats favorables Poisson	Enjeux Frayères
Versoyen	Moyen à fort	Moyen	Moyen

6 REFERENCES

Malavoi J.R., Souchon, Y. (2002) Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière. Note technique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366 : 357-372

Champigneulle A., Largiader C.R., Caudron A. (2003) Reproduction de la truite (*salmo trutta* L.) dans le torrent de chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original ? *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 369 : 41-70.

7 ANNEXES

Annexe 1 – Typologie des frayères

Annexe 2 – Relevés colmatage

Annexe 3 – Liste faunistique et résultats d'analyse pour le Versoyen