



Campagne 2016

**Observation
de la qualité
des eaux de
surface**

**Rapport et
annexes**

biol conseils SA

Rue de Lausanne 15
CH 1950 Sion
tél. : +41 27 205 60 71
e-mail : r.bernard@biolconseils.ch

PhycoEco

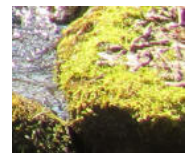
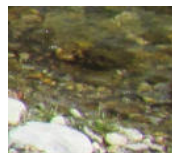
Laboratoire d'algologie
Rue des XXII – Cantons 39
CH 2300 La Chaux-de-Fonds
tél. : +41 79 321 23 24
e-mail : fstraub@phycoeco.ch

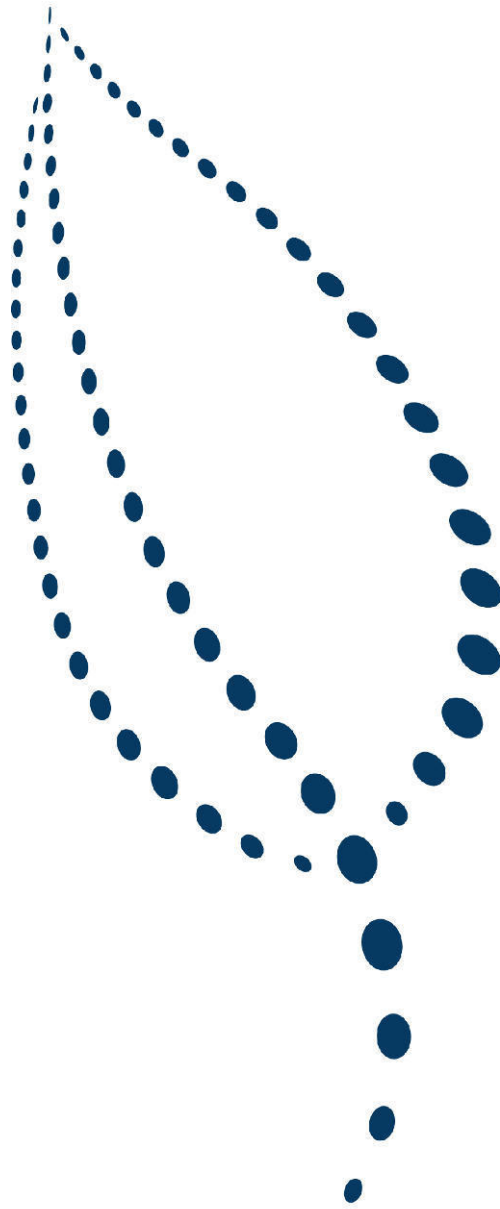
BINA SA

Balmerngasse
CH 3946 Turtmann
tél. : +41 27 933 98 98
e-mail : info@bimnasa.ch

La Printse

Avril 2017





biol conseils

SPE-VS

La Printse

Observation de la qualité des eaux de surface


5772 | 24.04.2017

IMPRESSUM

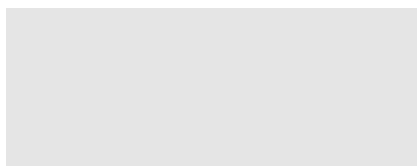
Collaborateur(s) ayant participé à l'étude :

- Régine Bernard (biol conseils, cheffe de projet)
- François Straub (PhycoEco, diatomées)
- Alain Brocard (BINA, physico-chimie)
- Laurent Vuataz (biol conseils, faune benthique)
- Michaël Balet (biol conseils, cartographie et SIG)

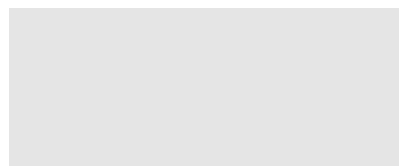
5772 | Sion, le 24.04.2017



Régine Bernard



François Staub



Alain Brocard

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	PRÉSENTATION DU CONTEXTE	1
2.1.	Bassin versant	1
2.2.	Réseau hydrographique.....	2
2.3.	Interventions humaines.....	2
2.3.1.	Exploitations hydrauliques.....	2
2.3.2.	Prises d'eau potable et bisses	2
2.3.3.	Assainissement des eaux usées.....	3
2.3.4.	Extraction de graviers.....	3
2.3.5.	Aménagement du lit	4
2.3.6.	Valeurs naturelles.....	4
3.	MÉTHODOLOGIE	5
3.1.	Principes et Intervenants	5
3.2.	Localisation des stations, Campagnes, Méthodes utilisées	5
3.2.1.	Choix et localisation des stations et principe de codification	5
3.2.2.	Dates des campagnes et conditions météorologiques	11
4.	QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX	11
5.	ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX	13
6.	ETUDE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES, QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX	13
7.	SYNTHÈSE PAR STATION	15
8.	CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS	15
9.	COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS BIOLOGIQUES ANTÉRIEURS	16
9.1.	Diatomées	16
9.2.	Faune benthique	16
10.	RÉSUMÉ - CONCLUSION	18
11.	ZUSAMMENFASSUNG – FAZIT	19
12.	BIBLIOGRAPHIE	20
13.	ANNEXES	24

1. INTRODUCTION

Cadre du mandat Depuis 1990, le Service de la Protection de l'Environnement du Canton du Valais (SPE) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface (cf. rapports 1991 à 2014). Ces études s'inscrivent également dans le cadre des plans d'action de la CIPEL, à savoir celui de la période 2011-2020 « Préserver le Léman, ses rives et ses rivières aujourd'hui et demain », ainsi que dans le produit e-DICS 1301 des objectifs du SPE. Cette approche vise à apprécier la qualité globale des cours d'eau ; elle se base sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux, sur l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBCH). En 2015, le choix du SPE s'est porté sur la Printse. Ce mandat a été attribué aux bureaux biol conseils sa à Sion, BINA à Turtmann et PhycEco (Dr François Straub) pour la partie « diatomées ».

Le présent rapport établit la synthèse des résultats d'analyses, tant physico-chimiques que biologiques, les interprète, les confronte aux données déjà obtenues en Valais et propose s'il y a lieu des mesures de gestion visant à améliorer la qualité actuelle de ces cours d'eau. Les anciens résultats sont comparés à ceux obtenus dans le cadre de ces nouvelles campagnes et permettent de préciser l'évolution de la qualité des différents cours d'eau.

2. PRÉSENTATION DU CONTEXTE

2.1. Bassin versant

Description générale Le bassin versant de la Printse se situe en rive gauche du Rhône légèrement en aval de Sion. Il est délimité en amont par plusieurs sommets à plus de 3'000 m (Rosablanc, Grand Mont Calme, Tête de Momin, Mont-Fort). La partie amont du bassin versant est occupée par de nombreux lacs, dont le lac du Grand Désert. Elle alimente le lac de Cleuson, barrage hydroélectrique qui stocke l'ensemble des eaux de ce secteur. La plus grande partie du bassin versant recouvre la commune de Nendaz. En plaine, la Printse se jette dans le Rhône (près d'Aproz), sur la commune de Sion. Les caractéristiques du bassin versant selon l'Atlas hydrologique suisse sont reportées dans le Tableau 1.

Critères	Caractéristiques selon l'Atlas hydrologique suisse
Sous-bassins	2 sous-bassins : 50-236
	50-237
	embouchure dans un des sous-bassins de la plaine du Rhône : 50-238
Superficie	126 km ²
Altitude moyenne	1'339 m
Pente moyenne	15 % (varie entre 3.1 % et 21 % selon les sous-bassins)
Surface glacière	atteint 6.5 % sur le sous-bassin amont (50-236)
Surface boisée	23 % de la surface totale du bassin, mais jusqu'à 56 % dans 50-237
Surfaces rendues étanches	au maximum 6 % pour 50-238 et 0.5 % 50-236
Communes concernées	Nendaz, Sion

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques du bassin versant de la Printse.

2.2. Réseau hydrographique

Texte La Printse prend sa source au-dessus du barrage de Cleuson, à près de 2'800 m d'altitude. Elle est formée par les glaciers du Grand Désert, de la Pointe du Mont-Fort et du Mont-Fort. Toutes ces eaux sont captées par le barrage de Cleuson. En aval, la Printse est alimentée par de nombreux torrents latéraux, les 3 principaux étant la Printse de Tortin (RG), la Tsâche (RD) et l'Ojintse (RD).

Selon l'Atlas hydrologique suisse, la longueur de la Printse est de 14.8 km et l'ensemble du cours d'eau est caractérisé par un régime b-glacio-nival.

Le réseau hydrographique principal est présenté sur la Figure 1.

La Printse est une rivière de montagne, appartenant selon ILLIES (1963) 0 au rhithron. Sur le plan piscicole, la zonation établie par HUET (1949) 0 la situe dans la zone à Salmonidés dominants.

2.3. Interventions humaines

2.3.1. Exploitations hydrauliques

Un aménagement principal : le barrage de Cleuson Données tirées de l'Atlas hydrologique suisse et de la base de données BD-Invent et des documents sur les concessions hydroélectriques.

Une partie des eaux du bassin versant sont utilisées pour les besoins hydroélectriques. Le barrage de Cleuson fait partie de l'aménagement hydroélectrique de Grande Dixence (GD). Il reçoit les eaux du bassin versant amont ainsi que les eaux captées par la prise située sur le torrent de Tortin. Le lac de barrage peut retenir jusqu'à 20 millions de m³ d'eau. Construit en 1947, il a été mis en service en 1951. Une station de pompage amène l'eau dans une galerie depuis le barrage au pied de la Grande-Dixence. Les eaux sont ensuite turbinées en plaine à la centrale de Bieudron.

Selon l'Atlas hydrologique suisse, le barrage de Cleuson modifie notablement le débit moyen annuel de la Printse :

- En aval immédiat de l'aménagement, le débit résiduel est inférieur à 20 % du débit moyen annuel ;
- Dès la confluence avec la Printse de Tortin, le débit du cours d'eau représente 21-40 % du débit naturel ;
- A partir de la confluence avec l'Ojintse, le linéaire aval jusqu'au Rhône montre un débit entre 41-60 % du débit moyen annuel.

2.3.2. Prises d'eau potable et bisse

Nombreuses prises de bisse Les captages d'eau potable apparaissent sur la Figure 1 ; le volume total d'eau capté n'est pas connu.

Plusieurs prises de bisse sont inventoriées sur le bassin versant (cf. Tableau 2). Elles alimentent les nombreux bisses.

Concession	Captage	Ouvrage	Type	Date construction	Cours d'eau
	Bisse de Saxon	prise d'eau	Irrigation	1865-76	Printse
Consortage	Bisse Vieux	prise d'eau	Irrigation		Printse
Consortage	Bisse du Milieu	prise d'eau	Irrigation	1700	Printse
Consortage	Bisse d'en Bas*	prise d'eau	Irrigation	1390 ? 1753	Printse
Consortage	Bisse de Salins	prise d'eau	Irrigation	1456	Printse
	Grand Bisse de Vex	prise d'eau	Irrigation	1435	Printse
	Bisse de Chervé	prise d'eau	Irrigation	1453	Printse
	Bisse de Baar	prise d'eau	Irrigation	1862	Printse
Consortage	Plan Désert	prise d'eau	Irrigation		Printse
Commune Nendaz	Pramounet (Siviez)	2 prises d'eau	Eau potable		Tortin & Be
Alpiq	Lac de Cleuson	barrage	Hydroélectrique	1947	Cleuson
Alpiq	Printse	prise d'eau	Hydroélectrique	1947	Printse

* Bisse de Dessous

Tableau 2 : Liste des captages recensés dans le bassin versant de la Printse.

2.3.3. Assainissement des eaux usées

Aucun rejet de STEP dans le BV

L'amont du bassin versant de la Printse est constitué par des glaciers et des zones de haute montagne. A l'aval du barrage de Cleuson, la rivière coule dans un vallon préservé de l'urbanisation jusqu'à Siviez. Sur cette partie amont, les principales activités sont donc l'agriculture de montagne (pâturage), le tourisme hivernal (station de ski) et le tourisme estival doux (ballade, alpinisme, etc.).

A partir de Siviez, les sources de pollution proviennent principalement des zones habitées (Planchouet, Plan Désert, Saclentse, Beuson, Brignon).

Aucun rejet de STEP ne se fait dans la Printse. L'ancienne STEP de Nendaz-Siviez a été mise hors service en 2012 et les eaux usées ont été raccordées à la STEP de Nendaz-Bieudron en plaine et dont l'exutoire s'effectue dans le Rhône (RG).

Les réseaux d'assainissement sont dotés de BEP (bassins d'eaux pluviales) et de DO (déversoirs d'orage) qui sont susceptibles de produire un impact sur le milieu récepteur. Le PGEE (plan général d'évacuation des eaux) de la commune de Nendaz dressent l'état des cours d'eau et évaluent l'effet des ouvrages de déversement. Un des ouvrages (DO) avait déjà été suivi en 2002. Localisé en aval de Brignon, il est à nouveau encadré par les 2 mêmes stations de prélèvement (PRI 02.65 et PRI 02.6) afin de contrôler s'il porte atteinte à la qualité des eaux de la Printse.

La commune de Nendaz n'a pour l'instant pas d'inventaire des assainissements individuels pour les chalets occupés temporairement, distant du réseau d'égout et non raccordés

2.3.4. Extraction de graviers

Il n'y a plus d'exploitation de graviers dans le lit de la Printse.

2.3.5. Aménagement du lit

Morphologie en grande partie naturelle Données issues des visions locales lors des campagnes de terrain, ne correspondant pas à un parcours intégral de la rivière.

Sur une bonne partie de son linéaire, la Printse coule dans un vallon naturel assez peu anthropisé, touchée ponctuellement par des infrastructures (barrage de Cleuson, prises de bisse). La rivière a cependant été corrigée à Siviez (construction du parking pour les remontées mécaniques) et Planchouet. Son cours en plaine jusqu'à son embouchure dans le Rhône a plusieurs fois été modifié durant les 2 siècles précédents. Son embouchure a été déplacée avec les travaux de la première correction du Rhône (années 1860-1870), puis son tracé a évolué (2 bras apparaissent sur la carte topo à partir de 1963), jusque dans les années 1970, période à laquelle commence l'extraction des matériaux dans la plaine du Rhône. Cette exploitation est à l'origine du lac du Carolet, actuellement géré par une société de pêche (Amicale du Carolet). A l'arrière de cet étang s'est implanté la décharge du Carolet. Une digue de protection la sépare de la Printse, afin d'éviter tout risque d'inondation ou passage de crue dans cette zone.

En 2010, des travaux de sécurisation de la Printse à Aproz ont été réalisés avec l'élargissement du lit de la rivière et l'aménagement d'une arrière-digue.

Les caractéristiques morphologiques des stations sont synthétisées dans le Tableau 3.

2.3.6. Valeurs naturelles

Compensations Cleuson-Dixence Le long de la Printse, il existe plusieurs sites protégés par décisions cantonales. Il s'agit des biotopes de compensation Cleuson-Dixence : Gorges de la Printse, Prairies sèches en aval de Brignon, Rive droite de la Printse entre Siviez et Beuson, Massif forestier de Lavantier, Rives de Plan de Novelli.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Principes et Intervenants

Association de bureaux Le but de cette étude est de connaître la qualité de la rivière en différents points, répartis sur l'ensemble du bassin versant. Plusieurs approches sont utilisées ; les informations récoltées sont complémentaires et permettent une interprétation plus précise de la qualité des eaux et du milieu. Les différents aspects de cette étude ont été traités par les intervenants suivants :

- **mandant et coordinateur** : Service de la Protection de l'Environnement (SPE) ;
- mesures des **débits et prélèvements** d'échantillons d'eau pour analyses physico-chimiques et bactériologiques : bureaux BINA et biol conseils pour les campagnes de novembre 2015, mars et août 2016 ;
- examen de la **qualité physico-chimique** de l'eau à l'aide de sondes portables : bureaux BINA et biol conseils ; analyses des échantillons d'eau : laboratoire du SPE ; analyses **bactériologiques** : laboratoire du SCAV ;
- étude des **diatomées** fixées sur le substrat comme indicatrices de la qualité des eaux (prélèvements des échantillons, détermination et interprétation des résultats) : Dr François Straub (PhycoEco), avec constitution d'une collection de référence qui sera déposée au Musée de la Nature en Valais ;
- étude **biologique** à l'aide d'une méthode basée sur la macrofaune benthique (prélèvements des échantillons, détermination et interprétation) : biol conseils ;
- **confrontation et interprétation** de l'ensemble des résultats, **rédaction** du rapport de synthèse : bureaux biol conseils, BINA et PhycoEco (Dr François Straub).

3.2. Localisation des stations, Campagnes, Méthodes utilisées

3.2.1. Choix et localisation des stations et principe de codification

7 stations d'étude Au total, 7 stations ont été retenues en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements (cf. Figure 1 et photos pages suivantes). Le principe de **codification** des stations en Valais est le suivant : les 3 lettres sont les premières lettres capitales du nom du cours d'eau, « PRI » pour la Printse. Les chiffres qui leur font suite représentent la distance kilométrique de la station par rapport à la confluence avec le milieu récepteur (soit le Rhône pour la Printse, conformément aux codes GEWISS attribués par la Confédération). Ainsi, « PRI 14.4 » indique la station sise à 14.4 km de son embouchure.

Stations	Code	Coord X	Coord Y
Amont lac Cleuson	PRI 14.4	592'200	105'530
Sivez, amont installations	PRI 09.8	590'650	109'130
Planchouet, aval Bisse Vieux	PRI 08.2	590'650	110'720
Plan désert, aval captages bisses	PRI 05.9	590'750	112'740
Amont DO, Brignon	PRI 02.65	590'930	115'520
Aval DO, Brignon	PRI 02.6	590'940	115'580
Amont Aproz	PRI 00.8	590'700	117'000

Tableau 3 : Coordonnées des stations de prélèvements sur la Printse (2015-2016).

Compte tenu de l'enneigement hivernal et conformément au cahier des charges, la station tout en amont PRI 14.4 (amont lac de Cleuson) n'a été prospectée qu'en été et automne.

Les caractéristiques du milieu et les interventions humaines susceptibles d'influencer les stations étudiées apparaissent dans le Tableau 4 (voir photos en pages suivantes).

Stations	Code	Altitude (en m)	Pente*	Caractéristiques morphologiques	Interventions humaines
Amont lac Cleuson	PRI 14.4	2'316	9%	Rivière et débit naturel	Aucune (pâturage)
Sivez, amont installations	PRI 09.8	1'760	3%	2 berges enrochées	Réduction des débits (barrage Cleuson en amont)
Planchouet, aval Bisse Vieux	PRI 08.2	1'521	9%	Présence d'enrochements ponctuels sur les 2 berges	Réduction des débits (barrage Cleuson, bisses)
Plan désert, aval captages bisses	PRI 05.9	1'230	15%	Tronçon naturel, très pentu	Réduction des débits (barrage Cleuson, bisses)
Amont DO, Brignon	PRI 02.65	775	10%	Tronçon naturel, encaissé dans gorge	Réduction des débits (barrage Cleuson, bisses)
Aval DO, Brignon	PRI 02.6	770	10%	Tronçon naturel, encaissé dans gorge	Réduction des débits (barrage Cleuson, bisses) DO
Amont Aproz	PRI 00.8	490	8.5%	Tronçon redevenu naturel, élargi en 2010	Réduction des débits (barrage Cleuson, bisses)

* La pente correspond à la pente moyenne entre les deux courbes de niveau (20 m de dénivellation), directement en amont et en aval de chaque station.

Tableau 4 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin versant de la Printse (2015-2016).



Photo 1 : PRI 14.4 « Amont lac de Cleuson » (biol conseils, août 2016).



Photo 2 : PRI 09.8 « Siviez, amont installations » (biol conseils, novembre 2015).

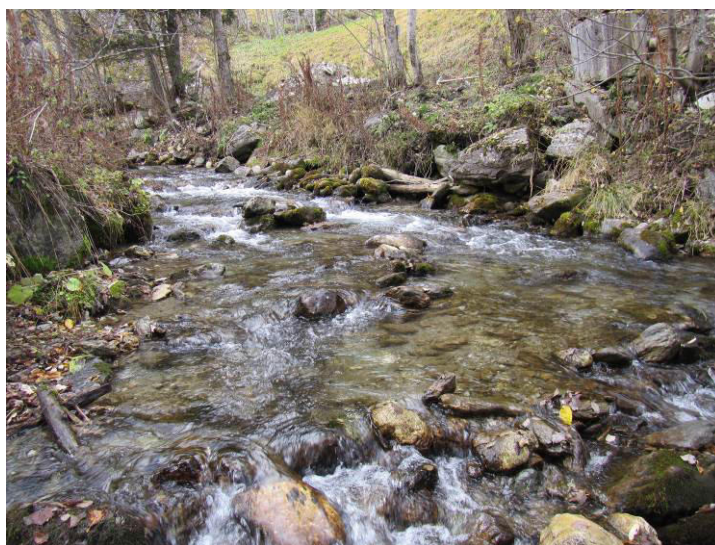


Photo 3 : PRI 08.2 « Planchouet » (biol conseils, novembre 2015).



Photo 4 : PRI 05.9 « Plan désert » (biol conseils, mars 2016).

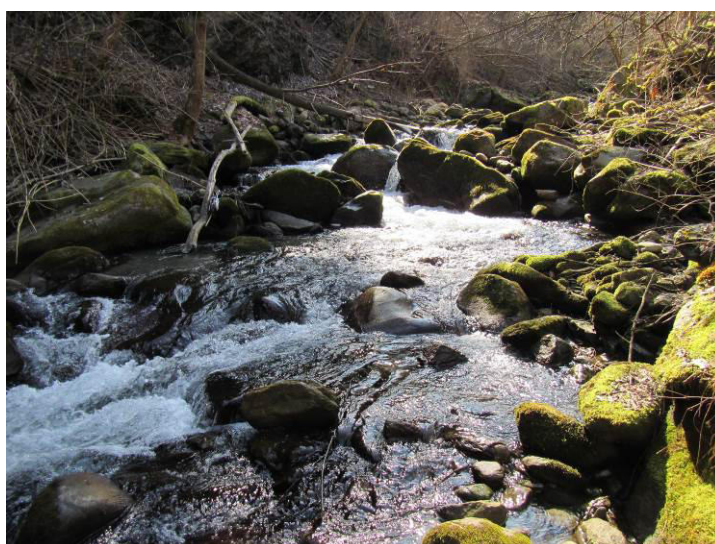


Photo 5 : PRI 02.65 « Brignon, amont DO » (biol conseils, mars 2016).

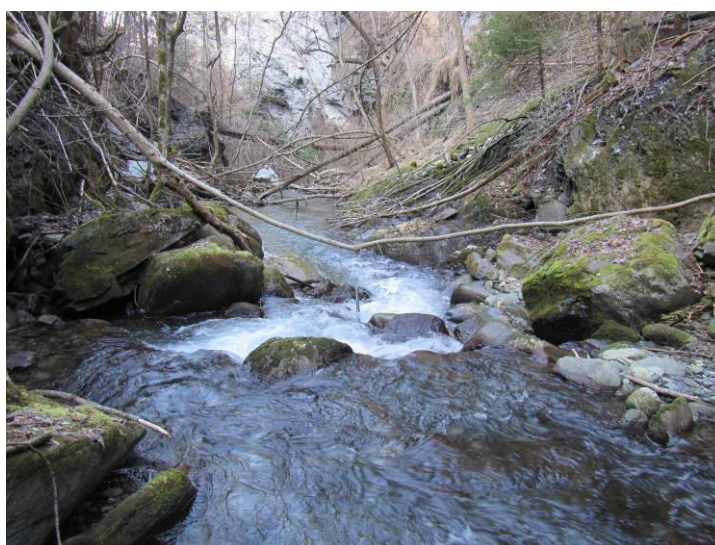


Photo 6 : PRI 02.6 « Brignon, aval DO » (biol conseils, mars 2016).



Photo 7 : PRI 02.6 « Brignon, déchets amenés par le DO » (biol conseils, novembre 2015 & mars 2016).



Photo 8 : PRI 00.8 « Amont Aproz »,vue générale (biol conseils, mars 2016).



Photo 9 : PRI 00.8 « Amont Aproz » (biol conseils, mars 2016).

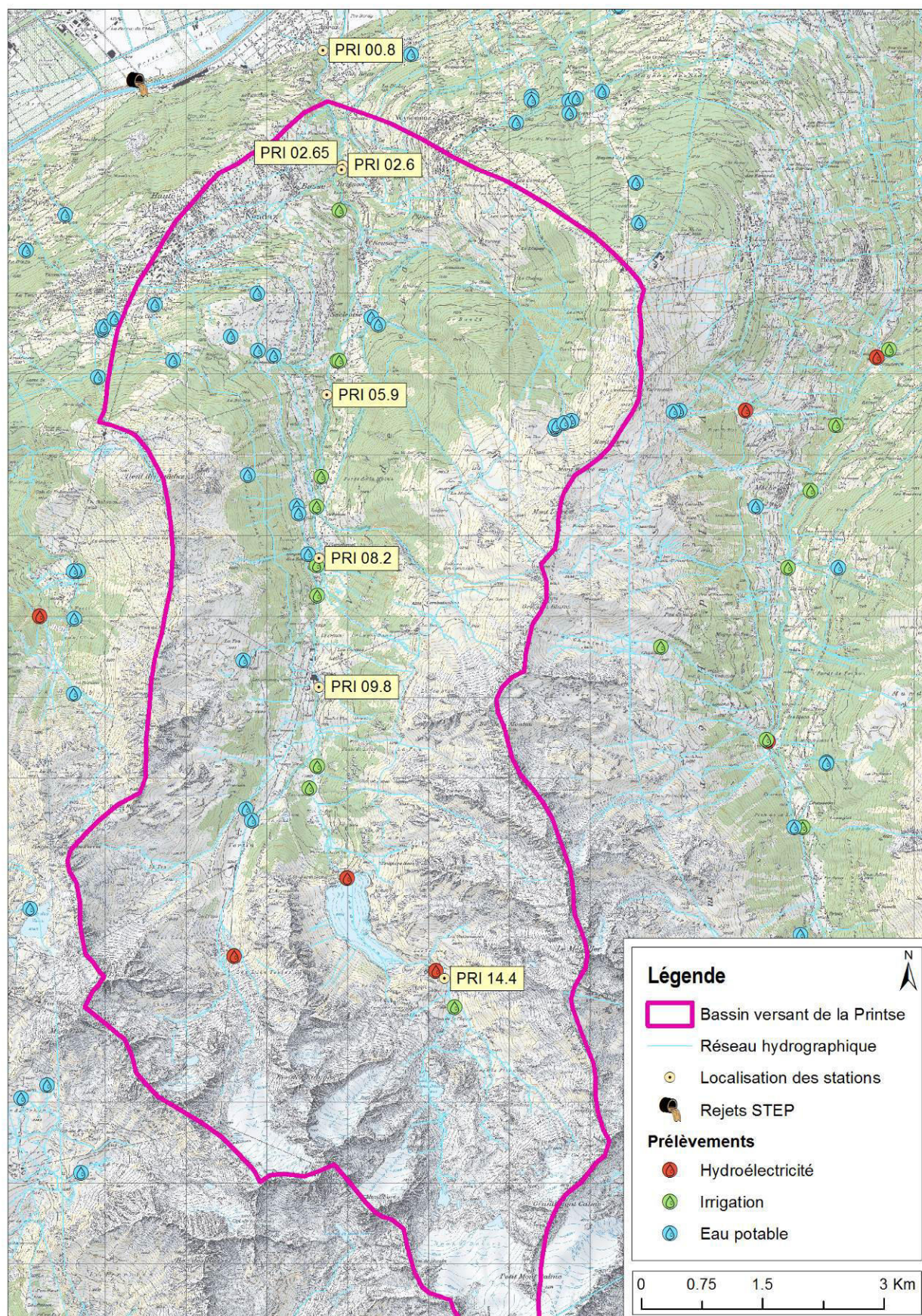


Figure 1 : Contexte du bassin versant de la Printse et localisation des stations d'échantillonnage (2015-2016). Les captages sont extraits de la base de données BD-Invent.

3.2.2. Dates des campagnes et conditions météorologiques

Les dates des campagnes et emplacement des stations définies dans le cahier des charges ont pu être respectées. Aucune modification n'a été apportée au protocole initial. Au total, trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (novembre 2015, mars et août 2016). Deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » (d'après la méthode de l'IBCH, cf. Annexe 1) ont été menées, en novembre 2015 et mars 2016 par les bureaux biol conseils et PhycoEco. Compte tenu de l'enneigement hivernal et de l'impossibilité d'accéder facilement en amont du lac de Cleuson, la station PRI 14.4, ne devait pas être échantillonnée en hiver, conformément au cahier des charges.

Le Tableau 5 récapitule les dates des diverses campagnes et indique les conditions météorologiques. Les prélèvements ont été réalisés par temps sec ; le cas échéant, les hauteurs de précipitations sont mentionnées pour le jour même et les 2 jours précédents, en l'occurrence aucune sur les 3 campagnes. Les données de pluviométrie ont été fournies par MétéoSuisse. La station météo considérée est celle de Nendaz (1'938 m).

Date	Condit. météo	Type analyse	PRI 14.4	PRI 09.8	PRI 08.2	PRI 05.9	PRI 02.65	PRI 02.6	PRI 00.8
3-4 Novembre 2015	Couvert / ensoleillé (0mm)	Diatomées, IBGN Débit, Physico-chim, Bactério	+	+	+	+	+	+	+
13-14 Mars 2016	Ensoleillé (0mm)	Diatomées, IBGN Débit, Physico-chim, Bactério		+	+	+	+	+	+
16 Août 2016	Ensoleillé (0mm)	Débit, Physico-chim, Bactério	+	+	+	+	+	+	+

Tableau 5 : Protocole d'étude de la Printse en 2015-2016.

4. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX

Conclusions Sur les 3 campagnes, les débits restent relativement constants à l'aval du barrage de Cleuson, mais montrent des différences plus importantes sur la station amont, soumise à un régime hydrologique naturel. La température des eaux dépend de la température extérieure (plus élevée en été, plus basse en hiver) et augmente légèrement d'amont en aval. Il en est de même pour la conductivité (eaux faiblement à moyennement minéralisées). Le pH, légèrement alcalin, reste relativement constant sur l'ensemble du linéaire. La concentration en MES est globalement faible. Les analyses chimiques (COT, COD, P_{tot}, PO₄, NH₄, NO₂, NO₃) indiquent une **très bonne** qualité de l'eau pour l'ensemble des stations et des campagnes. Sur Planchouet (PRI 08.2), la concentration légèrement plus élevée du NH₄ en mars classe la station en **bonne** qualité. D'amont en aval, une petite augmentation des concentrations s'observe pour le COT/COD et le NO₃.

Les analyses bactériologiques montrent une **bonne à très bonne** qualité des eaux sur la plupart des 4 stations amont (mis à part Planchouet en mars). Elle est par contre **moyenne à bonne** pour les *Escherichia Coli* en aval du déversoir d'orage (DO) à Brignon. Les photos prises sur le terrain montrent de fréquents déversements dans le milieu récepteur.

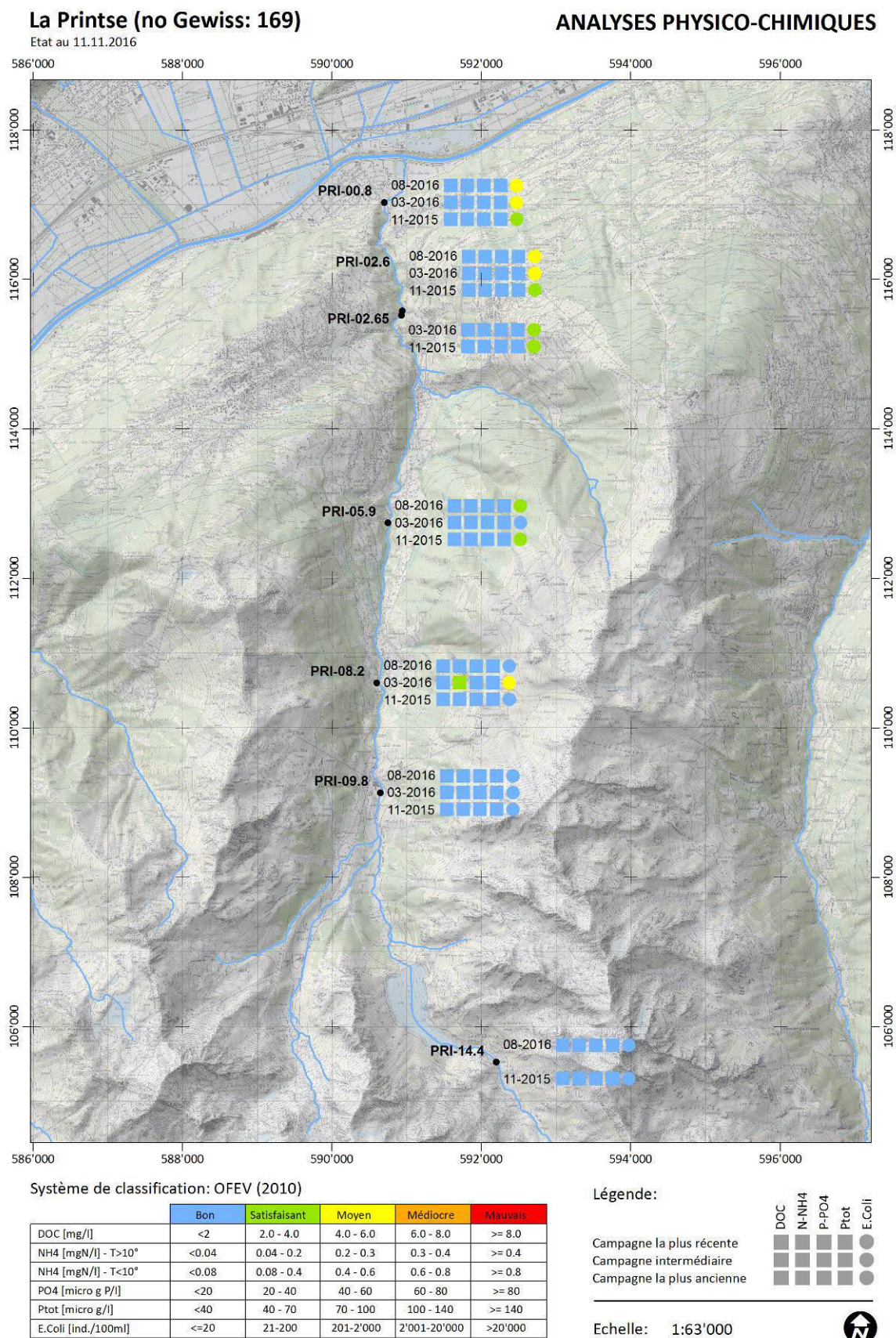


Figure 2 : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur la Printse (2015-2016)

5. ÉTUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

Conclusions En amont, dès l'aval du barrage, la densité des peuplements de diatomées paraît un peu faible, ce qui pourrait être lié à un déficit en eau. La majorité des formes téatologiques ne semble pas liée à la toxicité des eaux. La biodiversité des peuplements est dans la moyenne de ce qu'on trouve en Suisse, c'est à dire un peu plus pauvre que dans certaines rivières alpines. La diatomée invasive *Didymosphenia geminata* est bien implantée dans la Printse ; elle a d'ailleurs formé des peuplements visibles à l'œil nu (première observation en Suisse occidentale à notre connaissance). D'après la liste rouge la valeur patrimoniale des peuplements est moyenne à faible. Les valeurs des indices (voir Figure 3) montrent qu'en amont les eaux sont d'excellente qualité, mais elles s'enrichissent progressivement vers l'aval, tant en engrais qu'en matières organiques. Cependant les objectifs écologiques légaux semblent atteints sur tout le linéaire du cours d'eau.

6. ÉTUDE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES, QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

Conclusions Les résultats des analyses biologiques figurent dans la base de données du canton « **BD-hydrobio** ». La qualité des stations d'après les notes IBCH sont représentées à la Figure 3. Les interprétations de l'étude de la faune benthiques sont développées dans l'Annexe 5.

La Printse est bien diversifiée au niveau de ses substrats, qui sont tous bien colonisés par la faune benthique. A noter toutefois qu'un ensablement a été observé sur certaines stations, et que des algues sont présentes à chaque station.

L'abondance moyenne des macroinvertébrés benthiques présents dans la Printse est supérieure à l'abondance moyenne dans les autres affluents du Rhône. Elle est plus élevée en mars (63% des individus récoltés) qu'en novembre. Cette différence temporelle est largement due à la prolifération des Chironomidae (> 1'000 ind.) en mars dans 3 stations. L'abondance cumulée (novembre + mars) est nettement plus élevée sur les 2 stations aval que sur les autres stations.

La majorité des stations obtient une qualité **satisfaisante** (note IBCH entre 13 et 15), avec un groupe indicateur (GI) maximal de 9, et une diversité taxonomique comprise entre 14 et 24. Ces résultats correspondent à des milieux de bonne qualité en Valais. Deux stations (PRI 02.65 en mars, PRI 02.6 en novembre et mars) obtiennent une note **moyenne** de 12, en raison d'un GI non maximal de 7 (Leuctridae). Avec une note IBCH moyenne de 14.1 (20.8 taxons, 34 taxons au total) sur l'ensemble des stations, la Printse se situe parmi les bassins versants valaisans les mieux notés.

La qualité moyenne de la station PRI 02.6, ainsi que l'abondance nettement moins élevée des Perlodidae (GI 9 le plus abondant sur l'ensemble de la Printse) dès cette station, suggère un impact sur le milieu du DO situé juste en amont de PRI 02.6. Toutefois, l'impact potentiel de ce DO n'explique pas la note moyenne obtenue sur PRI 02.65 en mars. Relevons qu'au moins 1 individu du GI 9 maximal était présent sur ces 2 stations, ce qui suggère que les notes sont en limite de qualité satisfaisante. Le seul impact du DO est donc difficile à affirmer. Néanmoins, l'augmentation de taxons tolérants et la diminution de taxons sensibles d'amont en aval indiquent une tendance à la baisse de qualité du milieu en aval.

A noter que l'escargot exotique *Potamopyrgus antipodarum* a été observé dans les 4 stations aval de la Printse.

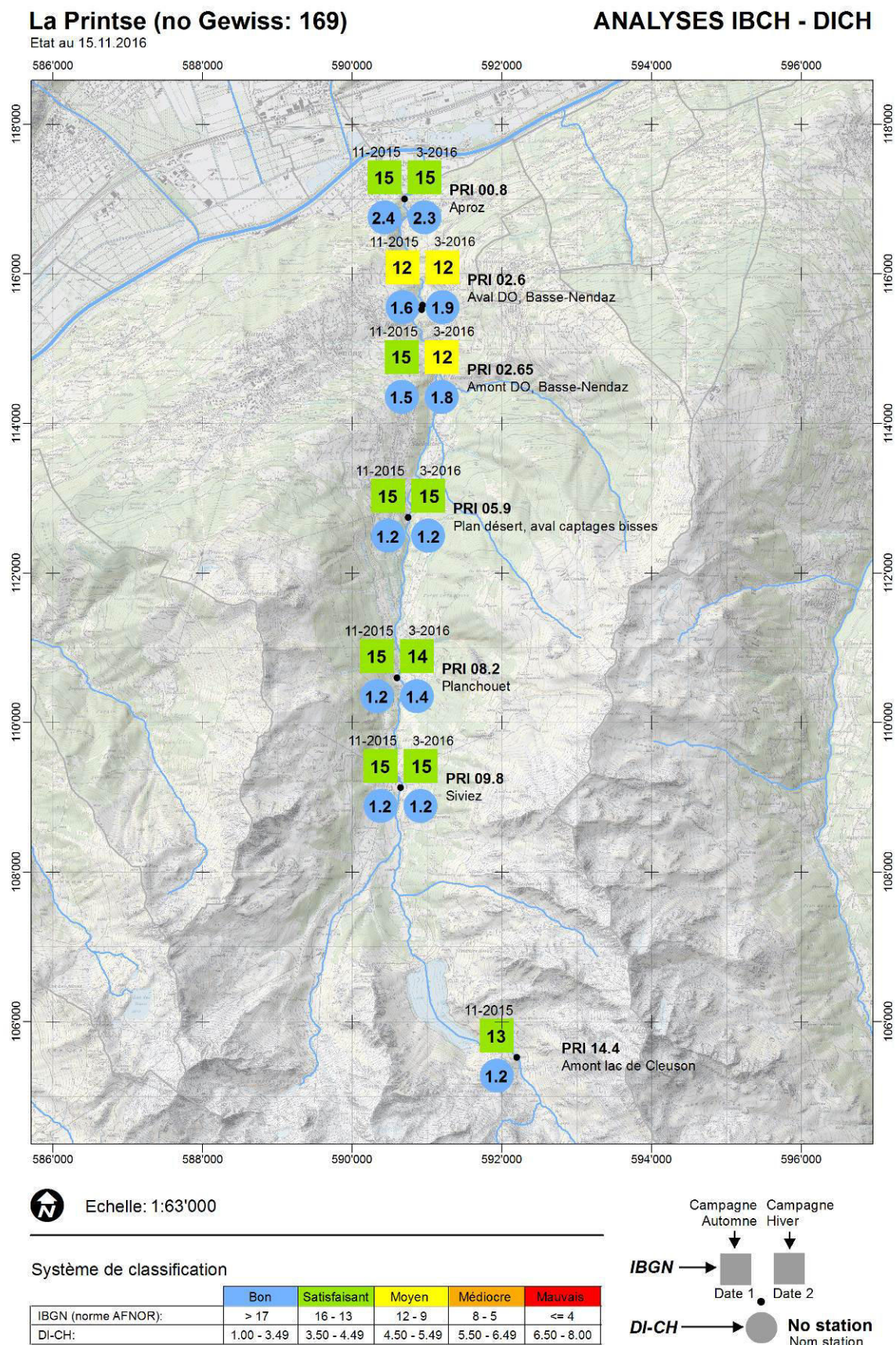


Figure 3 : Résultats des analyses IBCH et indices diatomiques sur la Printse (2015-2016)

7. SYNTHÈSE PAR STATION

Les résultats pour chaque station sont détaillés dans les fiches de la base de données « BD-Hydrobio ». Un résumé est établi pour chacune des stations en Annexe 6

8. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS

L'ensemble des résultats concordent globalement et indique une bonne à très bonne qualité globale de la partie amont de la Printse, jusqu'à la station PRI 05.9. Dès la station en amont du DO PRI 02.65, les résultats montrent une qualité moyenne à bonne, avec un enrichissement de la Printse en engrais et en matière organique, qui s'accompagne d'une augmentation en bactéries et d'une diminution des macroinvertébrés les plus sensibles.

	Période / station	Physico-chimie (paramètres déclassant: NH_4^+ , NO_2^- , PO_4^{3-})	Bactériologie (paramètres déclassant: germes totaux, Entéroco., <i>E. coli</i>)	Diatomées saprobie	Diatomées trophie	Note IBCH (qualité selon norme IBCH)
Novembre 2015	PRI 14.4 - Amont lac Cleuson			(I)-II	1.53	13
	PRI 09.8 - Siviez			(I)-II	1.62	15
	PRI 08.2 - Planchouet			(I)-II	1.6	15
	PRI 05.9 - Plan désert			I-II	1.57	15
	PRI 02.65 - Amont DO			(I)-II	1.65	15
	PRI 02.6 - Aval DO			II	1.7	12
	PRI 00.8 - Amont Aproz			(I)-II	1.75	15
Mars 2016	PRI 14.4 - Amont lac Cleuson	-	-	-	-	-
	PRI 09.8 - Siviez			I-II	1.35	15
	PRI 08.2 - Planchouet			(I)-II	1.57	14
	PRI 05.9 - Plan désert			I-II	1.56	15
	PRI 02.65 - Amont DO			II	1.82	12
	PRI 02.6 - Aval DO			II	1.84	12
	PRI 00.8 - Amont Aproz			II-(III)	1.89	15

Légende :

 excellent, présent uniquement dans les Alpes	 moyen	 mauvais
 très bon	 médiocre	- prélèvement non effectué
 bon		

Tableau 6 : Confrontation des différents résultats obtenus sur le bassin versant de la Printse en 2015-2016

9. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS BIOLOGIQUES ANTÉRIEURS

9.1. Diatomées

Jusqu'à ce jour, la Printse n'avait pas fait l'objet d'étude des diatomées.

9.2. Faune benthique

Les données antérieures disponibles pour comparaison datent de 1994, 2002, 2010 (ETEC) et 2005 (PRONAT) et sont très lacunaires, car le bassin versant n'a jamais été étudiée dans son ensemble. Seules certaines des stations prospectées en 2015-2016 ont fait l'objet de prélèvements (voir Tableau 7).

La diversité taxonomique, le groupe indicateur et la note IBCH pour PRI 09.8 et PRI 08.2 sont comparables entre les différentes campagnes.

Une dégradation de la note IBCH s'observe entre 2002 et la présente campagne pour les deux stations encadrant le DO, PRI 02.65 et PRI 02.6, qui s'explique par un nombre insuffisant d'individus du GI 9 en 2015-2016. Bien que le hasard de la répartition des individus dans un lit de cours d'eau de montagne soit une explication plausible, il est possible que la dégradation observée sur PRI 02.6 entre 2002 et 2015-2016 soit causée par un dysfonctionnement récent du DO situé à l'amont de cette station. Les amas de déchets d'eaux usées attestent cette hypothèse.

Une nette amélioration s'observe entre 2005/2010 et la présente campagne pour la station aval PRI 00.8, indiquant que la qualité du milieu s'est sensiblement améliorée à l'aval de la Printse, qui pourrait traduire le bénéfice de la revitalisation de cette station dont la largeur de lit a été fortement augmentée (projet de protection contre les crues avec la construction d'une arrière digue et l'élargissement du lit). D'un lit peu diversifié car canalisé par des enrochements qui le contraignaient contre le versant en rive droite, la Printse s'est modifiée en une rivière à morphologie naturelle caractérisée par un écoulement en plusieurs bras et la présence d'îlots centraux colonisés par la végétation.

Tableau 7: Comparaison des résultats IBGN / IBCH obtenus sur le bassin versant de la Printse entre 1994 (bureau ETEC) et 2016 (bureau Biol conseils). Le nombre d'individus (nbr ind.), le groupe indicateur (GI), la diversité taxonomique (Σt), et la note IBGN / IBCH avec la couleur de la classe de qualité correspondante, sont présentés.

Campagne	Novembre 1994 (ETEC)				Décembre 2002 (ETEC)				Mars 2005 (PRONAT)				Janvier 2010 (ETEC)				Novembre 2015 (biol conseils)				Mars 2016 (biol conseils)			
	Station	nbr ind.	GI	Σt	IBGN	nbr ind.	GI	Σt	IBGN	nbr ind.	GI	Σt	IBGN	nbr ind.	GI	Σt	IBGN	nbr ind.	GI	Σt	IBGN	nbr ind.	GI	Σt
PRI 14.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	424	9	14	13	-	-	-	-
PRI 09.8	1'955	9	21	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	723	9	21	15	1'388	9	24	15
PRI 08.2	-	-	-	-	-	-	-	-	2'354	9	19	14	-	-	-	-	1'235	9	21	15	2'469	9	20	14
PRI 05.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1'739	9	24	15	2'821	9	23	15
PRI 02.65	-	-	-	-	1'781	9	17	14	-	-	-	-	-	-	-	-	1'294	9	22	15	2'017	7	19	12
PRI 02.6	-	-	-	-	1'832	9	17	14	-	-	-	-	-	-	-	-	1'035	7	17	12	3'644	7	19	12
PRI 00.8	-	-	-	-	-	-	-	-	3'601	7	15	11	2'554	7	15	11	3'936	9	23	15	4'384	9	23	15

*Aucune donnée antérieure pour PRI 14.4 et PRI 05.9.

10. RÉSUMÉ - CONCLUSION

Depuis 1990, le Service de la Protection de l'Environnement du Canton du Valais (SPE) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface. Cette approche de la qualité globale des cours d'eau se base sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux, l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBCH). L'étude 2015-2016 s'est portée sur le bassin versant de **la Printse** (sur 14 km du linéaire de la rivière).

La rivière est influencée par de plusieurs captages en particulier ceux liés à l'exploitation hydroélectrique (barrage du Cleuson), mais aussi par plusieurs prises d'eau pour l'irrigation. Le bassin versant ne comporte aucune STEP (eaux usées sortie du bassin versant et traitées sur une STEP en plaine à Bieudron).

Sur ce bassin versant, 7 stations en novembre et 6 stations en mars ont été retenues pour qualifier le milieu en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements. Trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (novembre, mars et août) ; deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » ont été menées (novembre et mars).

Les résultats des analyses physico-chimiques, bactériologiques, des diatomées et des macroinvertébrés aquatiques indiquent que les exigences légales sont respectées dans la grande majorité des stations étudiées sur la Printse. La rivière présente globalement une bonne qualité des eaux et un milieu riverain relativement peu dégradé. Une tendance à un enrichissement progressif en engrais et en matières organiques s'observe toutefois d'amont en aval. Cette situation est principalement provoquée par les activités du bassin versant (tourisme hivernal et estival, pâturages et zones d'habitation).

Plus spécifiquement, les résultats des IBCH à la station PRI 02.6, suggèrent un impact du DO sur la qualité du milieu, DO situé juste en amont de cette station, hypothèse seulement confirmée par les analyses bactériologiques (*Escherichia Coli*) et une augmentation encore plus importante de la charge saprobie enregistrée par la diminution des deux groupes de diatomées les plus sensibles. Ceci prouve que le DO déverse des eaux usées et confirme les constats de terrain (quantité élevée de déchets d'eaux usées). Toutefois, une dégradation est enregistrée dès l'amont du DO, indiquant qu'il y aurait déjà des apports d'eaux usées (la note IBCH du mois de mars est d'ailleurs moins bonne qu'en novembre).

Afin de préserver la bonne qualité globale de la Printse, et de diminuer les atteintes observées, les propositions suivantes peuvent être formulées :

- Contrôle et surveillance du DO situé en amont de PRI 02.6 ;
- Recherche d'autres apports d'eaux usées en amont ;
- Information aux éleveurs et aux agriculteurs ;
- Maintien d'un débit de dotation minimal en aval du barrage et en aval des captages de bisses ;
- Maintien de la surveillance actuelle (monitoring de la qualité du milieu), suivi des organismes envahissants (la diatomée invasive *Didymosphenia geminata* et l'escargot exotique *Potamopyrgus antipodarum* sont malheureusement bien implantés dans la Printse).

11. ZUSAMMENFASSUNG – FAZIT

Seit 1990 führt die Dienststelle für Umweltschutz (DUS) des Kantons Wallis ein jährliches Beobachtungsprogramm der oberirdischen Gewässer durch. Diese gesamthafte Einschätzung der Wasserqualität wird anhand von Beschreibungen des physikalisch-chemischen und bakteriologischen Wasserzustands, von Kieselalgen-Untersuchungen sowie von Untersuchungen zur benthischen Fauna (IBGN-Methode) vorgenommen. Gegenstand der Untersuchung von 2015-2016 war das Einzugsgebiet der Printse (auf einer Gewässerstrecke von 14 km).

Die Printse steht unter dem Einfluss mehrerer Wasserfassungen, vor allem solcher zur Wasserkraftnutzung (Cleuson-Stausee), aber auch solcher für die Bewässerung. Eine ARA liegt nicht im Einzugsgebiet des Flusses (das Abwasser aus dem Einzugsgebiet wird in der ARA bei Bieudron in der Ebene behandelt).

Zur Beurteilung der Wasserqualität in diesem Einzugsgebiet wurden im November 7 und im März 6 Untersuchungsstellen bestimmt, für deren Auswahl Höhenlage, Umweltmerkmale und Flussverbauungen ausschlaggebend waren. Es wurden drei physikalisch-chemische Untersuchungskampagnen durchgeführt (November, März und August), sowie je zwei Kampagnen zu den Kieselalgen und zur benthischen Fauna (November und März).

Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen und bakteriologischen Analysen sowie der Untersuchungen über die Kieselalgen und den Makrozoobenthos an den Untersuchungsstellen weisen darauf hin, dass die gesetzlichen Anforderungen grossmehrheitlich erfüllt werden. Das Gewässer weist eine insgesamt gute Wasserqualität und einen relativ wenig beeinträchtigten Uferlebensraum auf. Allerdings ist in flussabwärtiger Richtung eine zunehmende Anreicherung von Dünger und organischen Stoffen festzustellen, was hauptsächlich auf die im Einzugsgebiet stattfindende menschliche Betätigung (Winter- und Sommertourismus, Beweidung und Besiedlung) zurückzuführen ist.

Bei näherer Betrachtung lassen die IBGN-Ergebnisse der Untersuchungsstelle PRI 02.6 darauf schliessen, dass sich das genau über dieser Stelle befindliche Regenüberlaufbecken auf die Qualität des Wassers als Lebensraum auswirkt, eine Hypothese, die sich allerdings nur auf die bakteriologische Analyse und die noch grössere, sich im Rückgang der beiden empfindlichsten Kieselalgenarten zeigende saprobielle Belastung stützt. Das beweist, dass aus dem Regenüberlaufbecken Abwässer fließen und bestätigt die vor Ort gemachten Beobachtungen (grosse Mengen Abwasserabfälle). Allerdings ist auch schon oberhalb des Regenüberlaufbeckens eine Beeinträchtigung festzustellen, woraus zu schliessen ist, dass es auch da schon zu Abwassereinträgen kommt (ausserdem fällt die IBGN-Bewertung für den März schlechter aus als für den November).

Um die insgesamt gute Wasserqualität der Printse zu erhalten und die festgestellten Beeinträchtigungen zu verringern, können die folgenden Massnahmen empfohlen werden:

- Kontrolle und Überwachung des Regenüberlaufbeckens oberhalb der PRI 02.6;
- Abklärung weiterer Abwassereinträge oberhalb dieser Stelle;
- Aufklärung von Viehaltern und Landwirten;
- Einhaltung der Mindestrestwassermengen unterhalb von Stausee und Wasserfassungen für Suonen;
- Aufrechterhaltung der derzeitigen Überwachung (Monitoring der Wasserqualität) und fortgesetzte Überwachung der invasiven Organismen (leider ist es der invasiven Kieselalgenart *Didymosphenia geminata* und der gebietsfremden Schneckenart *Potamopyrgus antipodarum* gelungen, sich in der Printse festzusetzen).

12. BIBLIOGRAPHIE

- AGENCES DE L'EAU (ADE), 1997. Etude interagences de l'eau : seuils de qualité pour les micropolluants organiques et minéraux dans les eaux superficielles. Etude 1997, N° 53.
- AFNOR, 2004. Qualité des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). NF T90-350. Paris.
- Agences de l'Eau, 1999. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Rapport de présentation SEQ-Eau. Les études de l'Agence de l'Eau n° 64.
- Agences de l'Eau, 2000. Indice Biologique Global Normalisé I.B.G.N. NF-T90-350. Guide technique. Agence de l'eau 2ème édition, 37p.
- BERNARD, R. & CORDONIER, A., 2005. Observation de la qualité des eaux de surface. Campagne 2004-2005 : La Liène. Rapport du Bureau ETEC Sàrl pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 51 p. et annexes.
- BERNARD R., PERRAUDIN KALBERMATTER R., BERNARD M., 1994. Observation de la qualité des eaux de surface du Canton du Valais. Le Rhône et neuf de ses affluents. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., campagne 1993, p. 197-240.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2010. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2009-2010 : La Navisence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 75 p. et 4 annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2011. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2011 : Les Borgnes et Dixence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 84 p. et annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2013. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2012-2013 : les Vièzes. Rapport Bureaux ETEC Sàrl, PhycoEco et BINA pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 70 p. et annexes.
- BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A. 2015. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2014 : La Liène. Rapport des Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 68 p. et 4 annexes.
- BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A. 2016. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2014-2015 : La Turtmänna. Rapport des Bureaux ETEC Sàrl, PhycoEco et BINA pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 67 p. et 4 annexes.
- CORDONIER A., STRAUB F., ETEC, 2000. Observation de la qualité des eaux de surface. Etude pilote : Diatomées sur la Dranse de Bagnes. Service de la Protection de l'Environnement, Canton du Valais. 13 p. + annexes.
- CORDONIER A., 2000. Comparaison de plusieurs méthodes diatomiques pour diagnostiquer la qualité de l'eau des cours d'eau : application à la Dranse de Bagnes. Conférence lors du Congrès de la CILEF, Clermont-Ferrand, juillet 2000.

- CORDONIER A. et ETEC, 2001. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2000 : la Morge. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais.
- CORDONIER A., STRAUB F., BERNARD R., BERNARD M., 2004. Bilan de la qualité de l'eau des rivières valaisannes à l'aide des diatomées. Bulletin des sciences naturelles du Valais, la Murithienne 12 : 73-82.
- EAWAG, 1991. L'azote dans l'air et l'eau. Nouvelles de l'EAWAG n° 30. Dübendorf.
- ETEC, 2000. Etude statistique des données hydrobiologiques du Canton du Valais. Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais.
- ETEC, 2003. Impact des rejets de déversoirs d'orage sur le milieu récepteur – Rapport hydrobiologique. Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais. 15 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2003. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2003 : La Fare. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais. 56 p.
- ETEC & CORDONIER A., 2004. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2003-2004 : Le Trient. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 59 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2005. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2004-2005 : La Liène. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 52 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2006. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2005-2006 : La Dranse de Ferret. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 55 p. + annexes.
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Salentse. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 50 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Sionne. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 54 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2009. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2007-2009 : Le Rhône de Gamsen à Martigny. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 125 p. + annexes.
- HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT H. 2011. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp.
- HUET M., 1949. Aperçu des relations de la pente et des populations piscicoles des eaux courantes. Schweiz. Z : Hydrol., II (3-4) : 332-351
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007 : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique.

- KNISPEL S., KLEIN A., BERNARD M., BORNARD C., PERFETTA J., RATOUIS C., 2005. Qualité biologique des cours d'eau du bassin versant lémanique. Rapp. Comm. Int. proct. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 117-129
- LANGE-BERTALOT H., (unter Mitarbeit von A. Steindorf) 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28 : 633-677.
- LIEBMANN H., 1958. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band 1. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-640.
- LIECHTI P., 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p.
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 1979. Paramètres de la qualité des eaux. Direction de la prévention des pollutions. Neuilly-sur-Seine.
- NISBET M. et VERNEAUX J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Ann limno t. 6, fasc. 2, p. 161-190
- NOEL F. et FASEL D., 1985. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. - Vol 74 1/2/3 p. 1-332.
- OFEFP, 1991. Recommandations pour l'évaluation de la qualité hygiénique des eaux de baignade de lacs et de rivières. Information concernant la protection des eaux n°7.
- OFEFP, 1998. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué. Informations concernant la protection des eaux n°26, 43 p.
- OFEFP, 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Module chimie - Analyses physico-chimiques niveau R et C. Projet. Informations concernant la protection des eaux.
- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationberichte Heft 4/99, 516 p.
- STECK et al., 1999. Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes. Carte géologiques spéciales n° 123. Service hydrologique et géologique national.
- STUCKI, P., 2010. Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos-niveau R. L'Environnement Pratique n°1026. Office Fédéral de l'Environnement, Berne, 61 p.

13. ANNEXES

- Annexe 1 : Protocoles et méthodologies appliqués pour les différents échantillonnages, et principes d'interprétation.
- Annexe 2 : Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco (9^{ème} édition, novembre 2013).
- Annexe 3 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Printse en 2015-2016 ; présentation et interprétation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux.
- Annexe 4 : Présentation et interprétation des résultats des analyses sur le peuplement de diatomées effectuées sur le bassin versant de la Printse en 2015-2016 ; tableau des résultats bruts, voir fichier électronique.
- Annexe 5 : Présentation et interprétation des résultats de l'étude du macrozoobenthos effectuée sur le bassin versant de la Printse en 2015-2016 ; résultats détaillés dans BD-Hydrobio.
- Annexe 6 : Synthèse des résultats par station.

ANNEXE 1 :

**PROTOCOLES ET MÉTHODOLOGIES APPLIQUÉS POUR LES DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONNAGES, ET
PRINCIPES D'INTERPRÉTATION**

PROTOCOLES ET MÉTHODOLOGIE

Généralité Dans les cours d'eau alpins, l'étiage (débit le plus faible à l'état naturel) se produit en hiver. Durant ces périodes, les apports polluants sont souvent plus importants (tourisme hivernal) et peu dilués ; elles confèrent aux cours d'eau leur état chimique le plus critique. Les campagnes hivernales révèlent habituellement les moins bonnes qualités d'eaux. Toutefois, le régime hydrologique de la rivière est partiellement modifié par les captages d'eau et peut montrer des débits plus bas dès la fin de l'été et en automne.

Fenêtre d'échantillonnage utilisée pour l'IBCH Les stations à échantillonner sur le bassin versant sont situées à des altitudes comprises entre 450 m et 2'400 m d'altitude. La méthode IBCH de l'OFEV recommande pour les cours d'eau non soumis aux hautes eaux des fontes nivales et glaciaires un échantillonnage de mars (basse altitude) à juin (haute altitude) et un deuxième passage facultatif entre les périodes de mi-mai à mi-octobre. La Printse étant un cours d'eau à régime hydrologique glacio-nival, en accord et sur recommandation du SPE, les campagnes d'échantillonnage ont été fixées début novembre après les crues de la fin d'été et mi-mars avant la fonte nivale et glaciaire.

Prélèvements physico-chimiques et bactériologiques À la demande du SPE, les prélèvements d'eau ont été **ponctuels**. Pour la bactériologie, ils ont été effectués dans des bouteilles stériles. Tous les échantillons d'eau ont été conservés en glacière avant d'être transmis le soir même aux laboratoires (laboratoire cantonal pour la bactériologie et laboratoire du SPE pour la physico-chimie).

Mesures de débit Les débits ont été mesurés à l'aide d'un jaugeage chimique par intégration (salinométrie). Ces mesures instantanées ne sont toutefois qu'indicatives. Sur certaines stations, elles peuvent s'avérer peu fiables si le faciès de la rivière se prête mal à ce type de jaugeage (écoulement qui se divise en plusieurs bras, présence de mouilles qui ralentissent l'écoulement des eaux et donc le transport du sel).

Analyses physico-chimiques Seuls les principaux paramètres caractéristiques de la pollution organique des eaux (carbone organique, azotes et phosphores) ont été analysés. Les résultats bruts des analyses physico-chimiques et bactériologiques figurent à l'Annexe 3. L'unité des valeurs est précisée dans le Tableau 1. Des relevés de température de l'eau, conductivité, pH, oxygène dissous ont également été effectués sur le terrain avec une sonde portable. Ces valeurs ont été introduites dans ce tableau général.

Le fichier informatisé des analyses physico-chimiques, repris dans les fiches de synthèse, exprime les concentrations du carbone, de l'azote et du phosphore en mg ou µg de C, N ou P par litre. Compte tenu du degré d'imprécision des mesures de débit et du caractère ponctuel de l'approche (prélèvement instantané), le calcul des charges n'a pas été réalisé.

Références pour la qualité physico-chimique des eaux Les exigences relatives à la qualité des eaux figurent dans l'Annexe 2 de l'Ordonnance fédérale sur la protection des eaux. Le module « Analyse physico-chimique » niveau R du système modulaire gradué (LIECHTI 2010) se base sur cette annexe et fournit des informations sur l'interprétation des résultats en proposant une échelle de valeur à 5 niveaux (de très bon à mauvais).

Tableau 1 : Classes de qualité des principaux paramètres chimiques des eaux (LIETCHI 2010).

Appréciation de la qualité	COD (mg C/l)	Nitrates (mg N/l) NO ₃ ⁻	Nitrites (mg N/l) NO ₂ ⁻ pour cl<10 mg/l	Ammonium NH ₄ ⁺ (mg N/l)		Ortho-P (mg P/l) PO ₄ ³⁻	Ptotal (mg P/l) Ptot
				T > 10°C	T < 10°C		
Très bonne	<2.0	<1.5	<0.01	<0.04	<0.08	<0.02	<0.04
Bonne	2.0 <4.0	1.5 <5.6	0.01 <0.02	0.04 <0.2	0.08 <0.4	0.02 <0.04	0.04 <0.07
Moyenne	4.0 <6.0	5.6 <8.4	0.02 <0.03	0.2 <0.3	0.4 <0.6	0.04 <0.06	0.07 <0.1
Médiocre	6.0 <8.0	8.4 <11.2	0.03 <0.04	0.3 <0.4	0.6 <0.8	0.06 <0.08	0.1 <0.14
Mauvaise	≥8.0	≥11.2	≥0.04	≥0.4	≥0.8	≥0.08	≥0.14

Références pour la qualité bactériologique des eaux L'interprétation du nombre de germes totaux s'est faite selon les classes utilisées par le plan MAPOS. En Suisse, il n'existe par contre pas de norme bactériologique pour les eaux courantes vis-à-vis des Escherichia Coli et des Entérocoques. En France, les Agences de l'Eau (1999) ont introduit des « classes d'aptitude » dans le SEQ-Eau pour définir la qualité de l'eau en vue d'une production d'eau potable.

Tableau 2 : Interprétation des résultats bactériologiques pour les eaux courantes d'après les classes utilisées par le plan MAPOS (Germes totaux) le SEQ-Eau - Agences de l'Eau françaises (E. coli et Entérocoque).

Paramètres	Unités	Classe de qualité				
		Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Germes totaux	n/ml	< 500	501-1000	1001-25000	-	> 25000
Escherichia coli	n/100 ml	≤ 20	21-200	201-2000	2001-20000	> 20000
Entérocoque	n/100 ml	≤ 20	21-200	201-1000	1001-10000	> 10000

- Seulement 4 classes pour la Suisse, au lieu de 5 pour la France.

Etudes des diatomées Les détails de la méthodologie utilisée pour les prélèvements et l'analyse des diatomées figurent en Annexe 2. Les échantillons et préparations de référence sont déposés au Musée d'Histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds (coll. F. Straub). Des doubles des préparations microscopiques seront transmis au Musée de la Nature à Sion, dans la collection de référence des diatomées valaisannes.

Les notes obtenues (indice diatomées) correspondent à un des 8 groupes de qualité d'eau (cf. **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Pour faciliter les comparaisons entre les modules, les 8 groupes de départ sont ramenés aux 5 classes du « système modulaire gradué R ». Les stations sont alors réparties en deux catégories :

- celles obtenant un indice de 1 à 4.49 (couleur bleue et verte) respectent les objectifs écologiques fixés par l'OFEFP ;
- celles ayant un indice de 4.5 à 8 (couleur jaune, orange et rouge) n'atteignent pas les objectifs écologiques.

Les autres indices utilisés dans le cadre de cette étude à savoir, les niveaux saprobique et trophique, sont développés dans l'Annexe 4, au paragraphe 4.4.3.

Tableau 3 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice suisse DI-CH basé sur les diatomées

Indice diatomique DI-CH	1	2	3	4	5	6	7	8
Limites des classes	1.0-1.49	1.5-2.49	2.5-3.49	3.5-4.49	4.5-5.49	5.5-6.49	6.5-7.49	7.5-8.0
Classes d'état selon système modulaire gradué	Très bon			Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	

IBCH La méthode retenue pour l'analyse de la qualité biologique est celle de l'IBCH (dérivé de la norme française d'Indice Biologique Global Normalisé), détaillée dans la partie Macrozoobenthos de la méthode d'appréciation des cours d'eau, niveau R (Stucki, 2010).

Elle prend en compte toute la problématique des **mosaïques d'habitats** (combinaison des substrats et des vitesses), paramètre soupçonné comme prépondérant pour les cours d'eau. En effet, la nature et la qualité des substrats du fond déterminent la diversité et l'abondance des macroinvertébrés benthiques ; ceux-ci dépendent très fortement de la capacité « biogénique »¹ de ces substrats. La **structure et l'état des fonds** ont été relevés lors des prélèvements de faune benthique.

Sur chaque station, l'échantillonnage se compose de 8 prélèvements dans tous les types de substrat représentés (bryophytes, litières, galets, graviers, vases, dalles, etc.) et de vitesse (soit 5 classes entre moins de 5 cm/s et plus de 150 cm/s). Le protocole directeur de la méthode doit parfois être adapté aux conditions propres de chaque station.

Les organismes échantillonnés sont conservés dans de l'éthanol absolu de première qualité (alcool à 99.9%), triés et déterminés en général jusqu'à la famille, qui constitue la limite de détermination des taxons pour cette méthode. Pour chacune des stations est établie une liste faunistique des macroinvertébrés benthiques, principalement des larves d'insectes pétricoles (qui vit sur les pierres) ou fousseuses, appartenant aux ordres des Plécoptères, Epheméroptères, Trichoptères et Diptères, caractéristiques des cours d'eau de montagne.

Le calcul de l'IBCH se fonde :

- ⇒ sur le **Groupe Indicateur** (GI) ; les taxons sont organisés en 9 classes selon leur sensibilité aux différents paramètres de qualité d'un cours d'eau (eau et lit) ; la classe 9, la plus élevée, est constituée des taxons les plus exigeants, à savoir les taxons les plus sensibles à la qualité du milieu ;
- ⇒ et sur la **diversité taxonomique** (nombre de taxons) comptabilisée dans la liste faunistique.

¹ Aptitude à héberger une faune abondante et diversifiée.

La note ainsi obtenue, comprise entre 1 et 20 (minimum et maximum), donne une appréciation de la qualité biologique globale de la station (cf. Tableau 4). Elle intègre les paramètres abiotiques (diversité des substrats, vitesse du courant, physico-chimie des eaux, débit, etc.) et biotiques (faune benthique, niveau trophique, etc.). La méthode IBCH permet d'obtenir une note rapide de qualité du milieu aquatique qui fait office de valeur de référence dans le temps. Une interprétation plus poussée des listes faunistiques est toutefois nécessaire pour cerner les atteintes éventuelles.

Tous les résultats et relevés ont été introduits dans la base de données du canton, « **BD-Hydrobio** ».

Tableau 4 : Note IBCH et interprétation de la qualité biologique globale.

IBCH selon norme de base	≥ 17	16-13	12-9	8-5	≤ 4
Qualité biologique globale	Bonne	Satisfaisante	Moyenne	Mauvaise	Polluée

ANNEXE 2 :

**DIATOMÉES ET QUALITÉ DES EAUX DE RIVIÈRES : MÉTHODES DU BUREAU PHYCOECO
(9ÈME ÉDITION, NOVEMBRE 2013)**

Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco

F. Straub, 9e édition novembre 2013

Table des matières

1.	Préambule.....	2
2.	Descriptif des méthodes	2
2.1.	Prélèvement, préparation, analyse des diatomées et vitesse de l'eau	2
2.2.	Relevés de terrain.....	2
2.3.	Densité de diatomées et biomasse.....	3
2.4.	Taux de fragmentation des valves de diatomées.....	3
2.5.	Base taxonomique	4
2.6.	Diversité floristique	4
2.7.	Diversité structurale du peuplement.....	4
2.8.	Degré de similitude des assemblages de diatomées.....	5
2.9.	Taux de formes tératologiques	7
2.10.	L'indice de perturbation physique (DIPI).....	8
2.11.	L'Indice Diatomique Suisse (DI-CH).....	8
2.12.	Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau	10
2.13.	Le diagnostic du niveau trophique de l'eau.....	12
2.14.	Diatomées et valeur patrimoniale des milieux naturels	12
2.15.	Utilisation d'échantillons historiques de diatomées	13
3.	Bibliographie.....	14
4.	Annexes.....	16

1. PREAMBULE

Les méthodes sélectionnées ci-dessous sont destinées à apprécier la qualité des eaux courantes de rivières uniquement. C'est la raison pour laquelle, seule la communauté de diatomées épilithiques (qui vit sur les galets) en plein courant est étudiée, communauté dépendante uniquement des apports de l'eau. Pour des recherches plus globales, d'estimation de l'état de santé du milieu dans sa globalité et de biodiversité, des méthodes complémentaires peuvent être ajoutées, pour étudier aussi les autres compartiments de l'écosystème (rive, bras morts, sables, limons, herbier) via les autres communautés de diatomées qui y vivent.

2. DESCRIPTIF DES METHODES

2.1. Prélèvement, préparation, analyse des diatomées et vitesse de l'eau

Dans chaque station, au minimum trois pierres du cours d'eau, situées dans le courant et immergées à environ 10-15 cm de profondeur, sont choisies. Sur chacune, le périphyton vierge d'algues filamenteuses est gratté à l'aide de l'appareil de Douglas (DOUGLAS, 1958) sur une surface de 4.9 cm². La suspension brute récoltée est mise dans un pilulier et additionnée de formol à 30%, à raison d'une concentration finale de 3%.

Pour détruire la matière organique et nettoyer les frustules des diatomées, de l'acide chlorhydrique (HCl) et de l'eau oxygénée (H₂O₂) sont ajoutés dans un pilulier de chaque station. Le traitement des échantillons est réalisé selon une des méthodes préconisées par le manuel s'application de la méthode suisse (STRAUB 1981 *in* HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2007 p. 129), légèrement modifiée : l'usage des acides à chaud a été remplacé par un traitement à H₂O₂ à froid pendant 4 à 6 semaines.

Les frustules nettoyés sont repris en suspension avec des volumes connus d'eau déminéralisée, pour pouvoir estimer quantitativement la densité des diatomées présentes dans le périphyton. La suspension propre (0,3 ml par préparation) est ensuite montée entre lame et lamelle dans du Naphrax.

L'observation des échantillons se fait au microscope en contraste de phase (grossissement 10×100).

Pour chaque station, un échantillon statistique d'au moins 500 valves entières est dénombré. Les différentes diatomées sont identifiées jusqu'à l'espèce, voire la variété, en suivant la taxonomie de base de KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986-1991) complétée par les révisions les plus récentes. Les fragments sont relevés à part sans identification. Les formes tératologiques (monstrueuses) de diatomées sont aussi relevées à l'espèce. La surface de préparation microscopique nécessaire au dénombrement des 500 valves est relevée pour pouvoir calculer, via les dilutions successives, la densité de diatomées présente dans le périphyton.

A l'endroit du prélèvement des pierres, la vitesse du courant est estimée par dérive d'un bouchon fixé à une ligne de 2 m.

Cette méthode permet d'exprimer les caractéristiques des peuplements de diatomées et de calculer les différents indices de diagnostic de qualité, présentés ci-dessous.

2.2. Relevés de terrain

Lors de chaque prélèvement, les caractéristiques écomorphologiques et les aspects généraux de qualité d'eau (aspect visuel) sont relevés sur une grille d'analyse, qui reprend en un peu plus détaillé, les critères retenus par les deux modules proposés dans le Système modulaire gradué de la Confédération. Pour cela j'ai conservé les grilles de relevés conçues par le Bureau AquaPlus, de Zoug, car nous utilisons ceux-ci depuis 1990 et pour que la valorisation de ces résultats dans le cadre de la banque de données suisse

sur les diatomées puisse être constante. Il va de soit que l'on peut convertir en tout temps, au besoin, ces observations, dans les grilles standardisées de la Confédération.

Selon cette conception, la grille d'aspect visuel permet d'appliquer un indice de qualité visuelle de l'eau qui varie de 0 à 235 selon l'échelle ci-dessous :

Valeur indice	0	1 à 4	5 à 24	25 à 124	124 à 235
Préjudices	Sans	Légers	Modérés	Forts	Excessifs
Nécessité de traitement	Non	Non	Oui	Oui	Oui
			Epuration nécessaire	Mesures nécessaires	Mesures immédiates nécessaires

2.3. Densité de diatomées et biomasse

La densité de diatomées est exprimée en nombre de cellules de diatomées par cm². Des variations de densité peuvent être liées à des fluctuations des concentrations d'engrais, de substances toxiques dans les eaux et de température. En rivière, la densité dépend aussi de l'énergie mécanique du courant, c'est pour cette raison que la vitesse de l'eau est estimée sur place, pour pondérer les interprétations de qualité d'eau (en cours d'eau lent, pour une même valeur nutritive de l'eau, la densité est en général plus élevée). En cas de fortes turbidités, le pouvoir d'érosion de l'eau est supérieur, si bien que la densité des diatomées (et du périphyton en général) est moindre. Cette analyse de densité des diatomées est réalisée en routine.

A partir des valeurs de densité de cellules de chaque taxons, on peut estimer la biomasse de chaque espèce, via son biovolume et en tenant compte arbitrairement d'une masse volumique de 1,0. En faisant la somme de ces biomasses spécifiques, on obtient une bonne estimation de la biomasse du peuplement. Cette estimation est réalisée sur demande pour des études écologiques détaillées.

2.4. Taux de fragmentation des valves de diatomées

Ce taux est exprimé en % par rapport à l'ensemble des diatomées et des restes présents selon la formule suivante :

$$\text{Taux de fragmentation [\%]} = 100 * \frac{\sum \text{fragments de valves}}{\sum \text{fragments de valves} + \sum \text{valves entières}}$$

Pour les relevés tous les moindres fragments portant des ornements de diatomées sont comptés comme unité et seules les valves à 100% intactes sont comptées à l'unité comme valves entières. Seuls les morceaux de bandes connectives sont comptés avec les fragments. Par contre les bandes connectives entières ne sont pas dénombrées

En rivière, dans les eaux courantes à des vitesses ≥ 0.2 m/s, les taux de fragmentation sont normalement $\leq 60\%$ lorsqu'on utilise la méthode de préparation à HCl et H₂O₂ à froid. Des taux de 60 à 90% de fragmentation peuvent signaler soit des cas de mortalité liée à la toxicité des eaux (STRAUB et JEANNIN 2006), soit des cas de mélange de peuplements par dérive et/ou accumulation. L'utilisation d'acides à chaud provoque une fragmentation artificielle plus élevée que la méthode préconisée ici et libère également plus de bandes connectives (Hürlimann. J. com. orale 7.2013). Dans ce cas un étalonnage du taux normal de fragmentation doit être fait.

Comme pour la densité des peuplements, ce taux doit être interprété avec prudence, car il dépend également de la vitesse de l'eau (les fragments s'accumulent dans les cours d'eau lents) et des variations de turbidité. Dans des secteurs plus calmes ou des bras morts (comme aussi dans les lacs), les taux de fragmentations sont plus élevés, car la sédimentation y est plus forte. Nous n'avons pas d'expérience pour l'instant, pour fixer une norme pour les eaux stagnantes.

2.5. Base taxonomique

Bien que de nombreuses révisions taxonomiques ont été publiées depuis, en particulier l'explosion de certains genres dans une multitude de nouveaux genres, la flore de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991 reste indispensable, surtout par le fait qu'elle est complète. C'est sur cette base que le catalogue floristique du manuel du DI-CH (HÜRLIMANN & NIEDERHÄUSER 2001, 2007) a été conçu. Récemment publié, l'ouvrage de HOFMANN *et al.* 2011, destiné à la routine des analyses en rivières, s'est révélé être très utile. Entre ces deux extrêmes, de multiples révisions sont utilisées, en particulier celles de K. Krammer pour *Cymbella* s.l, de H. Lange-Bertalot pour *Navicula* s.l et de E. Reichardt pour *Gomphonema* s. str. Il serait trop laborieux de citer toutes ces références ici, mais nous restons à disposition pour toute question complémentaire liée à ce sujet.

2.6. Diversité floristique

Le nombre d'espèces de diatomées relevées au dénombrement représente la richesse floristique observée du peuplement. Cette diversité est faible dans les eaux très propres de haute montagne, à très faible dans les eaux toxiques et fortement polluées des émissaires d'eaux usées. Les peuplements de diatomées sont les plus diversifiés dans les eaux légèrement engraisées de plaine. La flore dominante représente le nombre de taxons relevés au cours du dénombrement standard de 500 valves par échantillon. Ce nombre peut être comparé aux données floristiques existantes pour le territoire suisse, car le standard fixe un effort constant de recherche. Pour comparaison, la flore dominante du 50% des prélèvements réalisés dans les rivières suisses ($n = 3694$) est constituée par 20 à 30 taxons, prélèvements provenant en majorité du Plateau en zones agricoles et urbaines.

La flore observée comprend en plus des taxons moins abondants, qui sont relevés en plus du dénombrement, au cours d'un effort complémentaire de 0.4 heure de recherche par échantillon. Il s'agit d'une flore potentielle, qui est implantée dans le milieu et qui est prête à se développer, si les conditions changent (saisons, restauration du milieu ou dégradation). Ce nombre ne peut être comparé qu'au petit nombre de relevés pour lesquels cet aspect du peuplement a aussi été étudié.

La somme de la flore dominante et de la flore potentielle est la flore observée en cours d'analyse.

La flore totale (en particulier pour une station) n'est pas envisagée dans ce genre d'analyse, car pour l'appréhender, un très gros effort de recherche serait nécessaire en multipliant à la fois les prélèvements et l'effort d'investigation des sous-échantillons.

2.7. Diversité structurale du peuplement

Le degré de spécialisation du peuplement (une espèce domine ou plusieurs espèces se partagent l'espace) est exprimé par l'indice de diversité de Shannon (LEGENDRE et LEGENDRE 1994). Des peuplements de faible diversité structurale existent dans les milieux extrêmes, dans lesquels un facteur écologique limite l'implantation des espèces (p. ex. acidité, carence, pauvreté, froid, toxicité, agitation). On observe une forte diversité structurale dans les peuplements des eaux plutôt calmes, carbonatées, chaudes et légèrement engraisées de plaine.

Dans le manuel du DI-CH (HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2007, p. 55), les valeurs présentées de l'indice de Shannon sont calculées en logarithmes de base 2. Sur 3694 échantillons, ils indiquent que la grande majorité des communautés étudiées dans les rivières suisses livrent des indices entre 2.75 et 3.75, avec une médiane située à 3.35. Les indices ≤ 2.0 sont révélateurs de situations exceptionnelles : oligo-

trophie, surcharges de carbonates comme dans les sources karstiques, peuplements pionniers de colonisation ou pollutions excessives.

Dans la base de données de PhycoEco l'indice de diversité de Shannon a été calculé avec le logarithme naturel. D'après ces mêmes 3694 échantillons, avec cette méthode de calcul, la majorité des communautés livrent de indices de 1.90 à 2.65, avec une médiane à 2.35. Les indices ≤ 1.4 révèlent les situations exceptionnelles citées ci-dessus. Le rapport entre les deux méthodes de calcul est illustré sur la figure 1 ci-dessous.

Lorsqu'on reprend des valeurs de biodiversité de la littérature pour comparaison, il faut essayer de découvrir avec quelle base les auteurs calculent l'indice de Shannon (que l'on peut théoriquement calculer avec n'importe quelle base logarithmique). En France il est parfois calculé avec le logarithme décimal, les Anglo-saxons utilisent souvent le logarithme naturel, HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2007 ont préféré utiliser le logarithme de base 2, car avec cette méthode la dispersion des résultats est meilleure. Si l'utilisation de telle ou telle base logarithmique peut se justifier mathématiquement, il est fort probable, que la plupart des auteurs (comme nous d'ailleurs), utilisent une base en fonction de leur origine "culturelle"

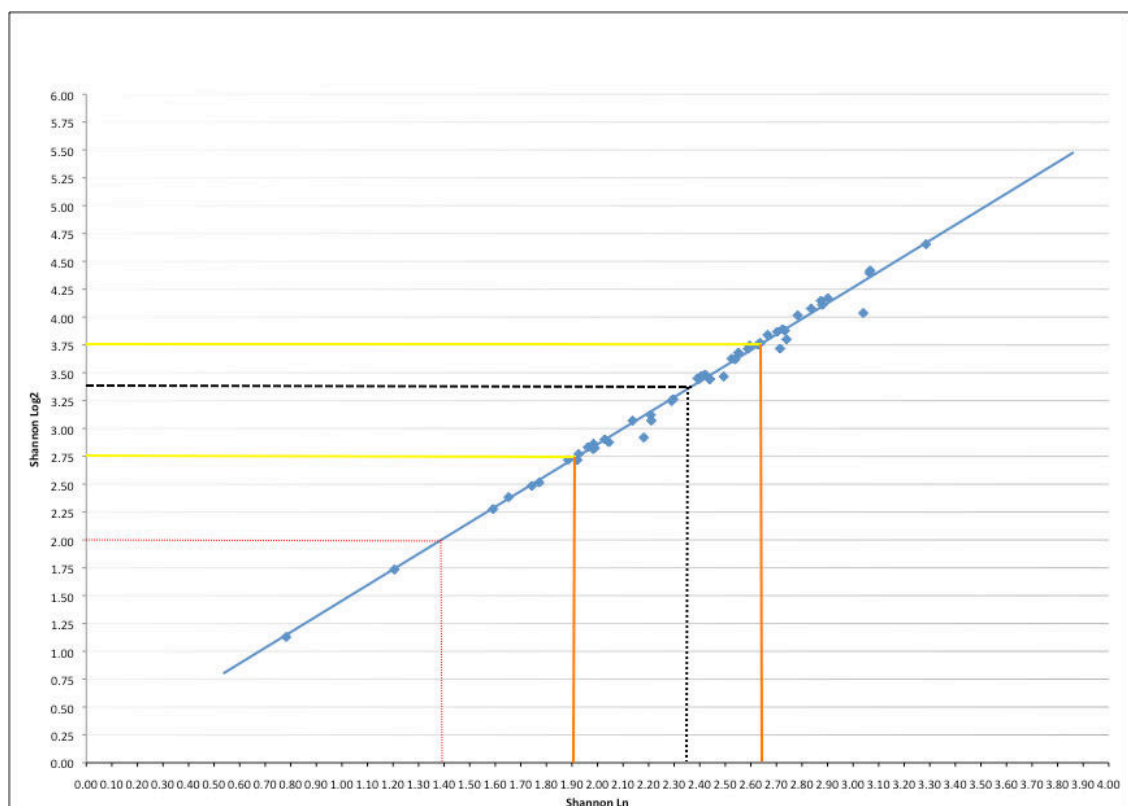


Figure 1 : correspondance entre les valeurs de l'indice de Shannon calculé en log2 et en ln

2.8. Degré de similitude des assemblages de diatomées

Pour juger du degré de similitude de deux peuplements différents et pour juger de la significativité des variations observées (p. ex. : l'un situé en aval de l'autre, ou au même endroit, l'un datant de l'automne et l'autre de l'hiver), une analyse multivariée simple est proposée, composée par le calcul et la comparaison de deux indices courants de similitude. La comparaison se fait sur un diagramme de similitude (fig. 2). Sur

l'abscisse du diagramme figure le coefficient de communauté S_7 de Jaccard (LEGENDRE & LEGENDRE 1984) :

$$S_7(y_1, y_2) = \frac{a}{a + b + c}$$

où y_1 et y_2 sont les deux échantillons comparés
 a = nombre d'espèces présentes dans y_1 et y_2
 b = nombre d'espèces présentes que dans y_1
 c = nombre d'espèces présentes que dans y_2

Le coefficient de Jaccard varie entre 0 (aucune ressemblance entre y_1 et y_2) et 1 (identité entre y_1 et y_2). Ce coefficient permet de dire dans quelle mesure les mêmes taxons sont présents dans les deux populations comparées. En écologie, on considère qu'une valeur $S_7 \geq 0.6$ entre deux listes taxonomiques indique qu'elles proviennent d'un milieu semblable.

Sur l'ordonnée du diagramme figure le coefficient D de dominance-identité selon RENKONEN 1938 :

$$D_{1,2} = \sum_{i=1}^s q_i$$

où $D_{1,2}$ = dominance-identité entre les communautés 1 et 2
 q_i = la plus petite des deux fréquences relatives de l'espèce i
 s = nombre total d'espèces dans les deux communautés

Ce coefficient permet de comparer la **composition structurale** de deux communautés. Cette composition décrit avec quelle abondance relative les taxons sont représentés dans la population. Cette composition est sujette à variation sous l'effet de chaque facteur écologique. C'est donc une base essentielle de diagnostic de l'état de santé des milieux naturels par l'analyse des populations.

Le coefficient D varie entre 0% (aucune identité structurale entre les communautés 1 et 2) et 100% (identité totale entre les communautés 1 et 2). La valeur de $D \geq 60\%$ indique un haut degré d'identité structurale (ENGELBERG 1987, HÜRLIMANN 1993), au-delà duquel les communautés ne peuvent pas être séparées objectivement. Ces deux coefficients permettent de construire le diagramme présenté en figure 2 (J. Hürlimann, com. orale).

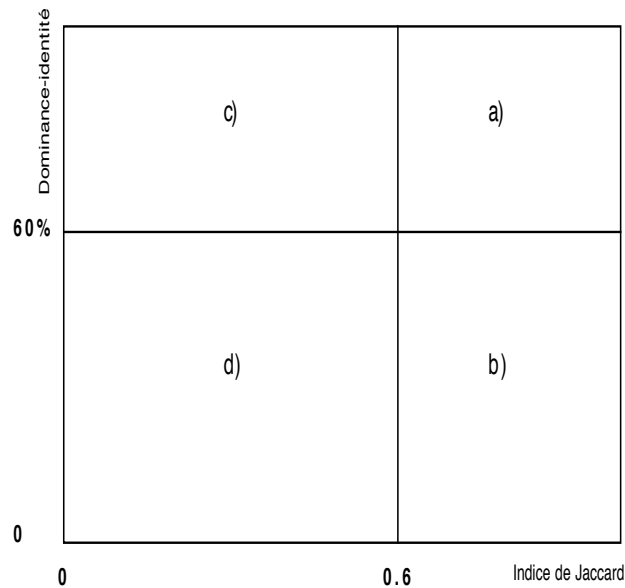


Figure 2 : cadre du diagramme de similitude servant à comparer deux communautés sur la base de l'indice de Jaccard et de la dominance-identité.

Sur ce diagramme, si le point de corrélation tombe en secteur a) les deux communautés sont à considérer comme semblables. Si le point tombe en secteur b) on peut considérer que les deux communautés sont formées des mêmes taxons, mais ceux-ci ne sont pas représentés avec la même abondance (cas de dérivation d'une communauté sous l'influence d'un paramètre écologique particulier). Lorsque le point est situé en secteur c), il faut considérer que la base structurale des deux communautés est identique, mais que de petites différences taxonomiques sont présentes (sous-associations). Lorsque le point tombe en secteur d) il faut considérer les communautés comme différentes, soumises à des facteurs écologiques différents.

2.9. Taux de formes tératologiques

Ce taux est exprimé en % de l'ensemble des diatomées non fragmentées. Dans les tableaux des résultats bruts livrés avec les rapports en annexes, figurent les espèces trouvées également sous formes monstrueuses (surlignées en rose). Les causes de ces malformations sont de deux ordres. Lorsqu'elles sont génétiques, tous les individus de l'espèce présentent la même déformation. Lorsqu'elles sont environnementales, seuls certains individus en portent la trace. Les facteurs tératogènes environnementaux connus actuellement sont soit, dans les eaux très propres, des carences (p. ex. en silicates), des chocs thermiques ou lumineux. Dans les eaux polluées, les métaux lourds, les herbicides, les pesticides et résidus de combustion des hydrocarbures, sont connus pour causer des malformations (ESGUERRA *et al.* 2006, FALASCO *et al.* 2009). Dans les populations bien nourries, il est rare de trouver de telles formes, si bien qu'un taux de 1% de monstruosité semble déjà significatif (STRAUB & JEANNIN 2006, STRAUB, non pub., enquête orale en 2004 auprès des membres de l'ADLAF). Avec l'avance de la recherche, nous pensons que des taux plus faibles que 1%, qui affectent en particulier des espèces polluo-résistantes sont à prendre en considération. Pour affiner l'examen de ces formes, nous proposons aux diatomistes suisses de relever les formes tératologiques, toujours par espèces (lorsque elles sont identifiables), en 4 types :

Type 1 : contour de la valve intact, seules quelques stries sont légèrement déformées

Type 2 : contour de la valve intact, beaucoup de stries et le raphé sont déformés

Type 3 : le contour de la valve est déformé ainsi que les structures (stries et raphé)

Type 4 : le contour de la valve est déformé mais pas les stries ni le raphé (cas fréquent chez *Achnanthes minutissima* var *minutissima* et *Diatoma ehrenbergii* lors de développements massifs)

2.10. L'indice de perturbation physique (DIPI)

L'indice DIPI est une variante de l'indice d'envasement (siltation index) de BAHLS 1993. La variante a été développée suite à plusieurs essais par l'équipe de Maurizio Battezzore et appliquée à des problèmes de perturbations physiques liées à des installations hydroélectriques dans des rivières italiennes (GALLO *et al.* 2013, BATTEGAZZORE *et al.* 2013). Cet indice est la somme des abondances relatives des espèces les plus motiles de diatomées trouvées dans les communautés épilithiques, c'est à dire celles des genres *Navicula* sensus Krammer et Lange-Bertalot 1986, *Nitzschia*, *Surirella*, plus la fréquence relative de *Didymosphenia geminata*.

$$\text{DIPI} = \frac{\text{Nb ind. de } Navicula \text{ s.l.} + \text{Nb ind. de } Nitzschia + \text{Nb ind. de } Surirella + \text{Nb ind. de } Didymosphenia \text{ geminata} * 100}{\text{Nb. total d'individus}}$$

L'utilisation de cette somme pour manifester des perturbations physiques dans des rivières à galets est justifiée par les principes suivants :

- en cas de perturbation qui causent le roulis des galets, les diatomées fixées soit par coussinets (*Cocconeis*, *Psammothidium*, etc), soit par pédicelles (*Gomphonema*, *Cymbella*) ou encore vivant dans des tubes muqueux (*Encyonema*) sont arrachées;
- les perturbations entraînent de l'érosion latérale et la remise en suspension des sédiments meubles (envasement) sédiments meubles qui sont justement colonisés par la guilda des diatomées les plus motiles de l'épipélon;
- de ce fait, en cas de forte perturbation, on ne retrouve plus que les représentants de cette guilda dans les communautés.
- l'adjonction de l'abondance relative de *Didymosphenia geminata* est particulièrement adaptée au domaine alpin, car cette espèce envahissante est favorisée par les lâchers irréguliers des installations hydroélectriques.

Selon l'échelle de BAHLS 1993 les valeurs de l'indice représentent des perturbations suivantes :

	<u>montagne</u>	<u>plaine</u>
pas de perturbation	< 20%	<60%
perturbations légères	20 à 39%	60-69%
perturbations moyennes	40 à 50%	70-80%
fortes perturbations	> 60%	>80%

En général les perturbations physiques se marquent également par des baisses de densité des peuplements (voir le § 2.3).

2.11. L'Indice Diatomique Suisse (DI-CH)

L'Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage propose aux cantons depuis 1998 plusieurs méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse regroupées dans un système modulaire gradué (OFEFP, 1998).

Dans le module « Biologie » du système modulaire gradué suisse, une méthode « diatomées suisse » (DI-CH) a été développée (HÜRLIMANN J. et NIEDERHAUSER P., 2001). Elle a fait l'objet d'une nouvelle calibration en 2006, proposant aussi une échelle de classification basée sur 5 classes au lieu de 4 dans la version précédente (HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007).

Le DI-CH poursuit deux buts principaux :

- mettre à la disposition des cantons une méthode basée sur l'ensemble des diatomées prélevées en Suisse et sur leur valeur écologique ;
- fournir aux cantons un outil pour vérifier les objectifs écologiques fixés par la nouvelle ordonnance sur la protection des eaux (annexe 1, art. 1, al. 1, OEaux), plus particulièrement le point b qui stipule que les communautés végétales doivent « présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques de chaque type d'eau peu ou pas polluée ».

La méthode comprend 8 groupes de qualité d'eau, basés sur les concentrations de 6 paramètres chimiques de pollution anthropique : ammonium, nitrite, somme de l'azote inorganique, phosphore total, chlorure, carbone organique dissous. 220 diatomées ont été retenues et 2 valeurs (D et G) leur ont été attribuées :

- la valeur indicatrice D, notée de 1 à 8, caractérise les conditions de vie optimales de l'espèce (de 1 pour les espèces très sensibles à 8 pour les espèces très tolérantes) ; cette valence écologique est distinguée par les paramètres physico-chimiques ;
- le facteur de pondération G, avec une valeur de 0.5 à 8, détermine la représentativité des espèces en tant qu'organisme indicateur (de 0.5 pour les formes abondantes peu représentatives, à 8 pour les formes caractéristiques d'amplitude écologique étroite et bon bioindicateur).

La note de qualité attribuée à chaque station est calculée selon la formule suivante de ZELINKA & MARVAN 1961_:

$$DI-CH = \frac{\sum_{i=1}^n D_i G_i H_i}{\sum_{i=1}^n G_i H_i}$$

où **DI-CH** = **indice diatomique suisse**

- D_i = valeur de classement du taxon i sur la base de sa préférence autoécologique
- G_i = pondération du taxon i
- H_i = fréquence relative du taxon i en %
- n = nombre de taxons de l'échantillon

Chaque note obtenue (indice diatomées) correspond à un des 8 groupes de qualité d'eau (Tableau 1). Pour faciliter les comparaisons entre les modules, les huit groupes de départ sont distribués dans 5 classes du « système modulaire gradué R ». Les stations sont alors classées en deux catégories :

- celles obtenant un indice de 1 à 4.49 (couleur bleue et verte) respectent les objectifs écologiques fixés par l'OFEFP ;
- celles ayant un indice de 4.5 à 8 (couleur jaune, orange et rouge) n'atteignent pas les objectifs écologiques.

Indice diatomique DICH	1	2	3	4	5	6	7	8
Limites des classes	1.0-1.49	1.5-2.49	2.5-3.49	3.5-4.49	4.5-5.49	5.5-6.49	6.5-7.49	7.5-8.0
Classes d'état selon système modulaire gradué	Très bon			Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	

Tableau 1 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice suisse DI-CH basé sur les diatomées.

La méthode « diatomées suisse » recommandée par l'OFEFP a donc été choisie comme indice diatomique de pollution générale pour cette étude, afin que le diagnostic corresponde exactement aux exigences de la loi suisse.

2.12. Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau

Le niveau saprobique représente l'intensité des phénomènes de biodégradation qui ont lieu dans l'eau. En rivière, le taux d'oxygène n'étant souvent pas limitant, le niveau saprobique est proportionnel au taux de matières organiques oxydables. Les diatomées étant sensibles envers ces matières ou résistantes, elles sont très utiles pour ce diagnostic. Cet aspect de la qualité de l'eau est inclus dans l'indice DI-CH, mais de manière intégrée aux charges minérales (niveau trophique). Cette intégration (nécessaire pour des raisons légales) n'est pas idéale pour la description des phénomènes biologiques qui ont lieu effectivement. C'est pourquoi nous proposons de détailler cet aspect également.

Le diagnostic a été conduit selon la méthode préconisée par LANGE-BERTALOT 1978, 1979a et b, KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991. Cette méthode consiste à assigner à chaque taxon un indice de sensibilité envers les matières organiques et les autres molécules réduites habituellement présentes dans les eaux résiduelles. Ces indices figurent dans la deuxième colonne du tableau de végétation donné en annexe. Ils ont été attribués empiriquement au cours d'études extensives de populations *in situ* ou au cours d'expérimentations ponctuelles en milieux artificiels (valeurs des indices tirés essentiellement de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991, LANGE-BERTALOT 1993, HÜRLIMANN ET STRAUB 1991, DENYS 1991, HOFMANN 1994, VAN DAM *et al.* 1994). L'indice de quatre degrés (1 = très sensible à 4 = très tolérant) indique jusqu'à laquelle des quatre classes saprobiques (I, oligosaprobie à IV polysaprobie, KOLKWITZ 1950, LIEBMANN 1958, SLADACEK 1973) chaque taxon peut résister. Le diagnostic est posé à partir de la fréquence relative des quatre groupes de sensibilité à l'intérieur de l'assemblage de diatomées trouvé Tableau 2.

Cette méthode, contrairement à celles des indicateurs de classe, reconnaît pour des autotrophes vrais comme la plupart des diatomées, qu'il n'y a pas en principe de dépendance directe de ces organismes aux matières organiques, mais seulement une tolérance plus ou moins marquée.

Ainsi, on peut trouver tous les taxons, en faible abondance (forte concurrence) dans les basses classes de charge organique, tandis que dans les classes élevées, seuls quelques taxons tolérants peuvent vivre en abondance (faible concurrence). La définition des classes saprobiques ainsi que l'échelle de diagnostic à partir de assemblages de diatomées sont résumées au Tableau 2.

Pour affiner la méthode, en particulier pour diagnostiquer plus correctement les eaux de classe II dégradées, de la classe critique II-III et celles de la classe III, nous avons retenu les recommandations de SCHIEFELE 1987 et REICHARDT 1991, c'est-à-dire tenir compte de la tolérance plus élevée de certains taxons en présence d'une bonne oxygénation ("*eutrophe Arten*"). Les valences autoécologiques de ces taxons sont suivies du symbole (O₂!) dans le tableau de végétation (Annexes). En cas de bonne oxygénation, il faut forcer d'une demi-classe leur valence autoécologique et poser le diagnostic en associant leur fréquence relative à la demi-classe de tolérance supérieure, tout en suivant l'échelle de diagnostic classique (Tableau 2).

<u>Classes de qualités saprobiques</u>	<u>Proportion des groupes d'espèces différentielles de diatomées</u>	<u>Diagnostic approximatif selon le système modulaire gradué</u>
<u>I : oligosaprobie</u>		
Non chargé à peu chargé 95% < saturation O ₂ < 105% DBO5 moyen < 2 mg/l	* très sensibles ≥ 90 % sensibles + tolérants + très tolérants ≤ 10 %	Très bon
<u>I-II : oligo-β-mésosaprobie</u>		
Peu chargé Déficit d'O ₂ < 15 %	* très sensibles ≥ 50% sensibles + tolérants + très tolérants ≤ 50 %	Très bon
<u>II : β-mésosaprobie</u>		
Modérément chargé Déficit d'O ₂ < 30% DBO5 moyen < 4 (6) mg/l	très sensibles ≤ 10%, sensibles ≥ 50% tolérants + très tolérants < 50%	Bon Moyen
<u>II-III : β-α-mésosaprobie</u>		
Charge critique Déficit d'O ₂ < 50% DBO5 moyen < 7 (10) mg/l	0% < sensibles ≤ 50%, ≤ 50% tolérants + très tolérants < 90%	Médiocre
<u>III : α-mésosaprobie</u>		
fortement pollué Déficit d'O ₂ < 75% DBO5 moyen < 13 mg/l	sensibles ≤ 10%, tolérants ≤ 50% très tolérants < 50%	Mauvais
<u>III-IV : α-mésopolysaprobie</u>		
très fortement pollué Déficit d'O ₂ < 90% DBO5 moyen < 22 mg/l	10% < sensibles + tolérants < 50% très tolérants > 50%	Mauvais
<u>IV : polysaprobie</u>		
excessivement pollué Déficit d'O ₂ > 90% DBO5 moyen < 22 (15) mg/l	sensibles + tolérants ≤ 10% très tolérants ≥ 90%	Mauvais

Tableau 2 : Grille de diagnostic des classes de qualité d'eau à partir des proportions des classes de sensibilités différentielles de diatomées. Conception du tableau modifié d'après ELBER et al. 1991, sur des données de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991 et * HOFMANN 1987. Les indications fournies pour les classes de qualités I, I-II, sont à prendre avec réserve, car le diagnostic de ces classes dépend avant tout de la nature géologique du bassin versant (p ex. : polysaprobie naturelle des eaux riches en matières humiques, végétation spécialisée de milieux salins continentaux, richesse organique naturelle des lacs eutrophes carbonatés). Dès 20% de diatomées très sensibles, avec le reste formé de sensibles dont *Ach. pyrenaicum*, les eaux peuvent être qualifiées de très faiblement β-mésosaprobies de classe (I)-II.

Les variations de niveau saprobique peuvent être interprétées en termes d'augmentation ou de diminution (impact, dilution, autoépuration) de déficit d'oxygène dissous ou de demande biochimique d'oxygène en 5 jours (DBO5).

2.13. Le diagnostic du niveau trophique de l'eau

Le niveau trophique représente la valeur nutritive de l'eau pour les algues et les autres végétaux. En présence de lumière en quantité suffisante, ce niveau est directement proportionnel aux concentrations d'engrais (phosphates, nitrates, potassium, sulfates, etc.). Les diatomées sont plus diversifiées dans les eaux eutrophes, que dans les eaux oligotrophes (seules quelques espèces supportent la pauvreté nutritive) ou que dans les eaux polytrophes à hypertrophes (dont la charge trophique excessive est cause de pollution secondaire et de toxicité associée, supportées que par quelques diatomées résistantes). Cet aspect est aussi inclus dans l'indice DI-CH, de manière intégrée comme pour la saprobie pour des raisons légales. Ici nous proposons également le calcul de cet indice pour mieux saisir les phénomènes biologiques qui ont lieu dans les rivières.

Le diagnostic a été conduit selon la méthode indicelle proposée par SCHMEDTJE *et al.* 1998, qui pour les rivières, est la méthode la plus récente. L'indice trophique est interprété d'après la grille de diagnostic présentée sur le Tableau 3.

Indice trophique de SCHMEDTJE <i>et al.</i> 1998	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Limites des classes	1.0-1.24	1.25-1.74	1.75-2.24	2.25-2.74	2.75-3.24	3.25-3.74	3.75-4.0
Classes d'état selon SCHMEDTJE <i>et al.</i> 1998	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Eu- à Polytrophe	Polytrophe	Poly- à Hypertrophe	Hypertrophe
Pollution trophique	faible	moyenne	notoire	critique	forte	très forte	excessive
Correspondance approximative avec le système modulaire gradué	Très	bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mau-	vais
Taux de P-total [$\mu\text{g/l}$]	<10	10-30	20-150	>150	*	*	*

Tableau 3 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice trophique de SCHMEDTJE *et al.* 1998 basé sur les diatomées.

Dans nos régions, l'élévation du niveau trophique des eaux courantes a deux causes principales. C'est premièrement la résultante de la lixivation des terres agricoles, qui enrichissent en engrais les eaux de percolation. C'est aussi le résultat de la dégradation des matières organiques, qui proviennent des égouts, et qu'une certaine oxygénation de l'eau permet d'oxyder. Donc l'élévation du niveau trophique, dans certains cas révèle une activité essentielle des cours d'eau, c'est-à-dire leur capacité de minéralisation, qui est un aspect de leur pouvoir d'autoépuration. L'autre aspect de l'autoépuration est l'abaissement du niveau trophique, par consommation et/ou adsorption par les terrains riverains.

Avec l'étalonnage classique des classes de qualité trophique des eaux de, des variations d'indice trophique peuvent être interprétées en termes d'augmentation ou d'abaissement de la charge en phosphore total.

2.14. Diatomées et valeur patrimoniale des milieux naturels

Depuis la publication de la liste rouge des diatomées d'Allemagne (LANGE-BERTALOT 1996), dont les données parfois alarmantes sont valables en Europe centrale pour les régions de plaine et de mi-montagne (chez nous pour le Plateau, le Jura et les Préalpes), une estimation de la valeur patrimoniale actuelle des eaux des systèmes aquatiques est possible, *via* ce groupe d'algues (WERUM 1991). Un complément de liste figure dans l'ouvrage de HOFMANN *et al.* 2011. L'auteur de la liste rouge, reconnaît que les régions alpines sortent un peu de ce cadre, car elles n'ont pas été investiguées suffisamment : il

tient à souligner, que dans l'arc alpin bien des espèces en danger sont certainement mieux représentées à l'heure actuelle. L'utilisation de listes rouges est précieuse pour guider les projets de protection et de restauration. Les degrés de raréfaction des taxons sont présentés sur le tableau ci-dessous.

Code	Degré de raréfaction
0	éteint ou disparu
1	menacé d'extinction
2	fortement en péril
3	en péril
G	considéré en péril
R	extrêmement rare
V	en régression
*	actuellement probablement pas menacé
**	certainement pas menacé
D	indications manquent
●	taxon récent qui devrait être présent dans la région

Tableau 4 : Catégories de raréfaction utilisées pour la liste rouge des diatomées de LANGE-BERTALOT 1996. En rouge les catégories de la liste rouge au sens strict. En jaune la catégorie des diatomées en régression. En vert les catégories de taxons encore non menacés. En blanc les taxons pour lesquelles nous manquons d'information, souvent pour cause de confusions taxonomiques.

Pour juger de la valeur patrimoniale des peuplements, nous pouvons exprimer pour chaque catégorie de raréfaction :

- le nombre d'espèces présentes dans chaque milieu ou dans la station à différentes époques;
- l'abondance relative [%] que représente chaque classe dans la composition des communautés.

Les espèces menacées ou en régression, sont typiques de milieux aquatiques non pollués, parfois acides (tourbières), situés souvent en amont des bassins versants. Tous ces milieux ont tendance à disparaître en Europe à cause de l'urbanisation et de l'agriculture intensive. Dans bien des cas les efforts de protection montrent que cette diminution n'est pas inéluctable.

2.15. Utilisation d'échantillons historiques de diatomées

Dans les collections suisses de diatomées, conservées dans les différents Musées d'Histoire naturelle, on trouve des échantillons de diatomées très bien conservés, localisés et datés. Lorsque ces échantillons n'ont pas été triés pour isoler la belle espèce (un examen rapide permet de le mettre en évidence), on peut considérer qu'ils contiennent les communautés d'époque complètes, potentiellement révélatrices des conditions écologiques anciennes. Nous avons montré tout l'intérêt d'appliquer nos techniques modernes d'investigation à ces échantillons historiques et de les comparer à des prélèvements récents effectués

dans les mêmes stations (HÜRLIMANN et al. 2001). Cette approche est très profitable pour reconstituer les variations de niveau trophique, de niveau saprobique et de valeur patrimoniale des milieux aquatiques au cours du temps. Cela permet d'apprécier la stabilité ou les transformations subies par les milieux naturels. Cette possibilité est souvent plus objective que l'utilisation de données d'observation anciennes, car dans bien des cas, les résultats des auteurs anciens (liés au niveau de connaissance d'époque), sont insuffisants ou trop partiels pour en tirer des conclusions écologiques modernes.

3. BIBLIOGRAPHIE

- BAHLS, L. L. - 1993. *Periphyton bioassessment methods for Montana streams*. Water Quality Bureau, Helena, Montana, 132 p.
- BATTEGAZZORE, M., GASTALDI, E., GIORDANO, L., MATTONE, I. & MOLINERI, P. - 2013. Utilisation des diatomées pour l'évaluation des lâchers d'eau d'un système d'installations hydroélectriques d'une vallée alpine : le cas de la rivière Varaita (Région du Piémont, Italie du nord-ouest). In Rimet, F. et al. (eds). *Livre des résumés et programme, 32e Colloque de l'ADLaF*, Thonon 16-20 septembre 2013 : 27-29.
- DENYS L., 1991. A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the western belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. *Service géologique de Belgique, Professional paper* 246 : 1-41.
- DOUGLAS B. 1958. The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.*, 46 : 295-322.
- ELBER F., MARTI K. & NIEDERBERGER K., 1991. Pflanzenökologische und limnologische Untersuchung der Reussdelta-Gebietes (Kanton Uri). *Ver. Geobot. Inst. ETHZ, Stift. Rübel, Zürich*, Heft 105 : 1-272.
- ENGELBERG K., 1987. Die Diatomeen-Zönose in einem Mittelgebirgsbach und die Abgrenzung jahreszeitlicher Aspekte mit Hilfe der Dominanz-Identität. *Arch. Hydrobiol.*, 110 (2), 217-236.
- ESGUERRA, O. C., RIVOGNAC, L., GEORGES, A & HORN, M. 2006. Les formes tératologiques chez les diatomées. 1 Introduction. *Diatomania* 10, 18-38.
- FALASCO, E. BONA, F. BADINO, G. HOFFMANN, L. & ECTOR, L. 2009. Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. *Hydrobiologia* 623, 1-35.
- GALLO, L., BATTEGAZZORE, M., CORAPI, A., DE FILIPPIS, A., MEZZOTERO, A. & LUCADAMO, L. - 2013. Environmental analysis of a regulated Mediterranean stream based on epilithic diatom communities - the Crati River case (southern Italy). *Diatom Research* 28 (2) : 143-156.
- HOFMANN G. 1987. *Diatomeengesellschaften saurer Gewässer des Odenwaldes und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren*. Diplomarbeit an der Universität Frankfurt am Main : 1-264 .
- HOFMANN G. 1994. « Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie ». *Bibliotheca Diatomologica* 30. J. Cramer, Berlin, Stuttgart. 241 p.

- HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT H. 2011. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp.
- HÜRLIMANN J. 1993. *Kieselalgen als Bioindikatoren aquatischer Ökosysteme zur Beurteilung von Umweltbelastungen und Umweltveränderungen*. Dissertation, Universität Zürich 1-118.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2001. « Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Diatomées - niveau R (région) ». A paraître dans : L'Environnement pratique - Information concernant la qualité des eaux. OFEFP, Berne.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p. (<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00077/index.html?lang=fr>)
- HÜRLIMANN J. & STRAUB F., 1991. Morphologische und ökologische charakterisierung von Sippen um den *Fragilaria capucina* - komplex sensu Lange-Bertalot 1980. *Diatom Research* 6 (1) : 21-47.
- HÜRLIMANN J., ELBER F., NIEDERBERGER K., STRAUB F., STÖCKLI A. & NIEDERHAUSER P., 2001. Historische Kieselalgenproben als biologische Referenzen zur Bewertung von Fließgewässern des Schweizer Mittellandes - erste Ergebnisse. *Studies on Diatoms, Lange-Bertalot-Festschrift*, A.R.G. Ganter Verlag K.G., Ruggell, 401-415.
- KOLKWITZ R., 1950. Oekologie der Saprobien. Ueber die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. *Schriftenreihe des Verein für Wasser-, Boden-, und Luftthygiene* 4, Piscator Ver., Berlin-Dahlem : 1-64.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986-1991. « Süßwasserflora von Mitteleuropa ». *Band 2, 1.-4. Teil*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- LANGE-BERTALOT H., 1978. Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 51 : 393-427.
- LANGE-BERTALOT H., 1979a. Pollution tolerance of Diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64 : 285-304.
- LANGE-BERTALOT H., 1979b. Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung, exemplarisch für den unteren Main. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 56 : 184-219.
- LANGE-BERTALOT H., 1993. 85 New Taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süßwasserflora von Mitteleuropa vol. 2. *Bibliotheca diatomologica* 27 : 1-454.
- LANGE-BERTALOT H., (unter Mitarbeit von A. Steindorf) 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 28: 633-677.
- LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984. *Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques*. (2e éd.). Coll. d'écologie 12, Masson, Paris, 260 p.
- LIEBMANN H., 1958. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band 1. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena : 1-640.
- OFEFP, 1998. « Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué ». *Informations concernant la protection des eaux n°26*, 43 p.

- REICHARDT E., 1991. Beiträge zur Diatomeenflora der Altmühl III : Wasserqualität und Diatomeenbesatz. *Arch. Hydrobiol., Alg. Studies* 62 : 107-132.
- RENKONEN O., 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. *Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo* 6/1, 231. Cité par ENGELBERG, K. 1987.
- SCHIEFELE S., 1987. *Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Landshut*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für systematische Botanik an der Ludwig-Maximilians-Universität München : 1-207.
- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationberichte Heft 4/99*, 516 p.
- SLADECEK, V., 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol., Beih.* 7 (1-4) : 1- 218.
- STRAUB F. & JEANNIN P.-Y., 2006. « Efficacité autoépuration de tracés aérien et karstique d'un effluent de station d'épuration (La Ronde, Jura suisse) : valeur indicative des diatomées ». *Symbioses*, n°14, p. 35-41.
- VAN DAM H., MERTENS A. & SINKELDAM J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28 (1) : 117-133.
- WERUM M., 2001. Diatomeen in Quellen hessischer Mittelgebirge: Gefährdung nach Roter Liste in Korrelation zu anthropogenen Eingriffen und Geologie. *Studies on Diatoms, Lange-Bertalot-Festschrift*, A.R.G. Ganter Verlag K.G., Ruggell, 369-381.
- ZELINKA M. & MARVAN P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57, 389-407.

4. ANNEXES

Annexe I : Prélèvements de diatomées : en vue des indications de qualités des eaux, d'application des indices de qualité et d'estimation des densités. Protocole détaillé.

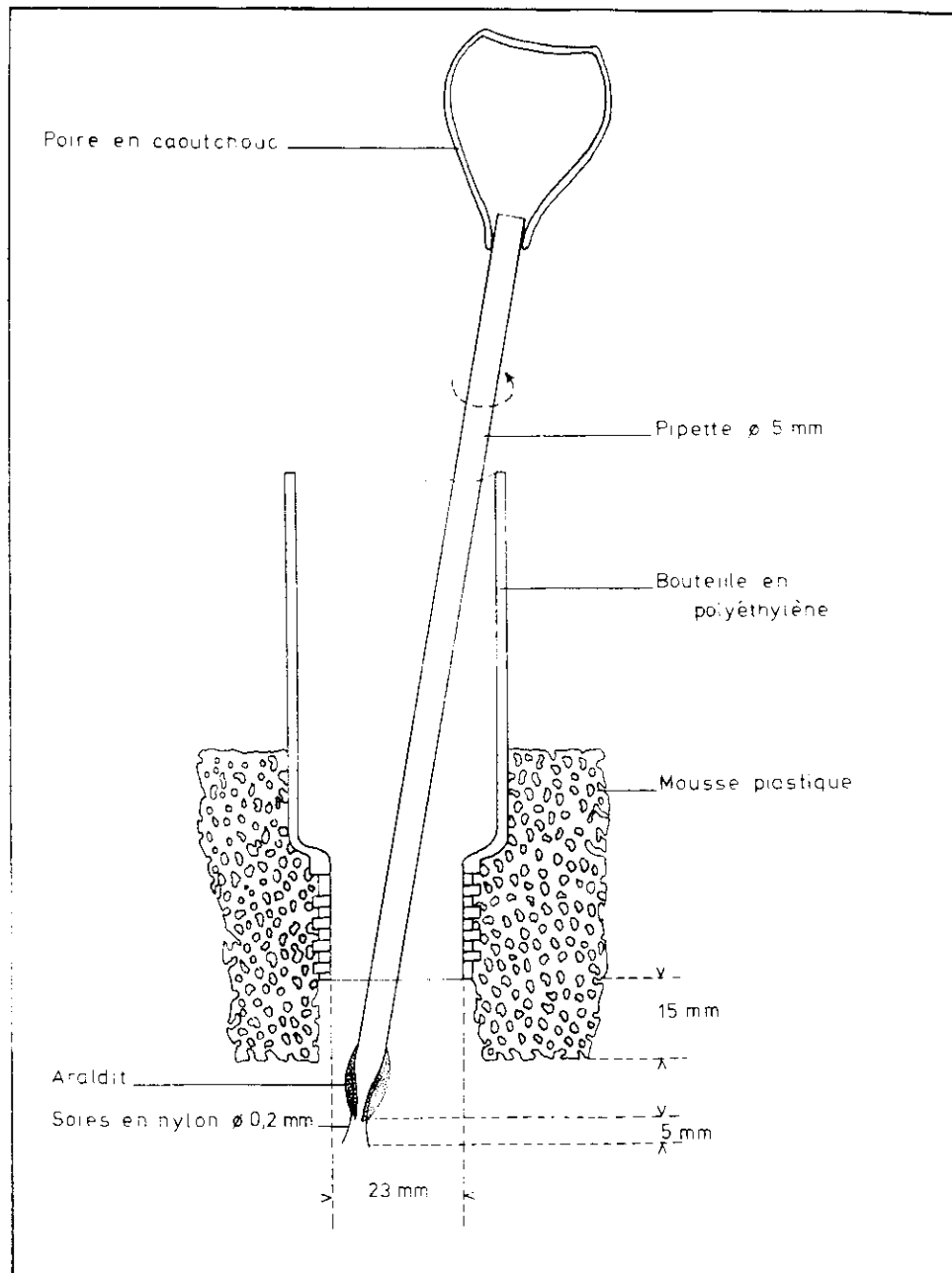
Annexe I

Prélèvements de diatomées : en vue des indications de qualités des eaux, d'application des indices de qualité et d'estimation des densités.

Protocole détaillé

- 1) Choisir au minimum trois pierres le plus plates possibles dans le courant (éviter des courants de moins de 0.2 m/s). Choisir des pierres sans algues filamenteuses. Si c'est impossible, enlever les algues filamenteuses avec des brucelles, avant de prélever sur les pierres.
- 2) Amener les pierres au bord et décrire le périphyton : épaisseur, couleur, présence de concrétions
- 3) Bien rincer l'appareil selon Douglas 1958 et la pipette à brosse avec l'eau du lieu.
- 4) Immerger la première pierre de telle façon que le périphyton soit environ sous 1 cm d'eau.
- 5) Appliquer le col de l'appareil sur la pierre, en tenant l'éponge serrée, pour éviter qu'elle ne donne trop d'eau à l'intérieur.
- 6) Appliquer l'éponge sur la pierre en pressant bien l'appareil de telle façon qu'il ne bouge pas.
- 7) Gratter le périphyton délimité par le col de l'appareil, avec la pipette à brosse.
- 8) Aspirer la suspension et la recueillir dans une bouteille pour prélèvements
- 9) Continuer à gratter et aspirer jusqu'à ce que tout le périphyton soit enlevé.
- 10) Répéter cela sur la seconde pierre. Déverser le périphyton dans la même bouteille.
- 11) Répéter cela sur la troisième pierre. Déverser le périphyton dans la même bouteille.
- 12) Au besoin répéter cela avec une 4^e ou une 5^e pierre. Cet échantillon est utilisé pour l'analyse des diatomées qui débouche sur les calculs d'indice comme le DI-CH
- 13) Prélever enfin une surface de périphyton sur une des pierres et mettre le contenu dans une autre bouteille de prélèvement, dans laquelle on peut aussi recueillir des échantillons des algues filamenteuses qui poussent dans la station (échantillon à but qualitatif, conservé à l'état brut, pour l'étude des autres algues également)-
- 14) Fixer les deux bouteilles de prélèvement au formol à 30%, de telle façon que la concentration finale soit de 3%.
- 15) A l'endroit, où les pierres ont été prélevées faire trois mesures de la vitesse de l'eau, soit au moulinet, soit au bouchon dérivant attaché à une ligne de 2 mètres.
- 16) Envoyer les échantillons par poste en précisant combien de surfaces de prélèvements ont été grattées.
- 17) De retour au bureau, bien laver l'éponge au savon, brosser l'intérieur de la pipette avec une brosse de faible diamètre et laisser sécher.

Plan de l'appareil selon Douglas 1958 composé d'une bouteille à fond ouvert entouré d'une éponge d'étanchéité, une pipette à brosse et une tétine en caoutchouc



Références :

DOUGLAS, B. - 1958. The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *Journal of Ecology* 46 : 295-322.

STRAUB, F. - 1989. *Application de l'écologie des diatomées littorales de lacs carbonatés à la reconstitution des environnements préhistoriques d'un site archéologique : Hauterive-Champréveyres (lac de Neuchâtel)*. Thèse, Université de Neuchâtel, 286 pp.

ANNEXE 3 :

**TABLEAU DES RÉSULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES EFFECTUÉES
SUR LE BASSIN VERSANT DE LA PRINTSE EN 2015-2016 ; PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DE LA
QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX**



Département des transports, de l'équipement et de l'environnement
Service de la protection de l'environnement

Rivière	Lieu - Station	Code	Altitude m	Date	ANALYSES IN SITU						ANALYSES EN LABORATOIRE											BACTERIOLOGIE		
					Débit l/s	temp. °C	Cond. µS/cm	pH	O2 mg/l	O2 %	Cond. Labo µS/cm	pH	MES mg/L	COT mg/L C	CI mg/L	COD mg/L C	Ptot mg/L P	PO4 mg/L P	NH4 mg/L N	NO2 mg/L N	NO3 mg/L N	Germes aérob. méso n/ml	Esch. Coli n/100 ml	Entéro- coques n/100 ml
Printse	Amont lac Cleuson	PRI 14.4	2'316	03.11.15	137	2.7	123.1	8.35	10.2	98.8	103	7.8	3.9	0.08	7.8	0.03	0.012	0.008	0.026	0.002	0.11	60	3	1
Printse	Siviez amont installations	PRI 09.8	1'760	03.11.15	154	5.3	267	8.07	10.15	98	235	7.9	0.0	0.24	1.9	0.18	0.004	0.000	0.026	0.002	0.11	60	1	14
Printse	Planchouet aval Bisse Vieux	PRI 08.2	1'521	03.11.15	220	4.4	248	8.2	10.76	98.2	236	8.0	0.0	0.22	2.7	0.20	0.007	0.002	0.015	0.002	0.13	70	9	6
Printse	Plan désert, aval captages bisses	PRI 05.9	1'230	03.11.15	243	6.1	264	9.3	10.74	98.8	251	8.1	0.0	0.33	4.0	0.29	0.024	0.015	0.020	0.002	0.15	150	20	4
Printse	Amont DO, Brignon	PRI 02.65	775	03.11.15	315	6.2	397	8.72	11.27	98.5	384	8.2	15.5	0.42	6.9	0.39	0.016	0.013	0.020	0.002	0.38	360	50	46
Printse	Aval DO, Brignon	PRI 02.6	770	03.11.15	325	6.3	407	8.74	11.2	98.1	393	8.2	0.0	1.36	7.9	1.31	0.008	0.006	0.034	0.003	0.39	320	73	28
Printse	Amont Aproz	PRI 00.8	490	03.11.15	306	8.3	506	8.68	11.12	99.5	497	8.2	0.0	0.41	11.1	0.32	0.011	0.008	0.027	0.003	0.50	320	119	24
Printse	Amont lac Cleuson				-	-	-	-	-	-														
Printse	Siviez amont installations	PRI 09.8	1'760	15.03.16	82	2.1	334	8.3	10.8	94.5	309	8.0	1.5	0.9	0.0	0.6	0.004	0.003	0.005	0.000	0.17	90	0	1
Printse	Planchouet aval Bisse Vieux	PRI 08.2	1'521	14.03.16	124	2.9	333	8.5	10.8	96.3	309	8.0	1.4	1.0	5.6	0.8	0.012	0.007	0.113	0.001	0.22	750	870	910
Printse	Plan désert, aval captages bisses	PRI 05.9	1'230	15.03.16	193	0.2	320	8.9	12.3	97.8	293	8.2	0.0	0.9	5.1	0.8	0.004	0.003	0.003	0.000	0.32	150	9	150
Printse	Amont DO, Brignon	PRI 02.65	775	14.03.16	250	4.2	463	8.6	11.8	99.1	456	8.3	10.0	1.1	14.7	0.9	0.007	0.003	0.005	0.000	0.60	550	130	40
Printse	Aval DO, Brignon	PRI 02.6	770	14.03.16	365	4.2	469	8.6	11.7	97.9	430	8.2	1.7	1.1	15.4	1.0	0.006	0.004	0.006	0.001	0.67	730	220	66
Printse	Amont Aproz	PRI 00.8	490	15.03.16	327	4.4	629	8.5	12.3	100.6	615	8.3	1.8	1.2	29.3	1.1	0.008	0.003	0.006	0.001	1.09	700	310	46
Printse	Amont lac Cleuson	PRI 14.4	2'316	16.08.16	949	7.3	73	7.6			82	7.8	11.6	0.50	0.9	0.30	0.017	0.004	0.001	0.000	0.03	70	13	2
Printse	Siviez amont	PRI 09.8	1'760	16.08.16	447	8.2	184	7.5			179	8.0	0.0	0.80	0.0	0.40	0.006	0.004	0.001	0.000	0.06	220	6	1
Printse	Planchouet	PRI 08.2	1'521	16.08.16	292	9.0	196	7.8			194	8.1	0.0	1.00	0.0	0.50	0.018	0.005	0.003	0.000	0.07	320	18	79
Printse	Plan Désert	PRI 05.9	1'230	16.08.16	342	10.0	223	7.6			348	8.2	0.0	0.90	44.6	0.50	0.011	0.004	0.001	0.000	0.18	310	30	18
Printse	Amont DO, Brignon	PRI 02.65	775	16.08.16	~ 400	12.4	379	7.7																
Printse	Aval DO, Brignon*	PRI 02.6	770	16.08.16	414	12.4	379	7.7			360	8.3	15.0	1.10	6.8	0.60	0.036	0.007	0.001	0.000	0.44	850	620	185
Printse	Amont Aproz	PRI 00.8	490	16.08.16	364	13.7	441	7.8			549	7.8	1.4	1.00	9.1	0.60	0.020	0.012	0.014	0.000	0.52	790	410	135

* détournement de 5-10 l/s turbinées plus en aval par micro-centrale

T < 10°C CI = 10-20 mg/l

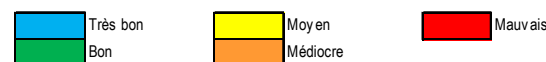


Tableau 1 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Printse en 2015-2016.

3. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX

3.1. Résultats

Les résultats physico-chimiques et bactériologiques bruts figurent dans le Tableau 1. La représentation cartographique (cf. Figure dans rapport principal) indique, pour chaque station, la qualité des eaux à l'aide des quatre paramètres retenus (DOC, NH₄, PO₄ et Ptot), ainsi que les résultats bactériologiques pour *E. coli* en novembre 2015, mars et août 2016.

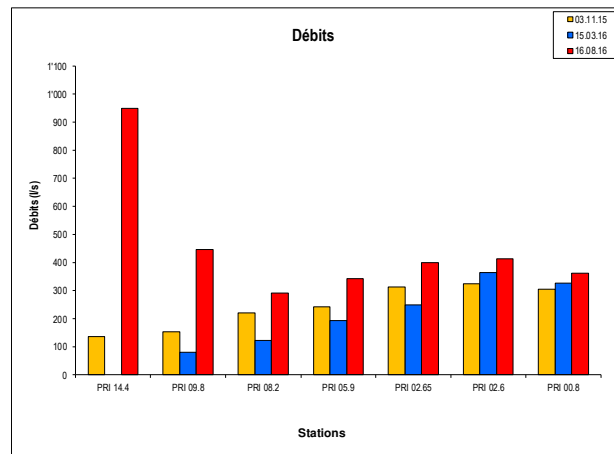
3.2. Interprétation

3.2.1. Débits

Les résultats des mesures de débit sont présentés dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Les débits des stations varient considérablement durant l'année, particulièrement en août pour les stations de l'amont ainsi que DAL-all 00.3, la station la plus en aval ; alors que les plus grandes variations se situent en octobre pour les stations en aval. Les débits de mars sont plus faibles qu'en août et en octobre, et cette tendance est accentuée pour les stations en amont. Les débits maximaux sont ceux mesurés en août pour les 3 stations en amont (DAL 09.4, 06.9 et 06.4), alors que les stations situées plus en amont ont obtenu des débits plus élevés en octobre (DAL 06.1, 02.5 et 00.3), à l'exception de la station DAL-all 00.3. Les débits ont tendance à augmenter d'amont en aval (apport des affluents), cas extrême en août pour la station DAL-all 00.3, en août.

Tableau 2 : Débits mesurés sur le bassin versant de la Printse en 2015 et 2016. La valeur en rouge correspond à une estimation déduite de la valeur mesurée sur PRI 02.6.

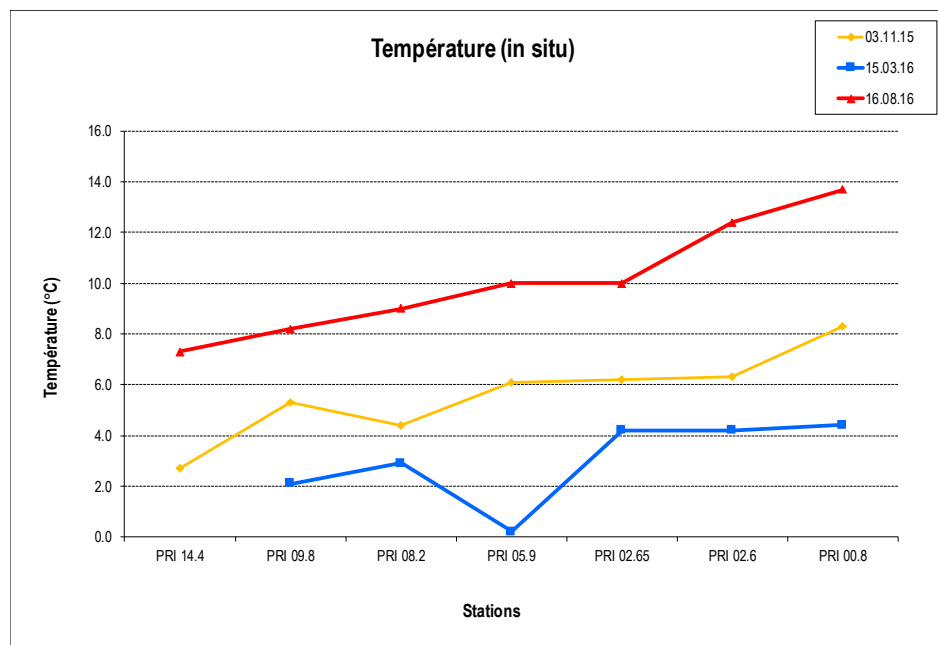
Débit l/s							
Stations	PRI 14.4	PRI 09.8	PRI 08.2	PRI 05.9	PRI 02.65	PRI 02.6	PRI 00.8
Période							
Novembre 2015	137	154	220	243	315	325	306
Mars 2016		82	124	193	350	365	327
Août 2016	949	447	292	342	400	414	364



Graphique 1 : Débits mesurés sur le bassin versant de la Printse de novembre 2015 à août 2016.

3.2.2. Température

Les températures de l'eau les plus élevées ont été mesurées en août (entre 7.3°C et 13.7°C), puis sont plus fraîches en novembre (entre 2.7°C et 8.3°C) et sont les moins hautes en mars (entre 0.2°C et 4.4°C), en lien avec les températures extérieures qui influencent directement celles de l'eau. De manière générale, la tendance est au réchauffement d'amont en aval (cf. Graphique 2), conformément au gradient d'altitude.



Graphique 2 : Températures mesurées in situ sur le bassin versant de la Printse en novembre 2015, mars 2016 et août 2016.

3.2.3. pH

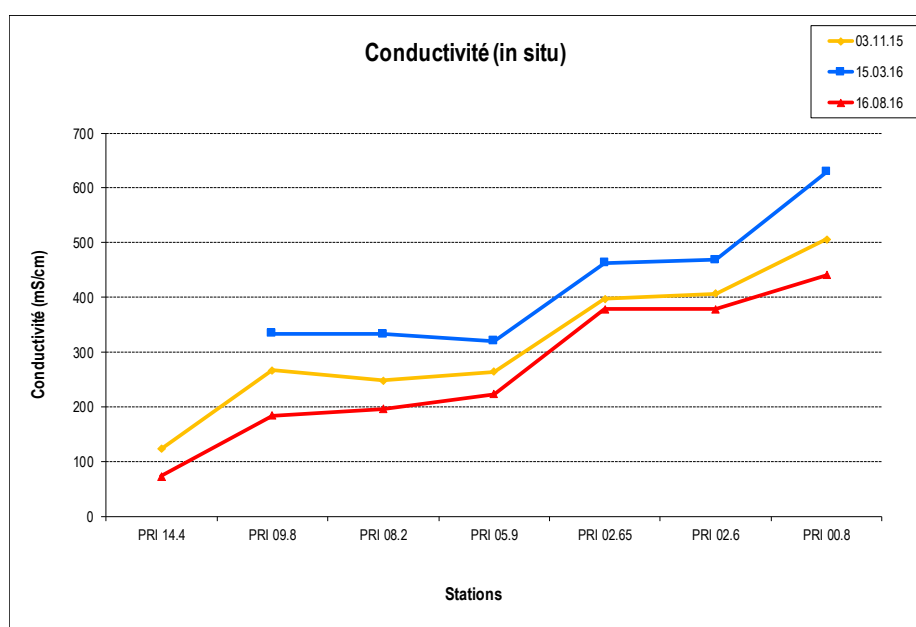
Les mesures réalisées en laboratoire indiquent un pH qui fluctue entre 7.8 et 8.3, indiquant

des eaux légèrement alcalines. Il n'existe pas de différence significative entre les trois campagnes.

3.2.4. Conductivité

La conductivité dépend de la composition chimique des eaux. En tête de réseau hydrographique, elle résulte de la nature géologique du bassin versant et des apports d'eau (ruissellement des eaux de pluie, fonte des neiges et des glaciers). En règle générale, elle augmente progressivement d'amont en l'aval.

Les mesures *in situ*, présentées sur le Graphique 3, montrent que la conductivité augmente d'amont en aval de manière similaire pour les 3 campagnes, avec des valeurs plus hautes en mars et plus basse en août. La plus faible conductivité en août s'explique par la fonte des neiges, qui apporte une eau très faiblement minéralisée dans la Printse. Les eaux sont peu minéralisées (< 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en amont du barrage, moyennement minéralisées en aval.



Graphique 3 : Conductivités mesurées *in situ* sur le bassin versant de la Printse en 2015 et 2016.

3.2.5. Matières en suspension (MES)

Les concentrations en MES (cf.

Tableau 3) sont toujours très faibles (<10 mg/l), mis à part une très légère augmentation sur les stations PRI 14.4 (11.6 mg/l en août 2016), PRI 02.65 (15.5 mg/l en novembre 2015) et

PRI 03.6 (15 mg/l en août 2016).

Tableau 3 : Taux de MES mesurés sur le bassin versant de la Prinste en 2015 et 2016.

MES mg/l							
Stations Période	PRI 14.4	PRI 09.8	PRI 08.2	PRI 05.9	PRI 02.65	PRI 03.6	PRI 00.8
Novembre 2015	3.9	0	0	0	15.5	0	0
Mars 2016	-	1.5	1.4	0	10	1.7	1.8
Août 2016	11.6	0	0	0	-	15	1.4

3.2.6. Matière organique (DOC, TOC)

DOC ou COD (Carbone Organique Dissous) Les valeurs ne dépassent pas 1.5 mg/l, ce qui correspond à des eaux faiblement chargées en matière organique. La qualité de l'eau, qui satisfait aux exigences légales, est toujours considérée comme très bonne. Une légère augmentation est visible d'amont en aval, en particulier sur la station PRI 02.6 (1.31 mg/l) en novembre 2015 qui pourrait être lié aux apports provenant du DO juste en amont.

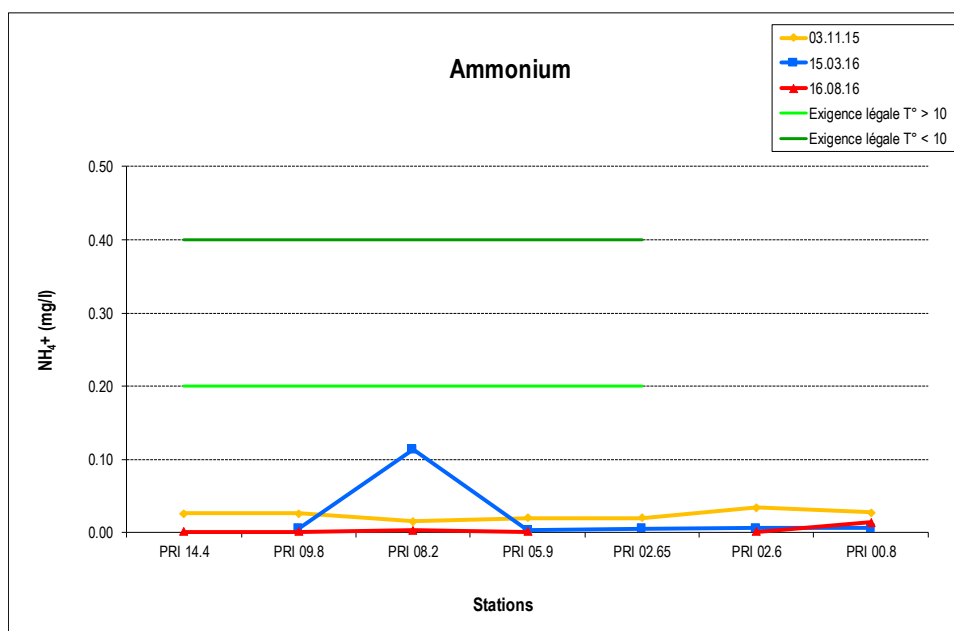
TOC ou COT (Carbone Organique Total) Les valeurs de TOC sont quasi identiques à celles du DOC, très légèrement supérieures, mais toujours <1.5 mg/l, soit une **très bonne** qualité également. La même légère augmentation s'observe pour PRI 02.6 en novembre.

3.2.7. Formes azotées (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻)

NH₄⁺ (ammonium) Pour les trois campagnes, la qualité de l'eau (T° < 10°C) est considérée comme très bonne pour quasi toutes les stations.

Seule la station PRI 08.2 (Planchouet) en mars montre une bonne qualité, avec une petite élévation de la concentration (rejet, apport agricole ?).

Les concentrations en NH₄⁺ sont légèrement plus élevées en novembre.



Graphique 4 : Concentrations en ions ammonium mesurées sur le bassin versant de la Printse en 2015 et 2016 avec exigences légales en fonction de la température de l'eau.

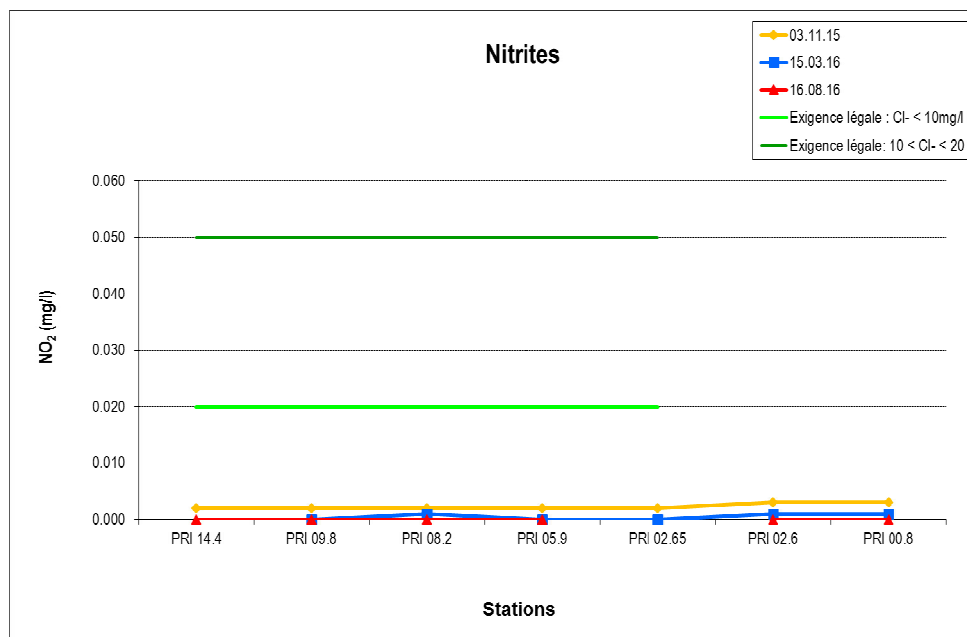
NO₂⁻ (nitrites) Les nitrites sont la forme intermédiaire de l'oxydation des NH₄⁺.

L'EAWAG (1991) détermine pour les eaux courantes des valeurs limites de nitrites en tenant compte de la concentration en chlorures (Cl⁻), car la toxicité des nitrites diminue en leur présence. Le module chimie (LIECHTI 2010) propose donc d'adapter les classes de qualité en fonction de la teneur en chlorures :

- pour Cl⁻ < 10 mg/l, classement décalé d'une classe vers le haut (moins bonne qualité, car toxicité un peu plus élevée) ;
- pour Cl⁻ entre 10-20 mg/l ou Cl⁻ non connu, application des classes telles que proposées ;
- pour Cl⁻ > 20 mg/l, classement décalé d'une classe vers le bas (meilleure qualité, toxicité plus faible en présence de Cl⁻).

Pour toutes les stations et les campagnes, la seconde règle a été appliquée, les concentrations en Cl⁻ fluctuant entre moins de 4 mg/l et plus de 40 mg/l, sans pouvoir trouver d'explications probantes. Ainsi, il est proposé d'appliquer la règle « Cl⁻ non connu ».

Pour les 3 campagnes, la qualité de l'eau satisfait aux exigences légales ; elle est toujours considérée comme **très bonne**. Les concentrations en NO₂⁻ sont très légèrement plus élevées en novembre.



Graphique 5 : Concentrations en nitrites mesurées sur le bassin versant de la Printse en 2015 et 2016 avec exigences légales en fonction de la concentration en Cl⁻.

NO₃⁻ (nitrates) Les nitrates sont la forme finale de l'oxydation de l'ammoniac. La qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre est systématiquement **très bonne** pour toutes les campagnes (concentration comprise entre 0.03 et 1.09 mgN/l).

Les concentrations en NO₃⁻ sont légèrement plus élevées en mars qu'en août et novembre. Une tendance à un léger enrichissement s'observe d'amont en aval.

Bilan azoté Les différentes formes d'azote cumulées montrent une charge très faible sur l'ensemble du bassin versant.

3.2.8. Phosphore (PO₄³⁻, P_{tot})

PO₄³⁻ (orthophosphates) Les concentrations en orthophosphates (phosphore d'origine anthropique, directement assimilable par les plantes) sont extrêmement faibles et satisfont donc aux exigences légales. La qualité de l'eau est considérée comme **très bonne**.

P_{tot} (phosphore total) Les concentrations en phosphore total sont également très faibles et la qualité de l'eau est aussi considérée comme **très bonne** pour toutes les stations, avec des concentrations toujours inférieures aux objectifs de qualité des eaux (0.07 mgP/l).

3.2.9. Bactériologie

Germes totaux Pour les 3 campagnes, toutes les stations sont classées en **bonne** ou **très bonne** qualité. Une tendance à l'augmentation de leur concentration s'observe d'amont en aval. Le nombre de germes est globalement plus élevé en août (activité touristique, agro-pastorale et agricole).

Escherichia coli (bactéries indicatrices d'une contamination fécale récente) La plupart des stations sont classées en **bonne** ou **très bonne** qualité lors des 3 campagnes, à l'exception de PRI 08.2 en mars 2016, ainsi que PRI 02.6 et PRI 00.8 en mars et août 2016 qui montrent une **qualité moyenne**.

Les activités humaines en sont à l'origine : zone touristique en amont de Planchouet (Siviez) et impact du déversoir d'orage (DO) en mars et août. Globalement, le nombre de germes est plus élevé en août.

Le nombre de germes augmente d'amont en aval à partir de la station PRI 05.9.

Entérocoques Pour les 3 campagnes, toutes les stations sont classées en **bonne** ou **très bonne** qualité, exceptée la station PRI 08.2 (Planchouet) en mars 2016. Le nombre de germes est souvent plus élevé en août qu'en mars et novembre. Aucune tendance d'amont en aval n'est clairement mise en évidence.

Tableau 4 : Bactériologie obtenue sur le bassin de la Prinste en novembre 2015, mars 2016 et août 2016.

Germes	Germes totaux /ml			Escherichia coli /100 ml			Entérocoque /100 ml		
	Mois	Nov.	Mars	Août	Nov.	Mars	Août	Nov.	Mars
PRI 14.4	60	-	70	3	-	13	1	-	2
PRI 09.8	60	90	220	1	0	6	14	1	1
PRI 08.2	70	750	320	9	870	18	6	910	79
PRI 05.9	150	150	310	20	9	30	4	150	18
PRI 02.65	360	550	-	50	130	-	46	40	-
PRI 02.6	320	730	850	73	220	620	28	66	185
PRI 00.8	320	700	790	119	310	410	24	46	135

Légende  Très bon
Médiocre Bon
Mauvais Moyenne

Bilan global Les trois types d'analyses bactériologiques montrent une qualité des eaux **bonne** à **très bonne** sur la plupart des 4 stations amont, alors qu'elle est **moyenne** à **bonne** sur les 3 stations aval (Tableau 4). La station PRI 08.2 en mars se démarque néanmoins des autres stations amont, avec un nombre de bactéries plus élevées. En aval, les contaminations observées proviennent du déversoir d'orage (DO).

ANNEXE 4 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES SUR LE PEUPEMENT DE
DIATOMÉES EFFECTUÉES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA PRINTSE EN 2015-2016 ;
TABLEAU DES RÉSULTATS BRUTS**

4. ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

4.1. Résultats bruts

Les résultats bruts de l'analyse des communautés de diatomées prélevées dans la Printse, se trouvent dans le tableau annexé (fichier électronique). Dans la colonne B de ce tableau figurent les espèces et variétés de diatomées classées en fonction de leur résistance saprobique (colonne C). Dans les colonnes D à I apparaissent respectivement les valeurs indicatrices et les valeurs de pondération des indices DI-CH2002, DI-CH2006 et trophique selon SCHMEDTJE & al. 1998. Les valeurs de l'ancien indice DI-CH2002 sont données pour faciliter la comparaison avec les premières études des diatomées des rivières valaisannes. La colonne J signale la présence de formes monstrueuses de diatomées (tératologie). Dans les colonnes K à U pour chaque espèce, figurent les données de la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996, HOFMANN et al. 2011). Ces indications servent à juger de la valeur patrimoniale des peuplements de diatomées. Dans les colonnes suivantes, on trouve les fréquences relatives des diatomées formant les communautés à chaque station pour les deux campagnes annuelles de prélèvement. Au bas des colonnes se trouvent les sommes des catégories d'espèces et les valeurs des différents indices qui servent aux diagnostics de qualité de l'eau.

4.2. Etat des communautés de diatomées

4.2.1. Présentation des résultats quantitatifs

Les résultats quantitatifs (densité, fragmentation, taux de formes tératologiques, indices quantifiés) sont présentés en fonction des distances des points de prélèvements par rapport à l'embouchure de la Printse dans le Rhône.

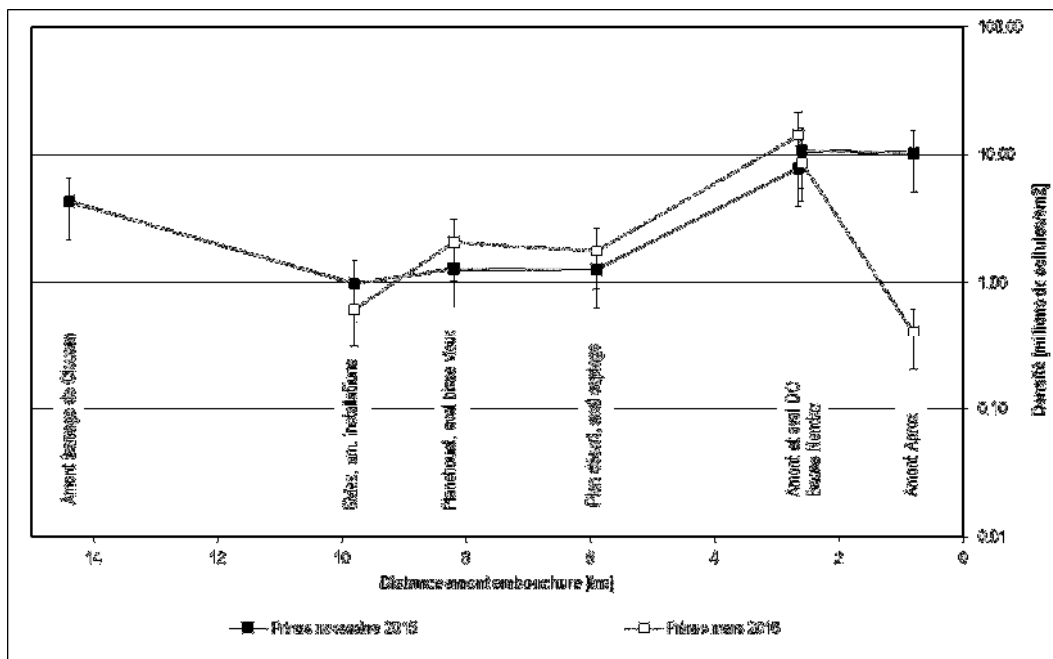
4.2.2. Densité des peuplements et biomasse

Les densités de diatomées épilithiques vivant dans le courant sont distribuées d'amont en aval de la Printse sur le Graphique 1 (attention, l'échelle des densités est logarithmique !).

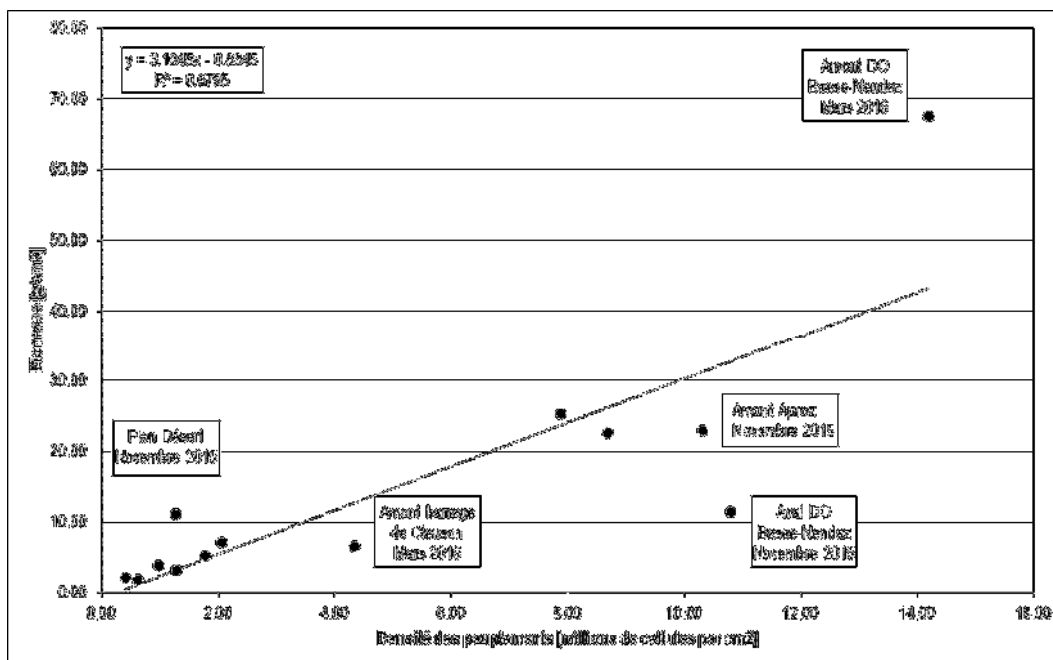
En novembre, une nette diminution de la densité est observée à l'aval du barrage de Cleuson. Depuis là vers l'aval, la densité augmente régulièrement pour atteindre les 10^7 cellules par cm^2 en amont d'Aproz. Ce type de progression est habituel dans plusieurs rivières latérales du Rhône.

En mars, le long du cours amont, la densité suit exactement la même progression. Par contre en amont d'Aproz le peuplement est fortement réduit à 0.41 millions de cellules par cm^2 . Les densités de plus d'un million cellules par cm^2 (voire 10 millions) sont habituelles dans les rivières peu soumises aux restitutions hydroélectriques

La biomasse est directement corrélée à la densité des peuplements (fonction linéaire qui explique le 82.4% de la variance entre les deux grandeurs) comme on peut le voir sur le Graphique 2.



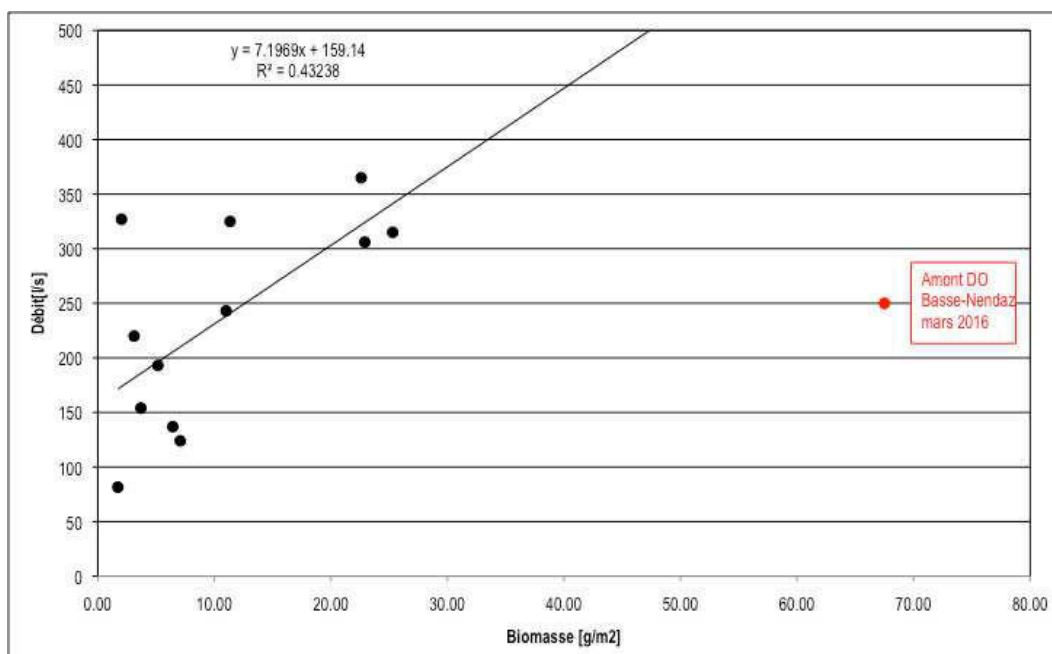
Graphique 1 : Répartition des densités de diatomées épilithiques d'amont à l'aval de la Printse. Valeurs automnales en traits pleins, valeurs hivernales en pointillés.



Graphique 2 : Distribution des valeurs calculées de biomasses en fonction des densités des peuplements de diatomées.

A « Plan Désert » en novembre 2015 et à « Amont DO Basse-Nendaz » en mars 2016, les valeurs de biomasses sont plus élevées proportionnellement et sortent de la distribution. Cela provient du fait que les peuplements à ces endroits sont formés en bonne partie par des diatomées plus grosses qu'aux autres stations : à Plan Désert il s'agit de *Diatoma ehrenbergii* et *Fragilaria arcus*, à Amont DO Basse-Nendaz il s'agit de formes de *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*. Cela indique que les perturbations hydrauliques ont été moins fortes à ces endroits par rapport aux autres stations (dans lesquelles, les petites diatomées pionnières de classe de taille 1 dominant). Dans les trois stations figurant en dessous de la fonction de régression, les communautés livrent par contre des biomasses proportionnellement plus faibles qu'en moyenne. Dans ces cas, les petites diatomées pionnières du genre *Achnantheidium* sont particulièrement bien représentées, lesquelles montrent que des perturbations hydrauliques réduisaient le développement des algues. Cependant, le peuplement très réduit d'Amont Aproz en mars n'est pas spécialement dominé par les diatomées pionnières, mais comportent de fortes proportions de diatomées plus grosses bien implantées (échantillonnage partiel possible car répartition en mosaïque).

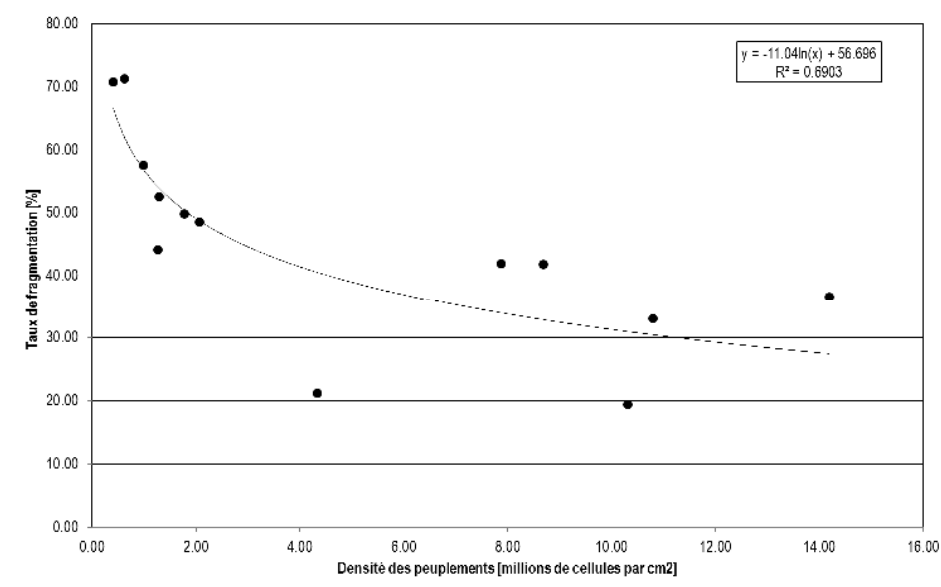
La densité et la biomasse ne sont pas dépendantes de la vitesse de l'eau. La biomasse par contre est dépendante du débit (Graphique 3) selon une fonction exponentielle qui explique le 65.7% des variables (la densité dépend de la vitesse de l'eau dans le même sens mais avec une corrélation de seulement 54%). Dans les stations à faible débit, les valeurs s'écartent plus de la fonction, car à ces endroits le peuplement de diatomées est moins homogène (mosaïques), et lors des prélèvements, l'échantillonnage est probablement plus aléatoire. Mais globalement on peut penser que dans la Printse, le manque d'eau à certains endroits provoque une limitation du développement du périphyton sur les galets. À Amont DO Basse-Nendaz en mars 2016, la valeur de biomasse en étant nettement plus élevée sort de la fonction car le peuplement est partiellement dominé par de grosses diatomées.



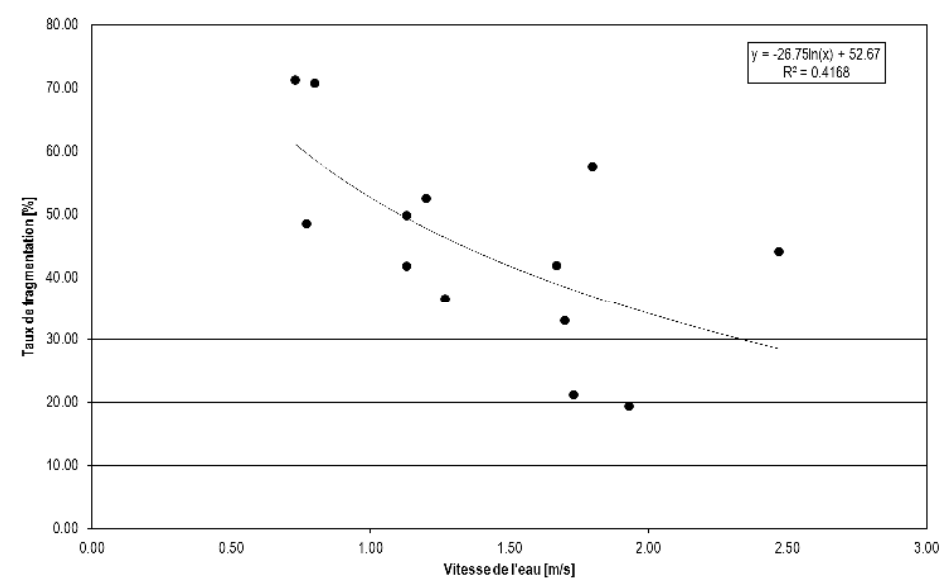
Graphique 3 : Distribution des valeurs de biomasse en fonction du débit. La biomasse trouvée à Amont DO Basse-Nendaz en mars 2016 sort de la distribution : la biomasse de la communauté de diatomées à cette station était très élevée sans rapport au débit mesuré.

4.2.3. Fragmentation

L'état des diatomées est globalement bon, avec des taux de fragmentation en moyenne <50%. Dans les deux communautés les moins denses (Siviez et amont Aproz en mars) des taux de plus de 70% ont été trouvés. Globalement, ces taux de fragmentation sont inversement proportionnels à la densité des peuplements selon une fonction logarithmique qui explique le 81.3% de la variance (Graphique 4). Cela montre que les faibles densités sont liées à de la mortalité, ce qui est en général le cas dans les rivières alpines. La relation entre les biomasses et les taux de fragmentation va dans le même sens mais avec une corrélation moindre (70% de corrélation).



Graphique 4 : Distribution de la densité des peuplements de diatomées en fonction des taux de fragmentation.



Graphique 5 : Relation entre les taux de fragmentation et les vitesses des eaux. Une fonction logarithmique montre que les taux de fragmentation baissent en fonction de l'augmentation de la vitesse.

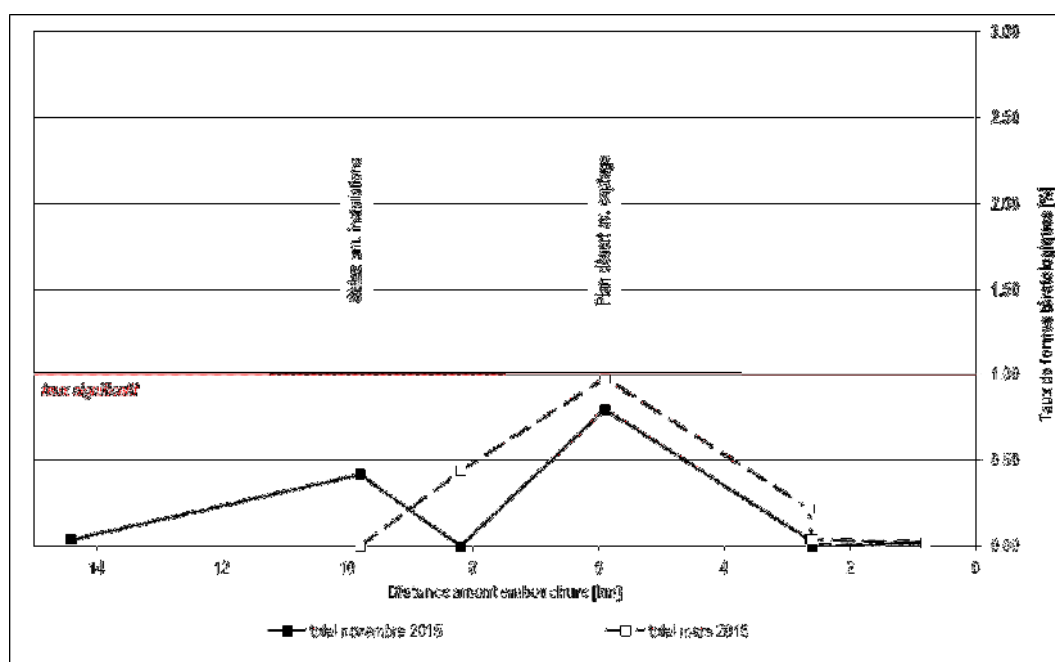
Par contre les taux de fragmentation baissent avec l'augmentation de la vitesse des eaux. Cela est contraire à ce qu'on observe habituellement dans les rivières latérales du Rhône.

En résumé, à faible débit et faible vitesse des eaux, dans la Printse les peuplements sont en partie limités ou en tous cas en moins bon état qu'à débit plus élevé, ce qui est contraire à plusieurs observations réalisées dans d'autres rivières et dans le Rhône (mais pour des gammes de débits bien plus élevées).

4.2.4. Tératologie

La répartition des formes monstrueuses est donnée sur le Graphique 6. Les taux observés sont plus bas que le 1.0% significatif accepté actuellement par la communauté scientifique. Contrairement à bien d'autres rivières valaisannes, bien qu'il soit bien représenté, le genre pionnier *Achnanthydium* n'est que très peu affecté par des malformations.

Par contre, de Siviez à Aproz, l'essentiel des déformations touche l'espèce très sensible *Fragilaria arcus* en particulier à Plan Désert. Cette espèce coloniale présente souvent des malformations dont la cause est probablement la promiscuité à l'intérieur des colonies. Cependant, la permanence de ces formes tératologiques à Plan Désert, alors qu'ailleurs les cellules de cette espèce sont pour la plupart bien formées, suggère tout de même qu'une perturbation environnementale hypothétique affecte son développement.



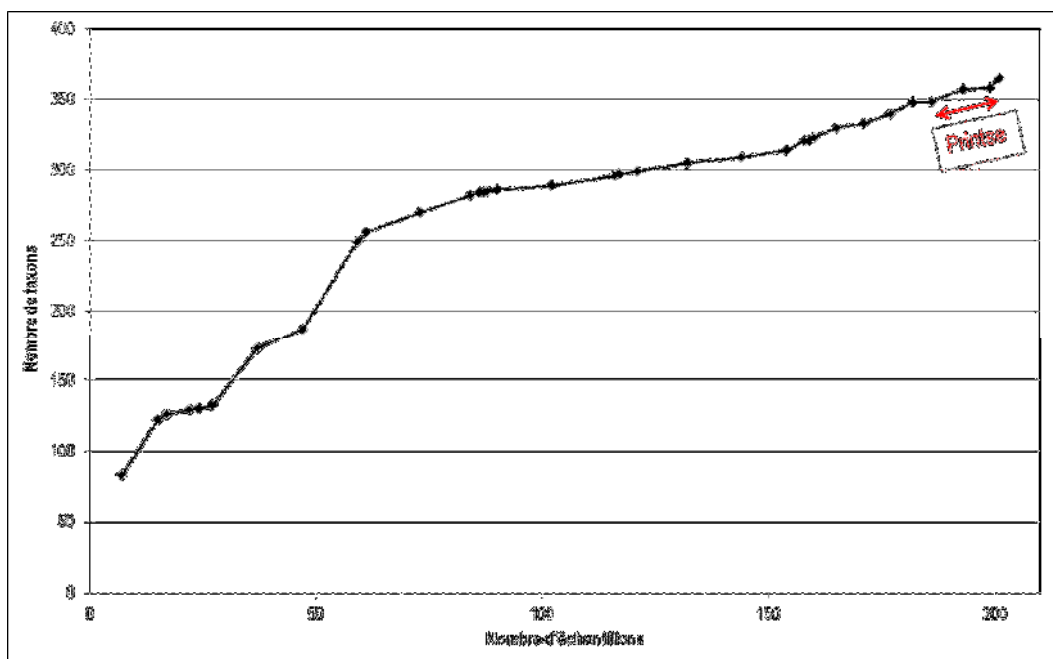
Graphique 6 : Répartition des taux de formes tératologiques le long de La Printse. Les taux sont en dessous de la limite significative de perturbations toxiques. A plan désert cependant, la permanence de formes tératologiques est peut-être significative d'une nuisance difficile à définir.

4.2.5. Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore

La progression des découvertes floristiques dans les rivières valaisannes, réalisées par PhycoEco, figure sur le Graphique 7.

Dans les 13 échantillons prélevés, 119 taxons de diatomées ont été trouvés, un nombre en moyenne un peu plus faible que celui observés dans d'autres rivières latérales du Rhône. Ce nombre ne représente que le 32.6% de la flore rhéophile valaisanne répertoriée actuellement dans la banque de données de PhycoEco (en tout 365 taxons pour 201 échantillons du Rhône et de 15 rivières latérales). Avec ces nouvelles campagnes de prélèvements, 10 taxons nouveaux pour la flore des rivières valaisannes ont été recensés.

En amont, la base floristique est de même nature que celles relevées dans les autres vallées latérales du Rhône, c'est à dire une flore alpine formée principalement par des taxons très sensibles et sensibles. En amont, comme dans les autres rivières alpines et ici malgré l'absence de restitutions hydroélectriques, une bonne part des communautés est formée par des espèces pionnières du genre *Achnantheidium*. Par contre vers l'aval, les communautés ont tendance à être plus stables avec des espèces bien implantées principalement des genres *Cymbella*, *Diatoma*, *Encyonema*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, sauf lorsque des perturbations hydrologiques ponctuelles ont lieu.

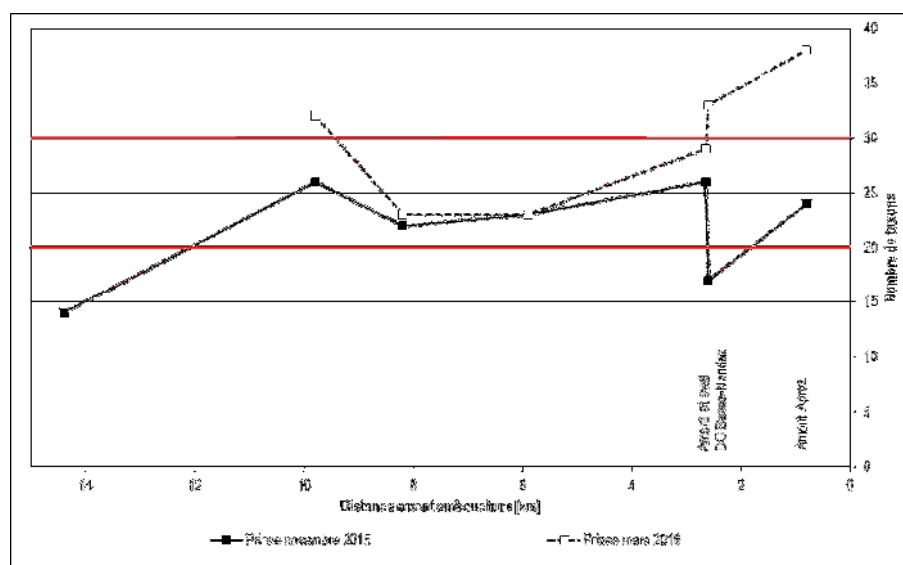


Graphique 7 : Progression des mentions floristiques de diatomées en rivières valaisannes, au cours des études menées par PhycoEco.

La particularité principale de la flore est l'implantation massive de la diatomée invasive *Didymosphenia geminata* (voir le chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sur les algues macroscopiques).

La flore dominante (obtenue après dénombrement de 500 individus) est répartie pour

chaque station d'amont en aval sur le Graphique 8.



Graphique 8 : Distribution de la flore dominante des diatomées d'amont en aval de la Printse. En rouge, intervalle moyen du nombre de taxons trouvé dans la majorité des stations situées sur les rivières suisses (en général eutrophisées mais en bon état) et qui y forme le 99 % des peuplements. Valeurs automnales en trait plein, valeurs hivernales en pointillé.

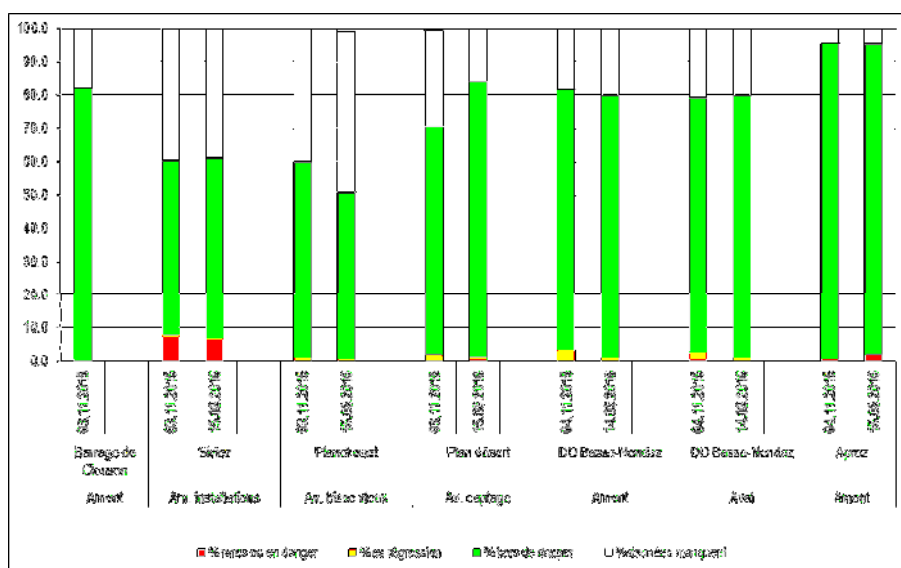
Globalement la richesse floristique se situe dans l'intervalle moyen de 20 à 30 taxa que l'on trouve dans les rivières suisses. La flore est en moyenne plus diversifiée en mars qu'en automne. Si la biodiversité floristique est stable de Planchouet à l'amont du DO de Basse-Nendaz, en mars, dans les deux stations aval la flore est nettement plus diversifiée. Cette diversification correspond à une limitation du développement des diatomées, surtout à Amont Aproz (dans les peuplements réduits, la diversité floristique est souvent élevée, par le fait qu'il y a moins d'espèces dominantes et donc moins de concurrence).

La biodiversité structurelle indiquée par l'indice de Shannon suit d'amont en aval les mêmes variations. La communauté la plus spécialisée a été observée à l'amont du barrage, car près de 91% de la communauté est formée par des espèces pionnières.

Cette flore observée a été soumise à l'examen de la liste rouge des diatomées, valable pour les régions de plaines et collinéennes d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996, HOFMANN *et al.* 2011). La liste rouge classe les espèces en différentes catégories de raréfaction entre les très rares, en danger et celles qui ont disparues. Cette liste donne aussi les espèces en régression et elle met en évidence celles qui sont actuellement hors de danger de disparition. Enfin une série de taxons, décrits récemment et pour lesquels il manque des données, est également citée.

L'abondance des taxons de la liste rouge et en régression est en moyenne faible même en amont du barrage (Graphique 9). Les taxons présents sont nommés dans les résumés par station. Il n'y a pas de différence marquée saisonnière dans l'abondance des taxons de la liste rouge. C'est à Siviez que l'abondance des taxons en danger est la plus élevée. A cette station, la communauté est aussi en grande partie formée par des taxons dont on ne connaît pas encore la répartition (taxons potentiellement sensibles, principalement *Achnanthis linearis* et *A. minutissimum var. jackii*). A Planchouet, ces taxons peu connus sont encore bien présents. Par contre plus en aval, les taxons de la liste rouge ainsi que les

taxons peu connus régressent, si bien que la valeur patrimoniale des peuplements diminue.



Graphique 9 : Taux de représentation (en % de cellules) des catégories de raréfaction selon la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996) dans les communautés de novembre 2015 et mars 2016 d'amont en aval de la Printse : ce graphique donne une idée de la variabilité de la valeur patrimoniale des peuplements et fait ressortir particulièrement ceux qui méritent d'être protégés.

4.2.6. Conclusion sur l'état des peuplements de diatomées

La densité relativement faible du peuplement à Siviez (et partiellement jusqu'à Plan Désert) est probablement liée au manque d'eau à cause de la retenue du barrage. La faible densité observée à Amont Aproz en mars 2016 est peut-être due à un échantillonnage partiel, car il semble que la répartition des diatomées à cet endroit forme une mosaïque de densité variable. Sinon, les communautés de diatomées sont en moyenne en bon état, mais formées essentiellement par des espèces communes. Les analyses ont pu être réalisées dans la norme.

4.3. Algues macroscopiques

Au cours des prélèvements, des algues macroscopiques ont été observées et récoltées pour identification. Leurs occurrences dans la Printse sont rassemblées dans le Tableau 1.

Plusieurs algues bleues (*Phormidium* sp, *Lyngbia* sp. et *Rivularia* sp.) qui forment normalement le soubassement du périphyton sur les galets n'ont été observées qu'au microscope. Ces algues étaient plus abondantes en novembre. Elles ont tendance à régresser vers l'aval comme dans d'autres rivières valaisannes. Les algues jaune-doré (*Hydrurus foetidus*) et les algues vertes (*Ulothrix* spp) qui révèlent une légère eutrophisation sont déjà présentes en amont (en état de forte décomposition en novembre à l'amont du barrage de Cleuson). Elles sont présentes toute l'année, mais plus abondantes en novembre. En aval, elles régressent pour laisser place à des espèces plus franchement eutrophiles comme *Cladophora glomerata* et l'algue rouge *Bangia atropurpurea*.

Mais le plus inquiétant est le fort développement en mars de la diatomée envahissante *Didymosphenia geminata*, à tel point qu'elle a été observée à l'œil nu, tandis qu'en novembre elle n'a été observée qu'en petit nombre au microscope. Bien que depuis le XIXe siècle on trouve quelques individus épars dans les communautés en Valais, cette observation est une première en Suisse occidentale, alors que ces dernières années de tels développements ont été observés en Suisse orientale (Grisons, Unterwald), comme par ailleurs sur le versant italien des Alpes. Cette espèce préfère les eaux de faible niveau trophique et est théoriquement avantagée par les restitutions hydroélectriques. Il est surprenant que la première observation à l'œil nu au Valais soit faite dans la Printse, alors que cette rivière ne subit pas de marnage par absence de restitutions hydroélectriques. Cette progression doit être suivie, car cette espèce peut causer de fortes nuisances comme en Nouvelle-Zélande si elle se développe de manière inconsidérée.

Tableau 1 : Occurrences d'algues macroscopiques dans les stations de la Printse. (+) vues qu'au microscope, + présentes, ++ abondantes, +++ très abondantes.

	Phormidium spp.	Lyngbia sp.	Rivularia sp.	Hydrurus foetidus	Didymosphenia geminata	Ulothrix tenuissima	Ulothrix zonata	Cladophora glomerata	Stigeoclonium sp.	Bangia atropurpurea	Audouinella hermannii
Novembre 2015											
PRI 14.4 Amont Lac Cleuson	(+)	(+)		+			+				
PRI 09.8 Siviez amont installations	(+)	(+)					+++				
PRI 08.2 Planchouet, aval bisse vieux	(+)			++		(+)	+				
PRI 05.9 Plan désert, aval captage bisse	(+)			+++	(+)		++				
PRI 02.65 Amont DO Basse-Nendaz	(+)				(+)	(+)	+			+	
PRI 02.60 Aval DO Basse-Nendaz	(+)					(+)	+			++	
PRI 00.8 Amont Aproz	(+)					(+)	+	++		+	
Mars 2016											
PRI 09.8 Siviez amont installations	(+)			(+)	(+)						
PRI 08.2 Planchouet, aval bisse vieux	(+)		(+)	++	(+)		+			(+)	
PRI 05.9 Plan désert, aval captage bisse			(+)	+++	++	+	+				
PRI 02.65 Amont DO Basse-Nendaz					+	+	+		(+)	+++	(+)
PRI 02.60 Aval DO Basse-Nendaz				(+)	+	+	+			+++	(+)

PRI 00.8 Amont Aproz	(+)			+++	(+)	(+)		+		+++	
-------------------------	-----	--	--	-----	-----	-----	--	---	--	-----	--

4.4. Diatomées et qualité biologique des eaux

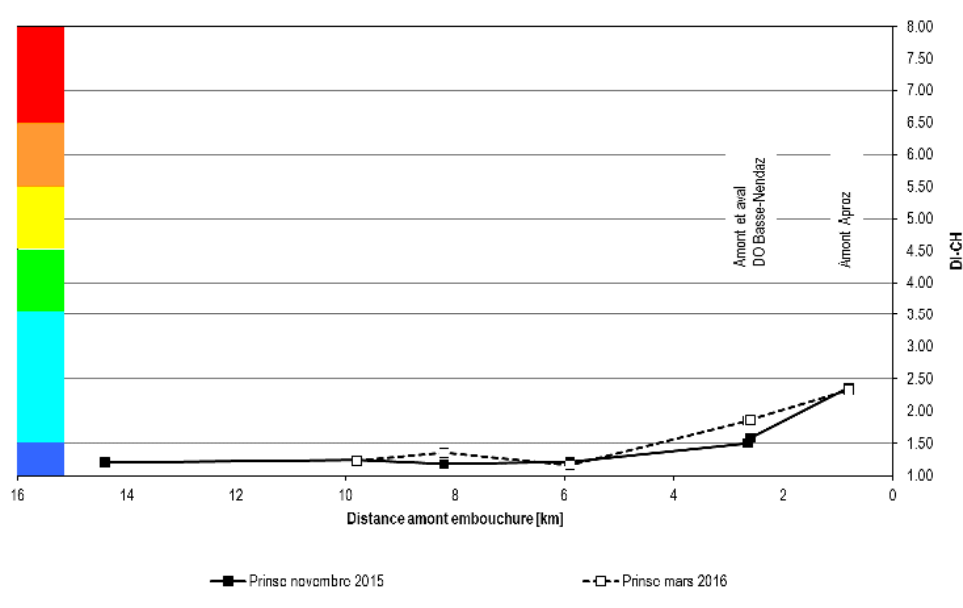
4.4.1. Mise en garde

Les indications de qualité biologique des eaux ne sont valables que par rapport aux paramètres qui ont servi à l'étalonnage des méthodes classiques de mesure. Ces paramètres sont ceux de pollution habituelle d'origine domestique et agricole, c'est à dire liées aux taux de matières organiques et aux taux d'engrais (phosphates, nitrates). La qualité des eaux ne se borne pas à ces paramètres, mais doit être complétée par d'autres aspects, comme l'analyse présentée au paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** tend à le montrer, en particulier par rapport aux variations de densité, des taux de fragmentation des diatomées et des taux de formes tératologiques.

4.4.2. Etat de santé global (légal)

Les valeurs de l'indice DI-CH2006 (HÜRLIMANN et NIEDERHÄUSER 2007) calculées à partir de la composition des communautés de diatomées sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 10.

D'après les valeurs de cet indice, les eaux aux 4 stations amont sont d'excellente (< 2.0) voire exceptionnelle qualité (<1.5), tant en novembre qu'en mars. Les charges semblent à peine plus marquées en mars qu'en novembre. Dès l'amont du DO de Basse-Nendaz, la charge augmente. Les rejets du DO lui-même ne semblent pas affecter particulièrement la qualité des eaux, bien que les résultats des analyses physico-chimiques (Annexe 3) montrent un petit enrichissement. La tendance se poursuit à Amont Aproz. La dégradation est cependant légère par rapport aux normes légales de la loi suisse. Les objectifs écologiques de la loi sont remplis.



Graphique 10 : Variations des valeurs de l'indice de pollution intégré DI-CH2006 (Système modulaire gradué suisse) d'amont en aval de la Printse. Selon l'acceptation de la loi suisse, le bleu est l'indication des eaux de très

bonne qualité, le vert de bonne qualité, le jaune de qualité moyenne ne correspondant déjà plus aux objectifs écologiques légaux. L'orange et le rouge indiquent respectivement des eaux fortement à excessivement polluées.

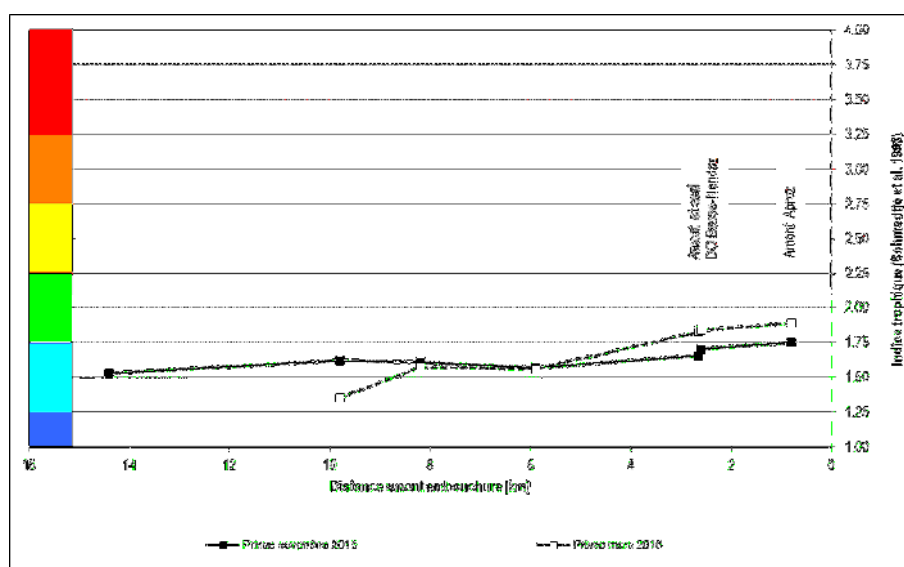
4.4.3. Niveaux trophique et saprobique

Le Tableau 2 résume les qualités saprobiques et trophiques calculées à partir des assemblages de diatomées, en séparant les deux périodes de prélèvement pour mieux mettre en évidence les différences observées.

Tableau 2 : Indications de niveau saprobique et d'indice trophique des eaux de la Printse.

Stations	Saprobie	Trophie	Saprobie	Trophie
	Novembre 2015	Mars 2016	Novembre 2015	Mars 2016
PRI 14.4 - Amont barrage de Cleuson	(I)-II	1.53	-	-
PRI 09.8 - Siviez, amont installations	(I)-II	1.62	I-II	1.35
PRI 08.2 - Planchouet, aval bisse	(I)-II	1.60	(I)-II	1.57
PRI 02.5 - Plan désert, aval captage	I-II	1.57	I-II	1.56
PRI 02.65 - Amont DO Basse-Nendaz	(I)-II	1.65	II	1.82
PRI 02.6 - Aval DO Basse-Nendaz	II	1.70	II	1.84
PRI 00.2 - Amont Aproz	(I)-II	1.75	II-(III)	1.89

La quantité d'engrais présente dans les eaux est estimée à partir des peuplements de diatomées par le calcul de l'indice trophique selon SCHMEDITZ *et al.* 1998. Les valeurs de cet indice suivent la même tendance (Graphique 11) que les valeurs de DI-CH, mais comme d'habitude, elles donnent une indication à peine plus sévère. Ainsi, en amont les eaux seraient oligo-mésotrophes pour devenir légèrement eutrophes en aval. En mars, la différence de charge entre l'amont et l'aval est mieux marquée par cet indice que par le DI-CH.



Graphique 11 : Distribution des valeurs de l'indice trophique d'amont en aval de la Printse. En regard : correspondance approximative avec les plages de couleur du Système modulaire gradué de la Confédération.

Le taux d'activité de décomposition (proportionnel au taux de matières oxydables – matières organiques et matières minérales réduites) est évalué par la méthode du diagnostic saprobique selon LANGE-BERTALOT.

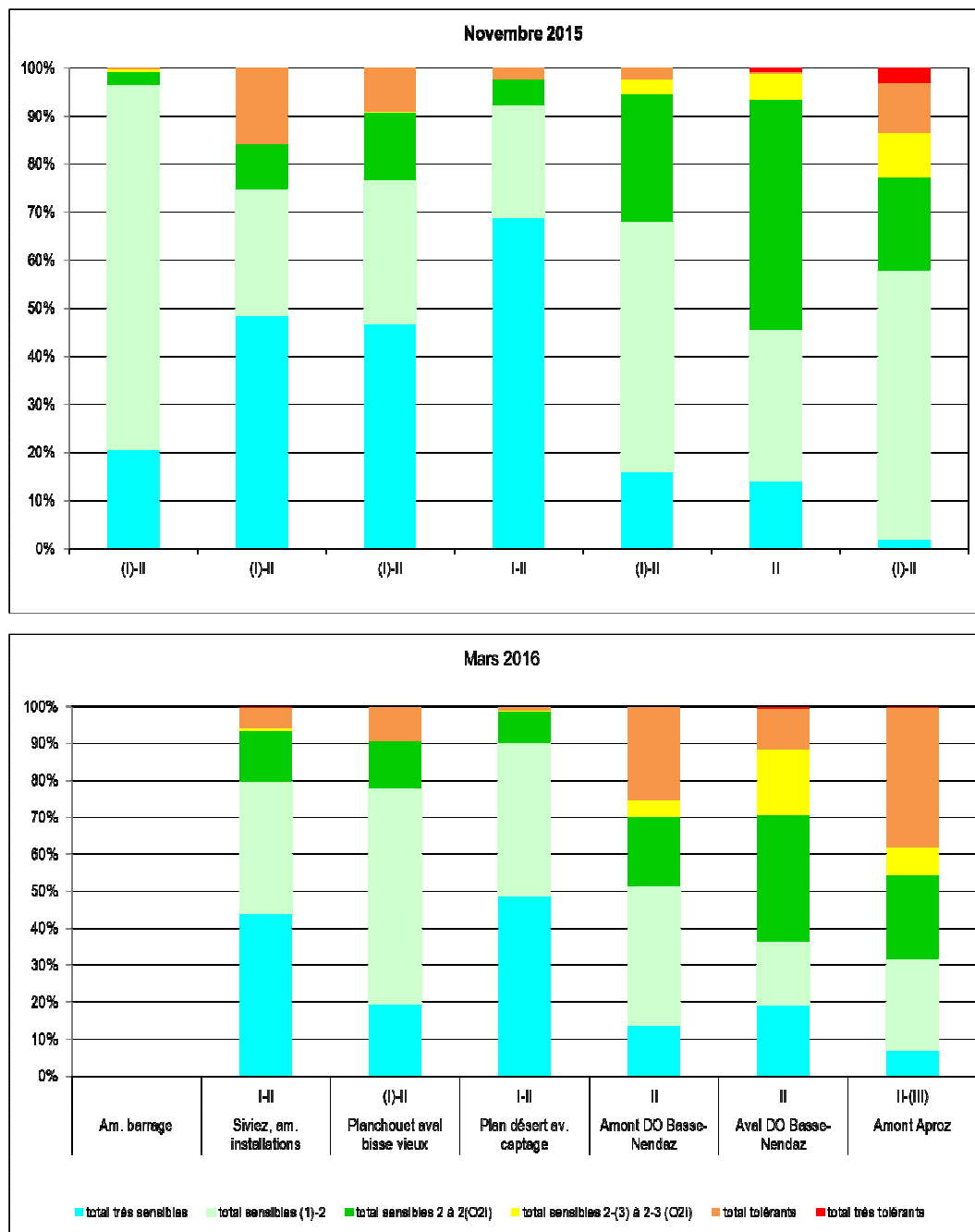
Ces indications pondèrent un peu le diagnostic fourni par les valeurs de DI-CH et de l'indice trophique (Graphique 12). En novembre, une nette différence de composition des assemblages est visible entre l'amont du barrage de Cleuson et Siviez bien que globalement l'indication soit de basse β -mésosaprobie dans les deux cas.

A l'amont du barrage, le groupe des espèces sensibles (I)-II représenté principalement par *Achnanthydium pyrenaicum* est largement dominant. A Siviez par contre, ce groupe est moins important, et les groupes des très sensibles et tolérants sont mieux représentés. Cette composition étrange indiquerait qu'à Siviez, il y a des eaux de différentes qualités mal mélangées : une eau de très bonne qualité et une eau enrichie partiellement par des matières organiques. Plus en aval jusqu'à Plan Désert, ce type de composition demeure, mais avec une progression constante des diatomées très sensibles. Cela indique que la qualité de l'eau s'améliore sur ce tronçon, amélioration qui n'est pas enregistrée, ni par le DI-CH, ni par l'indice trophique.

Dès l'amont du DO de Basse-Nendaz, une augmentation de charge saprobique est enregistrée par la diminution des deux groupes de diatomées les plus sensibles. Cela suggère, qu'à l'amont du DO, il y a déjà des apports d'eaux usées. A l'aval du DO de Basse-Nendaz cette tendance est renforcée, ce qui prouve que le DO déverse des eaux usées, ce qui est bien visible sur le terrain (présence d'une quantité importante de débris, articles hygiéniques, etc.). Jusqu'à Aproz, on assisterait à une légère amélioration de la qualité des eaux (en contradiction avec les résultats du DI-CH et de l'indice trophique), bien que les groupes de diatomées tolérantes et très tolérantes soient mieux représentés. En mars, la tendance à l'amélioration entre Siviez et Plan Désert est aussi visible (avec une légère amélioration à Planchouet) et correspond assez bien aux résultats du DI-CH. Si effectivement, la charge saprobique baisse sur ce tronçon, il est logique que l'indice trophique augmente : cela est une marque de la capacité d'oxydation de la rivière.

La dégradation enregistrée dès l'amont du DO de Basse-Nendaz se poursuivrait jusqu'à Aproz, ce qui correspond aux résultats des deux indices chiffrés.

Ces variations de qualité biologique des eaux ne correspondent que partiellement avec les résultats des mesures chimiques et bactériologiques. En particulier, à Planchouet en mars, ces mesures indiqueraient un impact négatif (augmentation des NH_4^+ et des bactéries fécales), ce qui n'est pas (ou mal) enregistré par les indices calculés à partir des communautés de diatomées.



Graphique 12 : Compositions des communautés de diatomées par groupes de résistance envers les matières oxydables d'amont en aval de la Printse lors des deux campagnes de prélèvements. Chiffres romains : classes de qualités saprobiques selon la notation de LIEBMANN 1958.

4.4.4. Conclusion sur la qualité biologique des eaux indiquée par les diatomées

En moyenne les eaux de la Printse sont d'**excellente à très bonne qualité**, mais ont tendance à se dégrader dès l'amont du DO de Basse-Nendaz. Elles correspondent aux objectifs écologiques légaux, sauf peut-être en mars à Amont Aproz, où elles semblent légèrement trop riches en matières organiques.

ANNEXE 5 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU MACROZOOBENTHOS
EFFECTUÉE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA PRINTSE EN 2015-2016 ;**

Résultats détaillés, voir **BD-Hydrobio**

5. MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DE LA PRINTSE

Les résultats des analyses biologiques figurent dans la base de données du canton « **BD-hydrobio** ». La qualité des stations d'après les notes IBCH et les indices diatomiques sont représentées à la figure insérée dans le rapport principal (Figure 3).

5.1. Substrats

La diversité des substrats rencontrés sur les stations de la Printse est **très bonne**, et tous les substrats sont bien colonisés par la faune benthique. Sur les 10 types de substrats théoriques, les stations en possèdent 7 à 8 (Tableau 1). Les supports minéraux dominent largement, mais les substrats organiques sont toutefois représentés, avec des litières et des dépôts de matières organiques fines (« vases ») à toutes les stations (sauf sur la station PRI 14.4). De même, les bryophytes sont présentes dans toutes les stations. A noter la présence systématique d'algues en quantité modérée, voire abondante sur les stations PRI 05.9, PRI 02.65 et PRI 02.6.

Un ensablement plus ou moins important a été observé dans les 2 stations amont (PRI 14.4, PRI 09.8), ainsi que dans les stations PRI 02.65 et PRI 00.8.

Un léger colmatage, qui s'explique par un écoulement trop rectiligne (lit contraint), a été relevé aux stations intermédiaires (PRI 08.2 et PRI 05.9).

Tableau 1 : Diversité et qualité des substrats rencontrés aux différentes stations de la Printse.

Stations	Nombre de substrats		Substrat dominant	Remarques
	Nov.	Mars		
PRI 14.4	7	-	cailloux, galets, blocs	Fonds ensablés recouverts de limons. Algues brunes gélatineuses + algues vertes.
PRI 09.8	8	8	cailloux, galets	Fonds ensablés, sans pierre. Présence d'algues vertes et brunes en novembre seulement.
PRI 08.2	8	8	blocs	Fonds colmatés, pierres scellées. Présence d'algues filamenteuses (<i>Hydrurus</i>).
PRI 05.9	8	8	blocs	Tendance au colmatage dans les zones de courant. Abondance d'algues vertes + <i>Hydrurus</i> .
PRI 02.65	7	8	blocs	Tendance à l'ensablement. Algues rouges très présentes, algues vertes plus rares.
PRI 02.6	7	8	blocs	Forte présence d'algues rouges. Algues vertes plus rares mais présentes.
PRI 00.8	7	8	cailloux, galets	Fonds très légèrement ensablés. Présence d'algues filamenteuses (abondantes en mars).

5.2. Faune benthique échantillonnée

5.2.1. Composition faunistique du peuplement benthique

Abondance Tous les taxons recensés ne se rencontrent pas systématiquement dans chaque station. Les répartitions et les abondances sont liées aux variations spatiales ou saisonnières (cf. liste faunistique détaillée dans le Tableau 2).

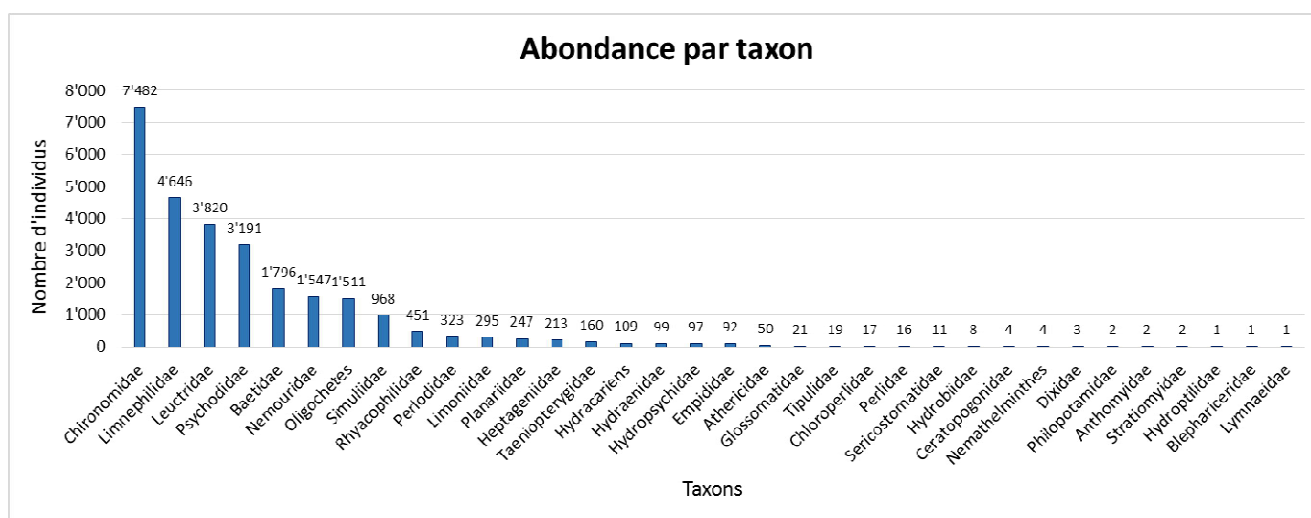
Le Graphique 1 présente l'abondance des différents taxons dans la Printse (toutes stations et campagnes confondues) et le Graphique 2 le nombre de stations dans lesquelles les taxons ont été observés (toutes campagnes confondues).

Les 10 taxons les plus abondants (> 300 individus par taxon ; Graphique 1) sont présents dans toutes les stations (Graphique 2) à l'exception des Simuliidae et des Psychodidae qui sont absents sur la station PRI 14.4. Il s'agit de groupes généralement ubiquistes, s'adaptant facilement aux variations des paramètres biotiques et abiotiques du milieu. Ces taxons ont été recensés dans la plupart des rivières valaisannes étudiées jusqu'à présent.

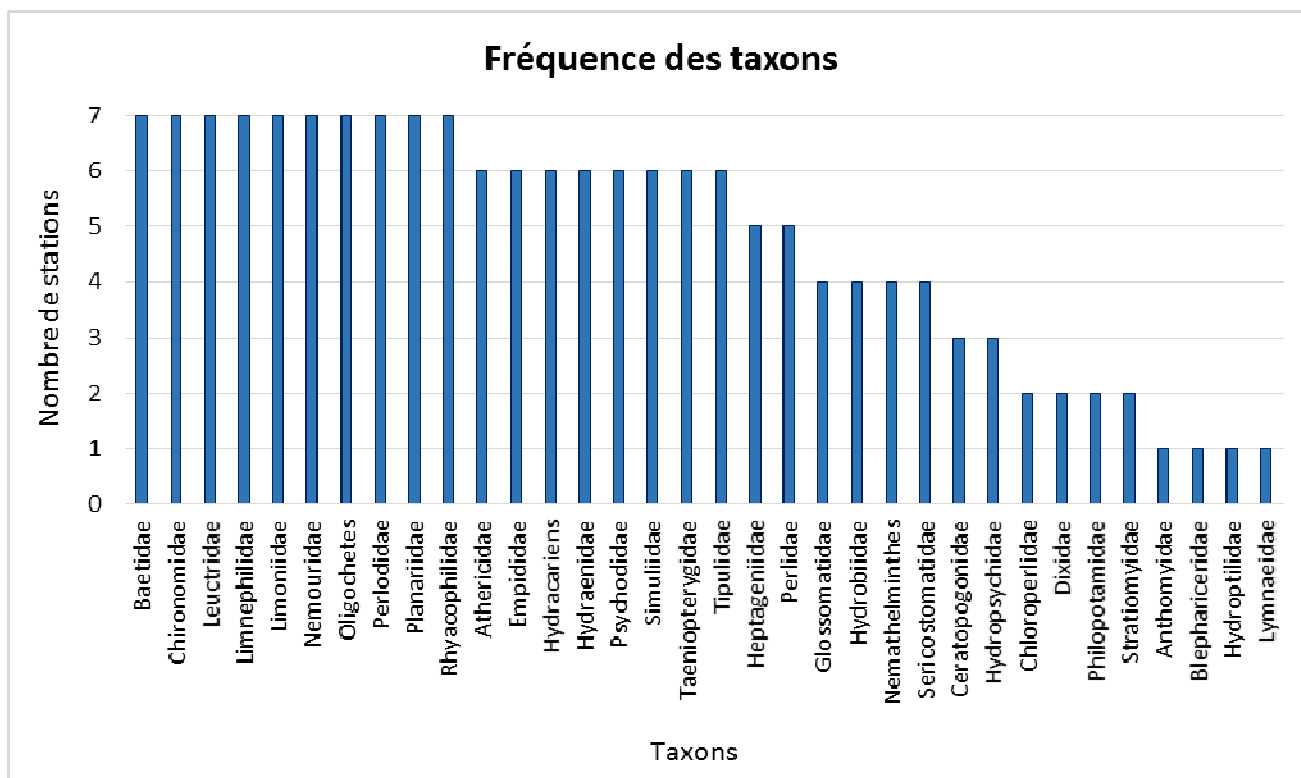
L'abondance élevée des Chironomidae (> 7'400 individus) s'explique notamment par leur prolifération en mars aux stations PRI 00.8, PRI 02.6 et PRI 02.65 (> 1'000 ind.). De même que la forte abondance des Limnephilidae est principalement due à leur prolifération dans la station aval PRI 00.8 en novembre (> 2'000 ind.).

Parmi les taxons du groupe indicateur le plus élevé (GI 9), les Perlodidae (présents dans toutes les stations), les Taeniopterygidae (présents dans 6 stations) et les Perlidae (présents dans 5 stations) sont bien répandus sur la majeure partie du linéaire de la Printse. Les Chloroperlidae n'ont par contre été recensés que dans les 2 stations amont.

Certains taxons, relativement peu fréquents dans les prélèvements IBCH des rivières en Valais, ont été recensés dans la Printse : les Hydroptilidae, Philopotamidae, Anthomyiidae, Blephariceridae, Ceratopogonidae, Dixidae, Stratiomyidae, Lymnaeidae, Hydrobiidae. A noter que les Hydrobiidae correspondent à *Potamopyrgus antipodarum*, une espèce exotique invasive présente dans toute la Suisse.



Graphique 1 : Nombre total d'individus recensés par taxon dans les stations étudiées de la Printse en novembre 2015 et mars 2016, du plus abondant au moins abondant.



Graphique 2 : Nombre de stations du bassin versant de la Printse dans lesquelles chaque taxon a été rencontré en novembre 2015 et/ou mars 2016.

5.2.2. Variations spatiales

L'abondance de certains taxons rencontrés sur l'ensemble du linéaire de la Printse diminue d'amont en aval : les Perlodidae, Taeniopterygidae, Heptageniidae.

A l'inverse, d'autres taxons voient leurs effectifs augmenter d'amont en aval : les Leuctridae, Rhyacophilidae, Baetidae, Oligocheètes.

Les Chloroperlidae ne sont présents qu'en amont, et les Hydropsychidae qu'en aval.

Quatre taxons n'ont été recensés que dans une seule station : les Hydroptilidae, Anthomyidae, Blephariceridae, Lymnaeidae.

5.2.3. Variations temporelles :

Trois taxons sont systématiquement plus abondants en mars qu'en novembre : les Chironomidae, les Psychodidae, et les Simuliidae.

Tableau 2 : Faune benthique recensée dans le bassin versant de la Printse en novembre 2015 et mars 2016.

Station	PRI 14.4	PRI 09.8		PRI 08.2		PRI 05.9		PRI 02.65		PRI 02.6		PRI 00.8	
	Amont lac Cleuson	Siviez		Planchouet		Plan désert		Amont DO, Basse-Nendaz		Aval DO, Basse-Nendaz		Amont Aproz	
Date	03.11.2015	03.11.2015	15.03.2016	03.11.2015	14.03.2016	03.11.2015	15.03.2016	04.11.2015	13.03.2016	04.11.2015	14.03.2016	04.11.2015	15.03.2016
PLECOPTERES													
Chloroperlidae	14		3										
Leuctridae	19	87	304	136	249	117	371	470	235	408	245	815	364
Nemouridae	6	120	132	227	55	213	229	43	98	73	96	37	218
Perlidae		2	1	2			5	1				2	3
Perlodidae	26	91	57	59	46	13	13	10	2	1	2	1	2
Taeniopterygidae	83	11	8	22		8	18		1			8	1
TRICOPTERES													
Glossomatidae			1		12	2	5					1	
Hydropsychidae								16	7	5	3	43	23
Hydroptilidae												1	
Limnephilidae	10	59	175	302	402	100	154	129	54	25	201	2'167	868
Philopotamidae			1					1					
Rhyacophilidae	17	4	9	23	10	36	44	65	32	41	38	88	44
Sericostomatidae		1				2				2		4	2
EPHEMEROPTERES													
Baetidae	20	36	47	70	51	166	75	201	180	203	258	203	286
Heptageniidae	129	23	19	10	8	19							5
COLEOPTERES													
Hydraenidae		1	3	14	10	8	14	18	12	7	7	2	3
DIPTERES													
Anthomyiidae													2
Athericidae		10	14	1		6	7	2	2		4	4	
Blephariceridae							1						
Ceratopogonidae			1	1	1		1						

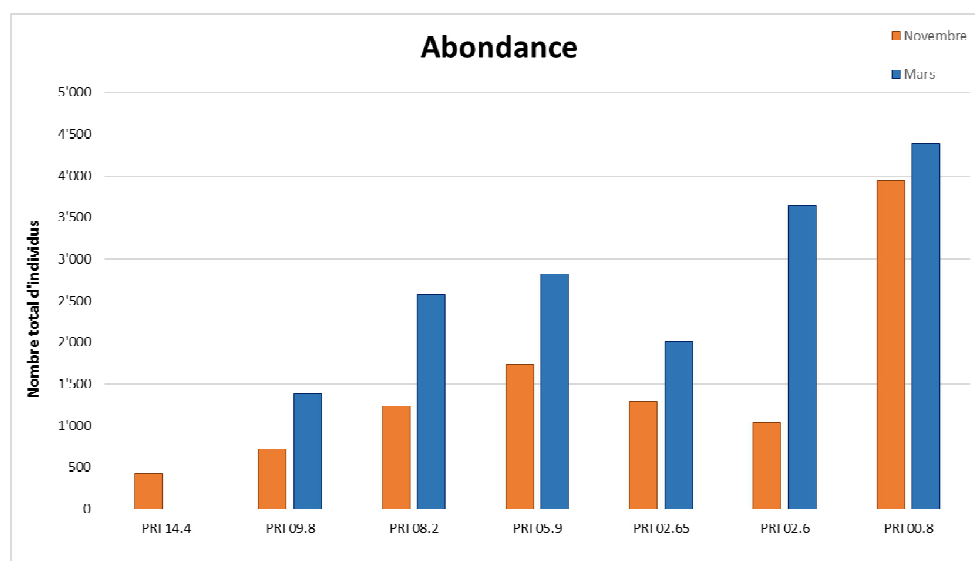
Station	PRI 14.4	PRI 09.8		PRI 08.2		PRI 05.9		PRI 02.65		PRI 02.6		PRI 00.8	
	Amont lac Cleuson	Siviez		Planchouet		Plan désert		Amont DO, Basse-Nendaz		Aval DO, Basse-Nendaz		Amont Aproz	
Date	03.11.2015	03.11.2015	15.03.2016	03.11.2015	14.03.2016	03.11.2015	15.03.2016	04.11.2015	13.03.2016	04.11.2015	14.03.2016	04.11.2015	15.03.2016
Chironomidae	89	95	165	160	925	257	804	74	1'001	70	2'237	106	1'499
Dixidae							2					1	
Empididae			29	2	6	7	8	2	5		6		27
Limoniidae	4	7	37	29	47	45	23	17	6	10	13	27	30
Psychodidae		108	240	139	500	514	892	122	140	23	133	19	361
Simuliidae		7	26	6	220	9	118	34	133	13	156	58	188
Stratiomyidae					1	1							
Tipulidae	1	3	1	5	1	3	1	2				2	
GATEROPODES													
Hydrobiidae						2		1	1	1	1		2
Lymnaeidae								1					
TRICLADES													
Planariidae	5	42	11	11	16	18	31	24	9	17	4	42	17
AUTRES TAXONS													
Oligochetes	1	3	67	11	5	176	2	58	89	132	237	301	429
Nemathelminthes		1				1					1		1
Hydracariens		12	37	5	4	16	3	3	10	4	2	4	9
Nb total d'individus	424	723	1'388	1'235	2'469	1'739	2'821	1'294	2'017	1'035	3'644	3'936	4'384
Groupe Indicateur GI	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	7	9	9
Taxon Indicateur	Chloroperli dae	Perlodidae	Chloroperli dae	Perlodidae	Perlodidae	Perlodidae	Perlidae	Perlodidae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Taenioptery gidae	Perlidae
Diversité	14	21	24	21	20	24	23	22	19	17	19	23	23
Note IBCH	13	15	15	15	14	15	15	15	12	12	12	15	15
Qualité selon norme IBCH	Satisfaisante	Satisfaisante	Satisfaisante	Satisfaisante	Satisfaisante	Satisfaisante	Satisfaisante	Satisfaisante	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Satisfaisante	Satisfaisante

5.3. Résultats liés à l'indice biologique suisse (IBCH)

5.3.1. Abondance totale

Le nombre total d'individus par station (cf. Tableau 2 et Graphique 3) varie entre 424 (en amont PRI 14.4 en novembre) et 4'384 (en aval PRI 00.8 en mars). **L'abondance moyenne** sur l'ensemble des stations est de **2'093** individus. Elle est largement supérieure à l'abondance moyenne des affluents du Rhône (1'200 individus toutes campagnes confondues ; BERNARD et al, 1994). Sans tenir compte de la station amont (PRI 14.4) non échantillonnée en mars, la faune benthique était largement plus abondante en mars (63% des individus récoltés) qu'en novembre (37%). En ne tenant pas compte des Chironomidae qui prolifèrent dans 3 stations en mars (> 1'000 individus), la différence s'estompe entre les 2 périodes de prélèvement (53% en novembre, 47% en mars).

Pour le mois de novembre, il est difficile de tirer une conclusion. Par contre en mars, à l'exception de la station en amont du DO (PRI 02.65), on observe une augmentation de l'abondance d'amont en aval. Les deux stations en aval du DO (PRI 02.6 et PRI 00.8) montrent des valeurs supérieures aux autres stations, en particulier celle toute en aval (PRI 00.8), qui de plus possède une abondance quasi similaire en novembre (prolifération de Limnephilidae) et en mars (prolifération de Chironomidae).



Graphique 3 : Abondance de la faune benthique au niveau de chaque station dans le bassin versant de la Printse en novembre 2015 et mars 2016.

5.3.2. Abondance (nombre d'individus) par taxon

Pour intégrer la fréquence habituelle des taxons, la DIREN Rhône-Alpes en France propose une échelle d'abondance tenant compte des différences naturelles¹, Agence de l'Eau, 2000.

¹ Certains taxons étant toujours naturellement mieux représentés que d'autres, des classes spécifiques ont été établies ; p. ex. pour atteindre la **classe** maximale 4, il faudra **9** individus pour les Perlodidae ou Perlidae, **65** individus pour les Taeniopterygidae ou Leuctridae et **513** individus pour les Baetidae ou Chironomidae.

Le Tableau 3 met en évidence les taxons aux abondances « élevées » et « très élevées » (classes 3 et 4). Deux remarques peuvent être faites :

- Certains taxons sont abondants à très abondants dans la plupart des stations (min. 6 stations) : Leuctridae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Limoniidae, Psychodidae.
- D'autres sont très abondants ponctuellement (max. 3 stations) : Chloroperlidae, Taeniopterygidae, Glossomatidae, Limnephilidae, Heptageniidae, Empididae.

Tableau 3 : Taxons les plus abondants dans le bassin versant de la Printse en novembre 2015 et mars 2016 selon les critères de fréquences proposés par l'Agence de l'Eau (2000).

Station	PRI 14.4		PRI 09.8		PRI 08.2		PRI 05.9		PRI 02.65		PRI 02.6		PRI 00.8	
	03.11. 2015	03.11. 2015	15.03. 2016	03.11. 2015	14.03. 2016	03.11. 2015	15.03. 2016	04.11. 2015	13.03. 2016	04.11. 2015	14.03. 2016	04.11. 2015	15.03. 2016	
PLECOPTERES														
Chloroperlidae	++													
Leuctridae	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Nemouridae		++	++	++	+	++	++	+	++	++	++	+	++	
Perlidae							+							
Perlodidae	++	++	++	++	++	++	++	++						
Taeniopterygidae	++			+			+							
TRICOPTERES														
Glossomatidae					++		+							
Hydropsychidae													+	+
Limnephilidae			+	+	+	+	+	+			+	++	++	
Rhyacophilidae	++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
EPHEMEROPT.														
Baetidae				+			+	+	+	+	+	+	+	+
Heptageniidae	++	+	+				+							
COLEOPTERES														
Hydraenidae									+					
DIPTERES														
Chironomidae	+	+	+	+	++	+	++	+	++	+	++	+	++	++
Empididae			++		+	+	+		+		+		++	
Limoniidae		+	++	++	++	++	++	++	+	++	++	++	++	++
Psychodidae		++	++	++	++	++	++	++	++	+	++	+	++	++
Simuliidae			+		++		++	+	++		++	+	++	
TRICLADES														
Planariidae		+					+	+	+		+		+	+
AUTRES TAXONS														
Oligochetes			+				+			+	+	+	+	+
Hydracariens			+											

+ abondance élevée ; ++ abondance très élevée ;

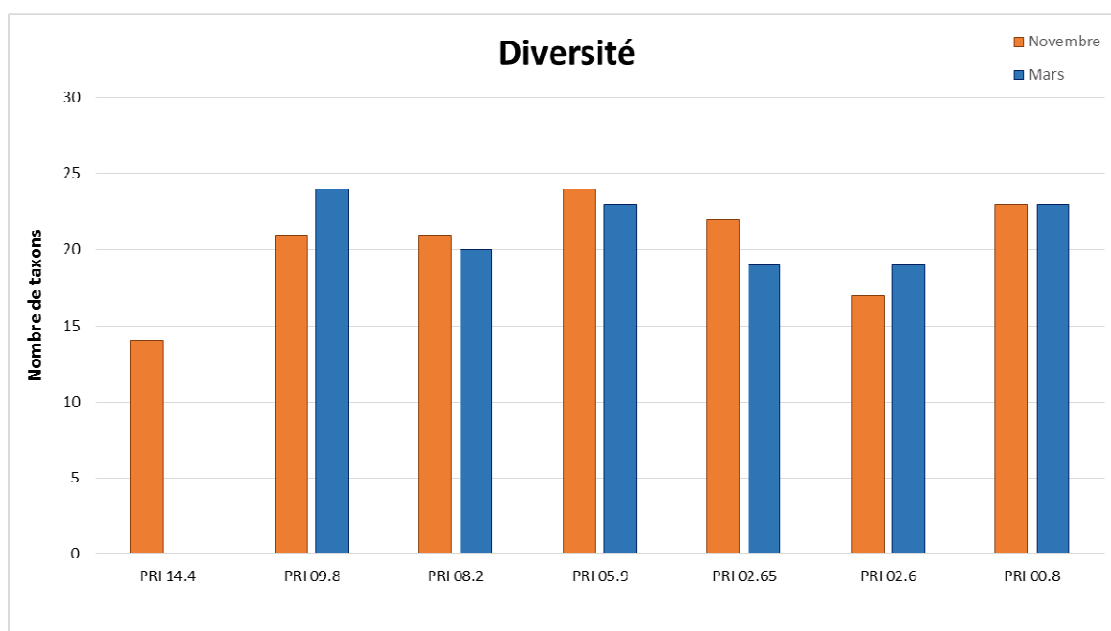
■ les cases en gris indiquent des abondances extrêmement élevées (> 1'000 ind. considérés comme une prolifération).

5.3.3. Diversité taxonomique (nombre de taxons) d'après la méthode utilisée

La diversité taxonomique des stations (cf. Tableau 2 et Graphique 4) varie entre 14 en amont (PRI 14.4 en novembre) et 24 sur les stations intermédiaires (PRI 09.8 en mars et PRI 05.9 en novembre).

La diversité moyenne globale est de **20.8 taxons** sur les 2 campagnes, moins élevée en novembre (20.3) qu'en mars (21.3). Aucune tendance significative de la diversité d'amont en aval n'est observée sur la Printse.

Un total de **34 taxons** a été recensé dans la Printse au cours des deux campagnes. Pour comparaison, le nombre total de taxons recensés lors des études précédentes (pour les 2 campagnes) est le suivant : 28 pour la Turtmänna (2015), 28 pour la Liène (2014), 37 pour le bassin versant de la Vièze (2012-2013), 32 pour la Borgne (2011), 37 pour la Navisence (2009-2010), 36 pour la Sionne (2006-2007), 25 dans la Dranse de Ferret (2005-2006), 27 pour le Trient (2003-2004) et 33 dans la Fare (2002-2003). La Printse se situe donc dans les bassins versants ayant une diversité taxonomique relativement élevée (niveau famille).



Graphique 4 : Diversité de la faune benthique à chaque station dans le bassin versant de la Printse en novembre 2015 et mars 2016.

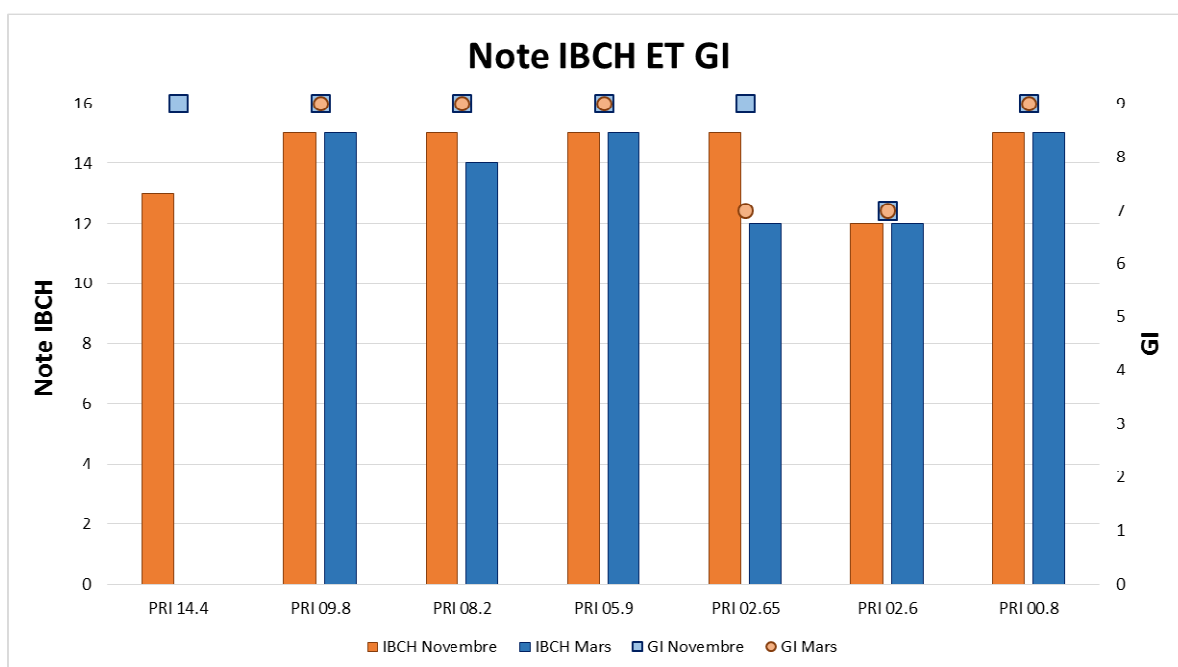
Groupe indicateur (GI) Le groupe indicateur maximal (cf. Tableau 2 et Graphique 5) de 9² (Chloroperlidae, Perlidae, Perlodidae, Taeniopterygidae) est observé dans chaque station, à l'exception de la station PRI 02.6 et PRI 02.65 en mars (moins de 3 ind.).

Note IBCH Les stations PRI 02.6 (en novembre et en mars) et PRI 02.65 (en mars) présentent une **qualité moyenne**. Les autres stations sont en **qualité satisfaisante**, tant en novembre qu'en mars.

² Pour qu'un taxon du GI 9 soit retenu, il faut qu'il soit représenté par au moins 3 individus.

Les notes IBCH (cf. Tableau 2 et Graphique 5) varient entre 12 (qualité moyenne ; PRI 02.6 en novembre et en mars ; PRI 02.65 en mars) et 15 (qualité satisfaisante ; PRI 00.8, PRI 05.9 et PRI 09.8 en novembre et en mars ; PRI 02.65 et PRI 08.2 en novembre). **La moyenne globale des notes IBCH est de 14.1** ; elle est similaire en novembre (14.3) et en mars (13.8). Pour une même station, les notes IBCH sont identiques en novembre et en mars, sauf pour les stations PRI 02.65 et PRI 08.2, dont la note passe respectivement de 15 à 12 et de 15 à 14 entre novembre et mars.




Pour comparaison, la moyenne des notes IBCH/IBGN obtenue lors des études précédentes (moyenne des 2 campagnes) est la suivante : 14.3 pour le bassin versant de la Turtmäna (2014-2015), 12.1 pour la Lienne (2014), 13.7 pour la Vièze (2012-2013), 12.4 pour la Borgne (2011), 12.9 pour la Navisence (2009-2010), 14.0 pour la Sionne (2006-2007), 12.0 dans la Dranse de Ferret (2005-2006), 11.9 pour le Trient (2003-2004), et 13.8 dans la Fare (2002-2003). La Printse se situe donc parmi les bassins versants les mieux notés, malgré les 3 notes moyennes de 12.









Graphique 5 : Notes IBCH (histogrammes) et GI (symboles) obtenus pour chaque station dans le bassin versant de la Printse en novembre 2015 et mars 2016.







ANNEXE 6 :

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR STATION







PRI 14.4 - Amont lac de Cleuson		Novembre 2015	Mars 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude	2'316 m.	NA
	Généralités	Fait office de station de référence (peu d'impacts anthropiques). Station non prospectée en mars (enneigement hivernal).	NA
	Écomorphologie	Naturelle. Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit.	NA
	Aspect général	Fond du lit recouvert par des limons.	NA
	Hydrologie	Débit naturel. Régime des eaux normal en novembre.	NA
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie	Très bonne qualité. Très bonne qualité.	 NA
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars)	Densité (millions de cellules/cm ²): forte (4.34) ; Etat : bon, taux de fragmentation faible (21.2%), téréatologie non significative de perturbation ; Communauté : largement dominée par les espèce pionnières sensibles à très sensibles <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (73.6%) et <i>A. lineare</i> (14.6%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : très faible (14) ; Certaine valeur patrimoniale (représentation d' <i>A. lineare</i> + esp. de la LR) ; DI-CH : excellente qualité (1.21) ; indice trophique : très bonne qualité (1.53, oligo-mésotrophe ; indice saprobique : très bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe).	 NA
	Algues macroscopiques	Soubassement d'algues bleues présent. Présence modeste de l'algue verte <i>Ulothrix zonata</i> et de l'algue jaune doré <i>Hydrurus foetidus</i> toutes deux en décomposition.	NA
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars)	En novembre, abondance de la faune benthique « faible » (env. 400 ind.) ; Peuplement dominé par Heptageniidae (30%), Chironomidae (21%) et Taeniopterygidae (20%). Diversité taxonomique assez bonne (14 taxons ; Taxon indicateur : GI maximal de 9 (Chloroperlidae) ; Note IBCH satisfaisante de 13.	 NA
	Objectifs légaux et qualité globale	Atteints pour tous les indicateurs. Bonne à très bonne qualité de l'eau et du milieu.	
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu). Contrôle de l'impact des activités agro-pastorales (pâturages).		

PRI 09.8 – Siviez, amont installations		Novembre 2015	Mars 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 1'760 m.		
	Généralités Première station en aval du barrage de Cleuson.		
	Écomorphologie Renforcement total de la rive gauche. Variabilité limitée de la largeur et de la profondeur du lit. Manque de dynamique.		
	Aspect général Léger colmatage et présence de dépôts de sable sous les pierres, en lien avec l'endiguement et le manque de dynamique (resserrement du lit, absence de crues).		
	Hydrologie Débit résiduel (Barrage de Cleuson ; 21-40% du débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Très bonne qualité.		
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars) Densité (millions de cellules/ cm ²): moyenne (0.99) / réduite (0.62) ; Etat : taux de fragmentation un peu élevé (57.5) / significatif d'une perturbation (71.2%), mais tératologie très faible / nulle ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthydium lineare</i> (31.2%) et <i>A. pyrenaicum</i> (24.0%), et par l'espèce mieux implantée <i>Encyonema silesiacum</i> (15.1%) / dominée par les espèces pionnières sensibles <i>A. pyrenaicum</i> (35.3%), <i>A. lineare</i> (19.9%) et <i>A. minutissima var jackii</i> (14.8%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (26 / 32) ; Bonne valeur patrimoniale du peuplement ; DI-CH : excellente qualité (1.24 / 1.23) ; indice trophique : très bonne qualité (1.62 / 1.35, oligo-mésotrophe) ; indice saprobique : très bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques Soubassement d'algues bleues présent. Forte présence de l'algue verte <i>Ulothrix zonata</i> en novembre. En mars, très légère présence de l'algue jaune doré <i>Hydrurus foetidus</i> et de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> .		
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars) En novembre , abondance de la faune benthique « modérée » (env. 700 ind.). Peuplement dominé par Nemouridae (17%), Psychodidae (15%), Chironomidae et Perlodidae (13% chacun) et Leuctridae (12%). En mars , abondance « bien représentée » (env. 1'400 ind.). Peuplement dominé par Leuctridae (22%), Psychodidae (17%), Limnephilidae (13%), Chironomidae (12%) et Nemouridae (10%). Diversité taxonomique très bonne (21 taxons / 24 taxons) ; Taxon indicateur : GI maximal de 9 / 9 (Perlodidae / Chloroperlidae) ; Note IBCH satisfaisante de 15 / 15.		
	Objectifs légaux et qualité globale Atteints pour l'ensemble des paramètres. Bonne à très bonne qualité de l'eau et du milieu, malgré les déficits écomorphologiques et de l'aspect général.		







PRI 09.8 – Sivez, amont installations		Novembre 2015	Mars 2016
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	<p>Suivi de l'évolution des populations de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i>.</p> <p>Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu).</p> <p>Favoriser une dynamique naturelle pour limiter le colmatage des substrats (élargissement et/ou crues).</p>		

PRI 08.2 – Planchouet, aval Bisse Vieux		Novembre 2015	Mars 2016	
DONNÉES DE LA STATION	Altitude	1'521 m.		
	Généralités	Station en amont de Planchouet, dont l'aspect semble assez naturel, mais lit relativement étroit, constitué de gros blocs.		
	Écomorphologie	Berges en grande partie aménagées et/ou incision du lit. Variabilité limitée de la largeur et de la profondeur du lit. Manque de dynamique.		
	Aspect général	Fort colmatage du lit, en lien avec l'endiguement et le manque de dynamique (resserrement du lit, absence de crues).		
	Hydrologie	Débit résiduel (Barrage de Cleuson, bisses ; 21-40% du débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie	Très bonne qualité en novembre et août, bonne à très bonne qualité en mars. Très bonne qualité en novembre, qualité moyenne (<i>E. coli</i> , entérocoques) à bonne en mars, bonne à très bonne qualité en août.	 <i>NH4</i>	 <i>E. coli</i>
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars)	Densité (millions de cellules/ cm ²): moyenne (1.29 / 2.07) ; Etat : taux de fragmentation un peu élevé (52.5 / 48.5%), mais tératologie nulle / très faible ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>Achnanthydium lineare</i> (34.4%), <i>A. pyrenaicum</i> (24.6%) et <i>A. minutissimum</i> (12.1%) / dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>A. pyrenaicum</i> (50.9%) et <i>A. lineare</i> (13.7%) ; Cellule diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> dans dénombrement ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (22 / 23) ; Valeur patrimoniale moyenne du peuplement ; DI-CH : excellente (1.18) / très bonne qualité (1.35) ; indice trophique : très bonne qualité (1.60 / 1.57, oligo-mésotrophe) ; indice saprobique : très bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques	Soubassement d'algues bleues présent. Présence marquée aux deux saisons de l'algue jaune doré <i>Hydrurus foetidus</i> et d'algues vertes plus modestement. Présence de l'algue rouge <i>Bangia atropurpurea</i> en mars.		
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars)	En novembre , abondance « bien représentée » (env. 1'200 ind.). Peuplement dominé par Limnephilidae (24%), Nemouridae (18%), Chironomidae (13%), Psychodidae et Leuctridae (11% chacun). En mars , abondance faune benthique « assez élevée » (env. 2'500 ind.). Peuplement dominé par Chironomidae (37%), Psychodidae (20%), Limnephilidae (16%), Psychodidae (17%) et Leuctridae (10%). Diversité taxonomique très bonne (21 taxons) / bonne (20 taxons) ; Taxon indicateur : GI maximal de 9 / 9 (Perlodidae / Perlodidae) ; Note IBCH satisfaisante de 15 / 14.		
	Objectifs légaux et qualité globale	Atteints pour l'ensemble des paramètres. Qualité de l'eau globalement bonne, bien que contaminée par <i>E. coli</i> et entérocoques en mars.		







PRI 08.2 – Planchouet, aval Bisse Vieux		Novembre 2015	Mars 2016
	Qualité du milieu bonne (IBCH), malgré les déficits écomorphologiques et de l'aspect général.		
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	Contrôle et suivi des raccordements en amont et des activités touristiques (bactériologie). Suivi de l'évolution des populations de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> . Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu). Favoriser une dynamique naturelle pour limiter le colmatage des substrats (élargissement et/ou crues).		

PRI 05.9 – Plan désert, aval captages bisses		Novembre 2015	Mars 2016	
DONNÉES DE LA STATION	Altitude	1'230 m.		
	Généralités	Station située sur un tronçon très pentu et encaissé, beaucoup de gros blocs.		
	Écomorphologie	Naturelle. Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit.		
	Aspect général	Fort colmatage naturel des substrats, en lien avec la forte pente et débit élevé.		
	Hydrologie	Débit résiduel (Barrage de Cleuson, bisses ; 21-40% du débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie	Très bonne qualité. Très bonne qualité en novembre, bonne à très bonne qualité en mars et août.		
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars)	Densité (millions de cellules/ cm ²): moyenne (1.27 / 1.78) ; Etat : bon, taux de fragmentation < 50%, tératologie probablement non significative de toxicité ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>Achnanthydium lineare</i> (26.0%), <i>A. pyrenaicum</i> (19.9%), et par les espèces très sensibles bien implantées <i>Diatoma ehrenbergii</i> (25.4%) et <i>Fragilaria arcus</i> (10.1%) / dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>A. lineare</i> (40.0%) et <i>A. pyrenaicum</i> (37.6%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (23 / 23) ; Valeur patrimoniale moyenne du peuplement ; DI-CH : excellente qualité (1.21 / 1.16) ; indice trophique : très bonne qualité (1.57 / 1.56, oligo-mésotrophe) ; indice saprobique : très bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques	Le soubassement d'algues bleues présent en novembre a disparu en mars. Présence marquée de l'algue jaune doré <i>Hydrurus foetidus</i> aux deux saisons et plus ou moins marquée d'algues vertes. Colonies visibles à l'œil nu de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> .		
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars)	En novembre , abondance faune benthique « assez élevée » (env. 1'700 ind.). Peuplement dominé par Psychodidae (30%), Chironomidae (15%), Nemouridae (12%) et Oligochètes (10%). A noter la présence de 2 individus de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> dans les prélèvements. En mars , abondance faune benthique est « assez élevée » (env. 2'800 ind.). Peuplement dominé par Psychodidae (32%), Chironomidae (29%) et Leuctridae (13%). Diversité taxonomique est très bonne (24 taxons / 23 taxons) ; Taxon indicateur : GI maximal de 9 (Perlodidae / Perlidae) ; Note IBCH satisfaisante de 15 /15.		
	Objectifs légaux et qualité globale	Atteints pour l'ensemble des paramètres. Bonne à très bonne qualité de l'eau et du milieu, malgré les déficits de l'aspect général.		







PRI 05.9 – Plan désert, aval captages bisses		Novembre 2015	Mars 2016
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	<p>Suivi de l'évolution des populations de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i>.</p> <p>Suivi de l'évolution des populations de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i>.</p> <p>Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu).</p>		

PRI 02.65 – Amont DO, Brignon		Novembre 2015	Mars 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 775 m.		
	Généralités Station située dans un tronçon encaissé (falaises).		
	Écomorphologie Naturelle. Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit.		
	Aspect général Tendance à l'ensablement, léger colmatage en lien avec la forte pente et le manque de dynamique (absence de crues).		
	Hydrologie Débit résiduel (Barrage de Cleuson, bisses ; 41-60% du débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Très bonne qualité en novembre et mars (non mesuré en août). Bonne à très bonne qualité en novembre, bonne qualité en mars (non mesuré en août).		
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars) Densité (millions de cellules/ cm ²): forte (7.9 / 14.2) ; Etat : bon, taux de fragmentation < 50%, tératologie probablement non significative de toxicité ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (47.1%), <i>A. minutissimum</i> (16.5%) et <i>A. lineare</i> (12.5%) / dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>A. pyrenaicum</i> (35.3%) et <i>A. lineare</i> (10.0%), et par une espèce d'eau eutrophe dont <i>Fragilaria capucina var. vaucheriae</i> (24%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (26 / 29) ; Valeur patrimoniale moyenne du peuplement en novembre, moindre en mars ; DI-CH : très bonne qualité (1.50 / 1.85) ; indice trophique : très bonne qualité (1.65, oligo-mésotrophe) / bonne qualité (1.82, eutrophe) ; indice saprobique : très bonne qualité / bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe)		
	Algues macroscopiques Le soubassement d'algues bleues qui était présent en novembre a disparu en mars. Présence de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> aux deux saisons. Présence modeste d'algues verte et de l'algue rouge <i>Bangia atropurpurea</i> , qui se développe plus en mars.		
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars) En novembre , abondance « bien représentée » (env. 1'300 ind.). Peuplement dominé par Leuctridae (36%), Baetidae (16%) et Limnephilidae (10%). Présence d'1 ind. de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> . En mars , abondance faune benthique « assez élevée » (env. 2'000 ind.). Peuplement dominé par Chironomidae (50%) qui prolifèrent (>1'000 ind.), Leuctridae (12%). Présence d'1 individu de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> dans les prélèvements. Diversité taxonomique très bonne / bonne (22 taxons / 19 taxons) ; Taxon indicateur : GI de 9 / 7 (Perlodidae / Leuctridae ; à noter présence de 2 Perlodidae et d'1 Taeniopterygidae, en nombre insuffisant pour être retenus Note IBCH satisfaisante / moyenne de 15 / 12.		

PRI 02.65 – Amont DO, Brignon		Novembre 2015	Mars 2016
Objectifs légaux et qualité globale	<p>Non atteints pour l'IBCH en mars.</p> <p>La qualité de l'eau (via les indices diatomiques) se dégrade légèrement en mars. La qualité du milieu (IBCH) suit la même tendance (présence de rejets d'eaux usées en amont ?).</p>		
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	<p>Recherche d'éventuelles contaminations, rejets d'eaux usées en amont.</p> <p>Suivi de l'évolution des populations de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i>.</p> <p>Suivi de l'évolution des populations de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i>.</p> <p>Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu).</p>		

PRI 02.6 – Aval DO, Brignon		Novembre 2015	Mars 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 770 m.		
	Généralités Station située dans un tronçon encaissé (falaises).		
	Écomorphologie Naturelle. Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit.		
	Aspect général Déchets provenant de l'évacuation des eaux via le DO. Tendance à l'ensablement (moins que sur la station amont PRI 02.65), léger colmatage en lien avec la forte pente et le manque de dynamique (absence de crues).		
	Hydrologie Débit résiduel (Barrage de Cleuson, bisses ; 41-60% du débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Très bonne qualité. Bonne à très bonne qualité en novembre, moyenne (<i>E. coli</i>) à bonne qualité en mars et août.		 <i>E. coli</i>
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars) Densité (millions de cellules/ cm ²): forte (10.8 / 8.7) ; Etat : bon, taux de fragmentation < 50%, tératologie non significative de toxicité ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>Achnanthydium minutissimum</i> (38.4%), <i>A. pyrenaicum</i> (29.3%), et <i>A. lineare</i> (13.4%) / dominée par les espèces pionnières sensibles à très sensibles <i>A. minutissimum</i> (20.4%), <i>A. pyrenaicum</i> (15.5%), et <i>A. lineare</i> (11.8%), et par l'espèce pionnière d'eau eutrophe <i>Amphora pediculus</i> (14.2%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : assez faible (17) / normale (33) ; Valeur patrimoniale moyenne du peuplement en novembre, moindre en mars ; DI-CH : très bonne qualité (1.58 / 1.86) ; indice trophique : très bonne qualité (1.70, oligo-mésotrophe) / bonne qualité (1.84, eutrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β-mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques Le soubassement d'algues bleues qui était présent en novembre a disparu en mars. Présence de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> en mars. Présence modeste d'algues verte et de l'algue rouge <i>Bangia atropurpurea</i> qui se développe plus en mars.		
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars) En novembre , abondance « bien représentée » (env. 1'000 ind.). Peuplement dominé par Leuctridae (39%), Baetidae (20%) et Oligochètes (13%) Présence d'1 ind. de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> . En mars , abondance de la faune benthique « élevée » (env. 3'600 ind.). Peuplement dominé par Chironomidae (61%) qui prolifèrent (>2'000 ind.). Présence d'1 individu de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> . Diversité taxonomique bonne (17 taxons / 19 taxons) ; Taxon indicateur : GI 7 / 7 (Leuctridae, présence d'1 seul Perlodidae / Leuctridae, présence de 2 Perlodidae en nbr insuffisant pour être retenus) ; Note IBCH moyenne de 12 / 12.		

PRI 02.6 – Aval DO, Brignon		Novembre 2015	Mars 2016
Objectifs légaux et qualité globale	<p>Non atteints pour les IBCH.</p> <p>La qualité de l'eau (physico-chimie et diatomées) est globalement bonne, bien que contaminée par <i>E. coli</i> en mars et août. La qualité du milieu (IBCH, aspect général) est moyenne. Ces déficits suggèrent un impact du DO sur le milieu récepteur, confirmée par la présence de déchets d'eaux usées.</p>		
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	<p>Contrôle et amélioration du fonctionnement du DO.</p> <p>Suivi de l'évolution des populations de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i>.</p> <p>Suivi de l'évolution des populations de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i>.</p> <p>Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu).</p>		

PRI 00.8 – Amont Aproz		Novembre 2015	Mars 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 490 m.		
	Généralités Station aval, revitalisation en 2010 (lit élargi).		
	Écomorphologie Naturelle. Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit, avec écoulement en plusieurs bras et îlots centraux colonisés par la végétation.		
	Aspect général Substrats très légèrement ensablés.		
	Hydrologie Débit résiduel (Barrage de Cleuson, bisses ; 41-60% du débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Très bonne qualité. Bonne à très bonne qualité en novembre, moyenne (<i>E. coli</i>) à bonne qualité en mars et août.		 <i>E. coli</i>
	Diatomées et DI-CH (novembre / mars) Densité (millions de cellules/ cm ²): forte (10.3) / faible (0.41) ; Etat : taux de fragmentation faible (19.4%) / élevé (70.7%), tératologie non significative de toxicité ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (55.2%) et <i>A. minutissimum</i> (10.6%) / dominée par des espèces plus stables comme <i>Encyonema silesiacum</i> (28.1%), et les espèces pionnières sensibles <i>A. pyrenaicum</i> (24.3%), <i>A. minutissimum</i> (11.6%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (24 / 38) ; Valeur patrimoniale faible du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (2.36 / 2.32) ; indice trophique : bonne qualité (1.75, oligo-mésotrophe / 1.89, eutrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe) / qualité médiocre (fortement β-mésosaprobe).		 saprobie
	Algues macroscopiques Soubassement d'algues bleues présent. En novembre, dominance de l'algue verte <i>Cladophora glomerata</i> et présence modeste de l'algue rouge <i>Bangia atropurpurea</i> . En mars, forte abondance de l'algue jaune doré <i>Hydrurus foetidus</i> et de l'algue rouge <i>Bangia atropurpurea</i> . Régression des algues vertes, mais présence de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> .		
	Macroinvertébrés et IBCH (novembre / mars) En novembre , abondance de la faune benthique « élevée » (env. 4'000 ind.). Peuplement dominé par Limnephilidae (55%) qui prolifèrent (>2'000 ind.) et Leuctridae (21%). En mars , abondance de la faune benthique « élevée » (env. 4'400 ind.). Peuplement dominé par Chironomidae (34%) qui prolifèrent (env. 1'500 ind.) et par Limnephilidae (20%). Présence de 2 individus de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> dans les prélèvements. Diversité taxonomique très bonne (23 taxons / 23 taxons) ; Taxon indicateur GI maximal de 9 (Taeniopterygidae / Perlidae) note IBCH satisfaisante de 15 / 15.		

PRI 00.8 – Amont Aproz		Novembre 2015	Mars 2016
Objectifs légaux et qualité globale	Atteints pour l'ensemble des paramètres. qualité de l'eau globalement bonne, bien que trop chargée en matières organiques (indice saprobique médiocre en mars) et en <i>E. coli</i> (mars et août). Qualité du milieu bonne, bien que les proliférations constatées témoignent d'un certain déséquilibre, ou d'un milieu en cours de recolonisation.		
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	Recherche d'éventuelles contaminations, rejets d'eaux usées en amont (origine matière organique et <i>E. coli</i>) Suivi de l'évolution des populations de la diatomée invasive <i>Didymosphenia geminata</i> . Suivi de l'évolution des populations de l'escargot exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> . Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu).		

