

**CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS**



Département de la mobilité, du territoire et de
l'environnement
Service de l'environnement

Departement für Mobilität, Raumentwicklung und
Umwelt
Dienststelle für Umwelt



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

Campagne 2017

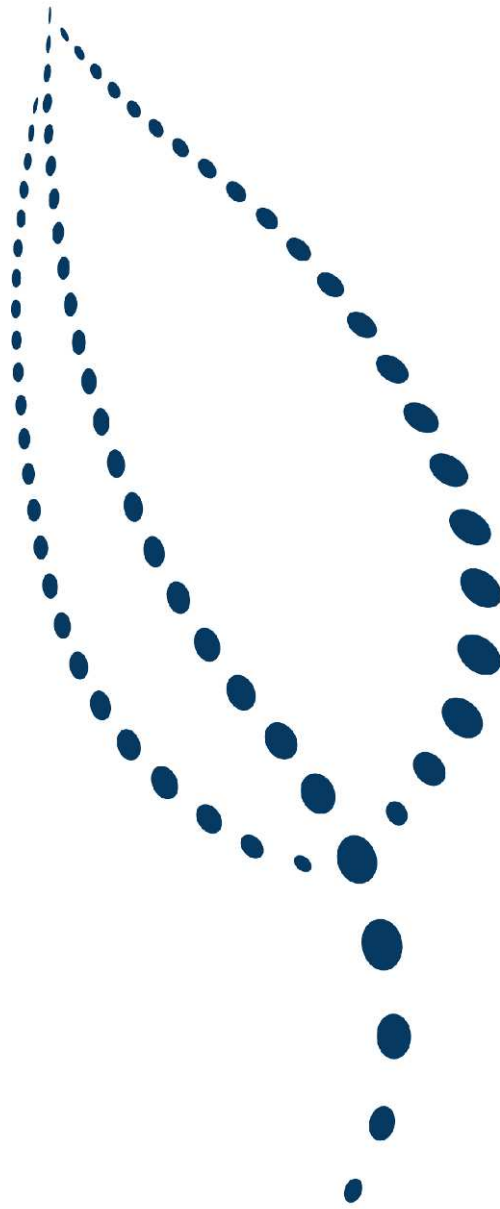
Le Rhône

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

**Rapport et
annexes**

Août 2018





biol conseils

SEN-VS

Le Rhône

**Observation de la qualité des eaux de surface
2017**

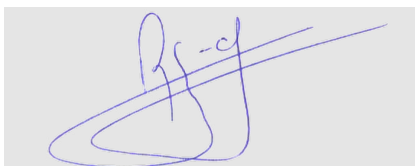
5861 | 21.08.2018

IMPRESSUM

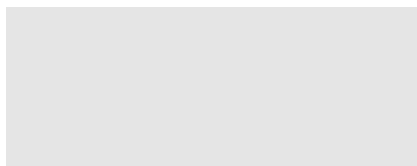
Collaborateur(s) ayant participé à l'étude :

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

5861 | Sion, le 21.08.2018



Régine Bernard



François Straub

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	7
2.	PRÉSENTATION DU CONTEXTE.....	7
2.1.	Bassin versant	7
2.2.	Réseau hydrographique.....	8
2.3.	Interventions humaines.....	8
2.3.1.	Exploitations hydrauliques.....	8
2.3.2.	Prises d'eau potable et bisses	8
2.3.3.	Assainissement des eaux usées.....	9
2.3.4.	Extraction de graviers.....	9
2.3.5.	Morphologie.....	9
2.3.6.	Valeurs naturelles.....	9
3.	MÉTHODOLOGIE.....	10
3.1.	Principes et Intervenants	10
3.2.	Localisation des stations, Campagnes, Méthodes utilisées	10
3.2.1.	Choix et localisation des stations et principe de codification	10
3.2.2.	Dates des campagnes et conditions météorologiques et hydrologique.....	17
4.	QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX.....	19
5.	ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX	21
6.	ETUDE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES, QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX.....	21
	SYNTHÈSE PAR STATION	24
7.	CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS.....	24
8.	COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS BIOLOGIQUES ANTÉRIEURS	25
9.	RÉSUMÉ - CONCLUSION	26
10.	BIBLIOGRAPHIE.....	27
11.	ANNEXES.....	30

1. INTRODUCTION

Cadre du mandat Depuis 1990, le Service l'Environnement du Canton du Valais (SEN, anciennement SPE) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface (cf. rapports 1991 à 2016). 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 2017, le choix du SPE s'est porté sur le secteur du Rhône chablaisien, entre St-Maurice et le lac Léman, sur un peu plus de 20 km. Ce mandat a été attribué conjointement par le SEN et la Direction générale de l'environnement du canton de Vaud (DGE-Vaud) DIREV-PRE, aux bureaux biol conseils sa à Sion et PhycoEco (Dr François Straub) pour la partie « diatomées ».

Un premier document (fiches et note d'accompagnement) résumant les résultats obtenus lors de la campagne de printemps a été livré aux 2 services courant 2017.

Le présent rapport établit la synthèse de l'ensemble des résultats d'analyses acquis lors des 2 campagnes, tant physico-chimiques que biologiques, intègre les données disponibles sur les phytosanitaires (contrôle continu depuis 2006), les interprète, les confronte aux données déjà obtenues et propose s'il y a lieu des mesures de gestion visant à améliorer la qualité actuelle du Rhône. La comparaison des anciens résultats à ceux obtenus dans le cadre des nouvelles campagnes permet de préciser l'évolution de la qualité du Rhône.

2. PRÉSENTATION DU CONTEXTE

2.1. Bassin versant

Description générale Pour le Rhône, l'Atlas hydrologique suisse détermine plusieurs sous-bassins versants dans la plaine. Le fleuve, colonne vertébrale du réseau hydrographique reçoit toutefois de nombreux affluents qui influencent l'hydrologie du Rhône et augmente la superficie de son bassin versant étendu. Pour la partie qui nous concerne dans cette étude, le Rhône couvre 2 sous-bassins dont les caractéristiques sont reportées dans le Tableau 1.

Critères	Caractéristiques selon l'Atlas hydrologique suisse
Sous-bassins	2 sous-bassins : 50-355 / 50-313
Superficie	100.7 km ² / 44.7 km ²
Altitude moyenne	399 m / 1'292 m
Pente moyenne	2.4% / 26.8%
Surface glacière	0% / 0.3%
Surface boisée	11.3% / 32.5%
Surfaces rendues étanches	6.5% / 1.4%
Communes concernées	VD (RD): Lavey-Morcles, Bex, Ollon, Yverne VS (RG): Massongex, Monthey, Collombey-Muraz, Port-Valais

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques du bassin versant du Rhône chablaisien.

2.2. Réseau hydrographique

Situation générale Le linéaire du Rhône étudié, entre l'amont de St-Maurice et le lac Léman est marqué par les principaux affluents suivants (d'amont en aval) :

- Le Mauvoisin en RG dans le tronçon à débit résiduel,
- L'Avançon en RD à hauteur de Massongex,
- La Vièze en RG à hauteur de Monthey,
- La Gryonne en RD,
- La Grande-Eaux en RD en aval d'Aigle.

Relevons que la station amont se localise dans le tronçon à débit résiduel (barrage de Lavey) dont la restitution se localise à hauteur de St-Maurice.

Fortement influencé par l'exploitation hydroélectrique, le régime hydrologique du Rhône n'a pas été déterminé par l'Atlas hydrologique suisse.

Le réseau hydrographique principal est présenté sur la Figure 1.

Rhône reste classé en rivière de montagne, appartenant selon ILLIES (1963) au rhithron. Du point de vue piscicole, la zonation établie par HUET (1949) le situe dans la zone à Salmonidés dominants.

2.3. Interventions humaines

2.3.1. Exploitations hydrauliques

Un aménagement principal : le barrage de Lavey Données tirées de l'Atlas hydrologique suisse

Sur le linéaire étudié, le Rhône est influencé par l'aménagement hydroélectrique de Lavey, propriété des SIL (service industriel de la Ville de Lausanne). Mis en service en 1950, les eaux du Rhône sont dérivés jusqu'à la centrale souterraine située près de Lavey-Village, sur environ 4.5 km. Selon l'Atlas hydrologique suisse, cet aménagement modifie le débit moyen annuel du Rhône :

- Depuis l'aval du barrage et sur l'entier des 4.5 km, le débit résiduel est inférieur à 20 % du débit moyen annuel naturel ;
- A partir de la restitution, le débit est supérieur à 80% du débit moyen annuel ; il est même augmenté de 20% en hiver (conséquence de l'exploitation hivernale des eaux stockées dans les barrages) ; cette situation implique un fort effet d'éclusées.

2.3.2. Prises d'eau potable et bisses

Aucun captage d'eau potable ni aucune prise de bisse ne sont recensés directement sur le Rhône (voir Figure 1) ; les prélèvements sont opérés sur les bassins versants latéraux et sur les affluents. Cependant, l'eau de la nappe est pompée pour divers usages. Le volume total d'eau capté n'est pas connu.

2.3.3. Assainissement des eaux usées

Rejet de STEP dans le BV Outre les STEP qui se rejettent dans les affluents plus en amont, le Rhône en plaine est influencé par plusieurs rejets de STEP qui sont d'amont en aval :

- STEP de Lavey-St. Maurice en RD, qui rejette ces eaux directement au Rhône (8'000 EH),
- STEP de Bex en RD, dont les effluents vont à l'Avançon, quelques 300 m en amont de la confluence avec le Rhône, inaugurée en 1985 (10'000 EH),
- STEP de CIMO-Monthey en RG, STEP mixte (360'000 EH), dont l'assainissement de l'étang a été mené depuis 2009 (fin de la quatrième étape prévue vers 2020),
- STEP d'Aigle en RD rejette ces eaux dans la Monneresse qui a sa confluence près de celle la Grande Eaux, à 1.4 km de son embouchure dans le Rhône (25'000 EH),
- STEP de Vouvry en RG rejette ces eaux au Rhône par pompage (5'000 EH).

Il est probable que des ouvrages du réseau d'assainissement (DO – BEP) se déversent dans le Rhône. Ils n'ont pas été recensés dans le cadre de cette étude.

2.3.4. Extraction de graviers

Il n'y a pas d'exploitation de graviers dans le lit du Rhône sur le linéaire étudié. Les zones d'extractions indiquées sur la Figure 1 à proximité du Rhône correspondent soit à des anciens sites de gravières en nappe, soit des places de dépôt (zone de Boeufferrant).

2.3.5. Morphologie

Morphologie endiguée L'ensemble du linéaire du Rhône a été corrigé lors de la première correction dans les années 1860 (aménagement d'épis pour canaliser le lit), puis la seconde une centaine d'année plus tard (création de banquettes sur les anciens épis pour réduire la largeur du lit et éviter ainsi les dépôts de matériaux dû à l'alluvionnement. La morphologie du lit est très linéaire, l'écoulement étant contenu entre 2 digues parallèles. Quelques secteurs plus larges laissent apparaître des plages constituées de blocs, galets et graviers, qui sont exondées en basses eaux, comme en aval immédiat de St-Maurice. Ces plages sont généralement très colmatées du fait des éclusées (possibles inondations et exondations quotidiennes). Les caractéristiques morphologiques des stations sont synthétisées dans le Tableau 2.

2.3.6. Valeurs naturelles

Sites protégés le long du Rhône Bien que hors influence du Rhône et plusieurs sites remarquables (protection fédérale ou cantonale) sont à signaler sur le linéaire étudié :

- Canal de la Tuilière en RD en face de l'embouchure de la Vièze (VD463), site de reproduction des batraciens de plus de 17 ha,
- Iles des Clous en RD, zone alluviale en aval d'Aigle (ZAIN 124) couvrant une surface de plus de 38 ha,
- Le site des Grangettes (site IFP 1502, zone OROEM 8) à l'embouchure dans le lac Léman.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Principes et Intervenants

Association de bureaux Le but de cette étude est de connaître la qualité du Rhône dans le Chablais en différents points, répartis sur le tronçon entre St-Maurice et le lac Léman.

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 l'environnement (SEN) ;
- examen de la **qualité physico-chimique** de l'eau à l'aide de sondes portables et **prélèvements** d'échantillons d'eau pour analyses physico-chimiques : bureau biol conseils ; analyses des échantillons d'eau : laboratoire du SEN ;
- étude des **diatomées** fixées sur le substrat comme indicatrices de la qualité des eaux : Dr François Straub (PhycoEco ; détermination et interprétation des résultats, avec constitution d'une collection de référence qui sera déposée au Musée de la Nature en Valais) ; les prélèvements des échantillons ont été effectués par biol conseils ;
- 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 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

10 stations d'étude Au total, 10 stations ont été retenues en fonction des caractéristiques de l'environnement et des aménagements (cf. Tableau 2, Figure 1 et photos pages suivantes), réparties sur l'ensemble du linéaire en rive droite (RD) et rive gauche (RG).

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, « RHO » pour le Rhône. Les chiffres qui leur font suite représentent la distance kilométrique de la station par rapport à la confluence avec le milieu récepteur (soit le lac Léman pour le Rhône). Ainsi, « RHO 26.2 » indique la station localisée à 26.2 km de l'embouchure dans le Léman.

Les caractéristiques du milieu et les interventions humaines susceptibles d'influencer les stations étudiées apparaissent dans le Tableau 3 (voir photos en pages suivantes).

Stations	Code	Coord X	Coord Y
Amont confl. Mauvoisin (RD)	RHO 26.2	567'015	117'683
Aval St-Maurice (RD)	RHO 23.9 RD	566'385	119'676
Aval St-Maurice (RG)	RHO 23.9 RG	566'330	119'680
Aval Confl. Avançon (RD)	RHO 21.9	565'430	121'440
Amont STEP CIMO (RG)	RHO 19.9	564'520	122'980
Aval STEP CIMO (RG)	RHO 18.9	563'840	123'720
Pont d'Illarsaz (RG)	RHO 12.4	561'041	129'157
Aval confl. Grande Eau (RD)	RHO 11.0	561'000	130'632
Amont Vouvy (RD)	RHO 08.3	559'156	132'126
Aval Porte du Sex (RG)	RHO 04.4	557'395	134'716

Tableau 2 : Coordonnées des stations de prélèvements sur le Rhône (2017).

Stations	Code	Altitude (en m)	Pente*	Caractéristiques morphologiques	Interventions humaines
Amont confl. Mauvoisin (RD)	RHO 26.2	410	0.1%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur et variation limitée de la profondeur, 1 radier naturel en partie exondé (débit réduit) créé par le torrent du Mauvoisin	Barrage de Lavey (tronçon à débit résiduel), STEP d'Evionnaz et d'Orgamol 5 km en amont Déchets d'eaux usées
Aval St-Maurice (RD)	RHO 23.9 RD	405	0.2%	RD enrochée mais arborée, lit plus large induisant un dépôt sous forme de bancs	STEP de Lavey-Morcles (RD) environ 1 km en amont Flocons papier WC en novembre
Aval St-Maurice (RG)	RHO 23.9 RG	405	0.2%	RG enrochée mais plus naturelle au contact du versant, lit plus large courant en RG	STEP de Lavey-Morcles (RD) environ 1 km en amont Flocons papier WC en février
Aval confl. Avançon (RD)	RHO 21.9	399	0.1%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit	STEP de Bex (RD) effluents dans Avançon, environ 400 m en amont Flocons papier WC en novembre
Amont STEP CIMO (RG)	RHO 19.9	396	0.25%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur du lit, large dépôt en RG créé par la Vièze et îlot au centre	Rejet des eaux de refroidissement avec installation de floculation au chlorure ferrique (RG en aval)
Aval STEP CIMO (RG)	RHO 18.9	395	0.2%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit, vitesse d'écoulement uniforme, incision du lit	STEP CIMO (RG) environ 500 m à l'amont
Pont d'Illarsaz (RG)	RHO 12.4	386	0.3%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit, dépôts de galets en RG (aval station)	-
Aval confl. Grande Eau (RD)	RHO 11.0	386	0.4%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur et variation de la profondeur limitée, large dépôt en RD créé par la Grande Eau	STEP d'Aigle (RD) environ 1.4 km en amont via le canal
Amont Vouvy (RD)	RHO 08.3	384	0.07%	Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit, grand banc de galet et RD	-
Aval Porte du Sex (RG)	RHO 04.4	379		Tronçon endigué, aucune variabilité de la largeur du lit, incision du lit, blocs des berges se déchaussent, poches de limon	-

* La pente correspond à la pente mesurée sur la station à l'aide de l'outil disponible sur www.map.geo.admin.ch.

Tableau 3 : Caractéristiques des stations étudiées sur le Rhône (2017).



Photo 1 : RHO 26.2 « Amont confl. Mauvoisin (RD) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 2 : RHO 23.9 RD « Aval St-Maurice (RD) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 3 : RHO 23.9 RG « Aval St-Maurice (RG) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 4 : RHO 21.9 « Aval confluence Avançon (RD) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 5 : RHO 19.9 « Amont STEP CIMO (RG) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 6 : Photo 7 : RHO 19.9 « Amont STEP CIMO (RG) », floccs d'hydroxydes de fer (biol conseils, février 2017).



Photo 8 : RHO 18.9 « Aval STEP CIMO (RD) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 9 : RHO 12.4 « Pont d'Illarsaz (RG) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 10 : RHO 11.0 « Aval confl. Grande Eau (RD) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 11 : RHO 08.3 « Amont Vouvry (RD) » (biol conseils, novembre 2017).



Photo 12 : RHO 04.4 « Aval Porte du Sex (RG) » (biol conseils, novembre 2017).

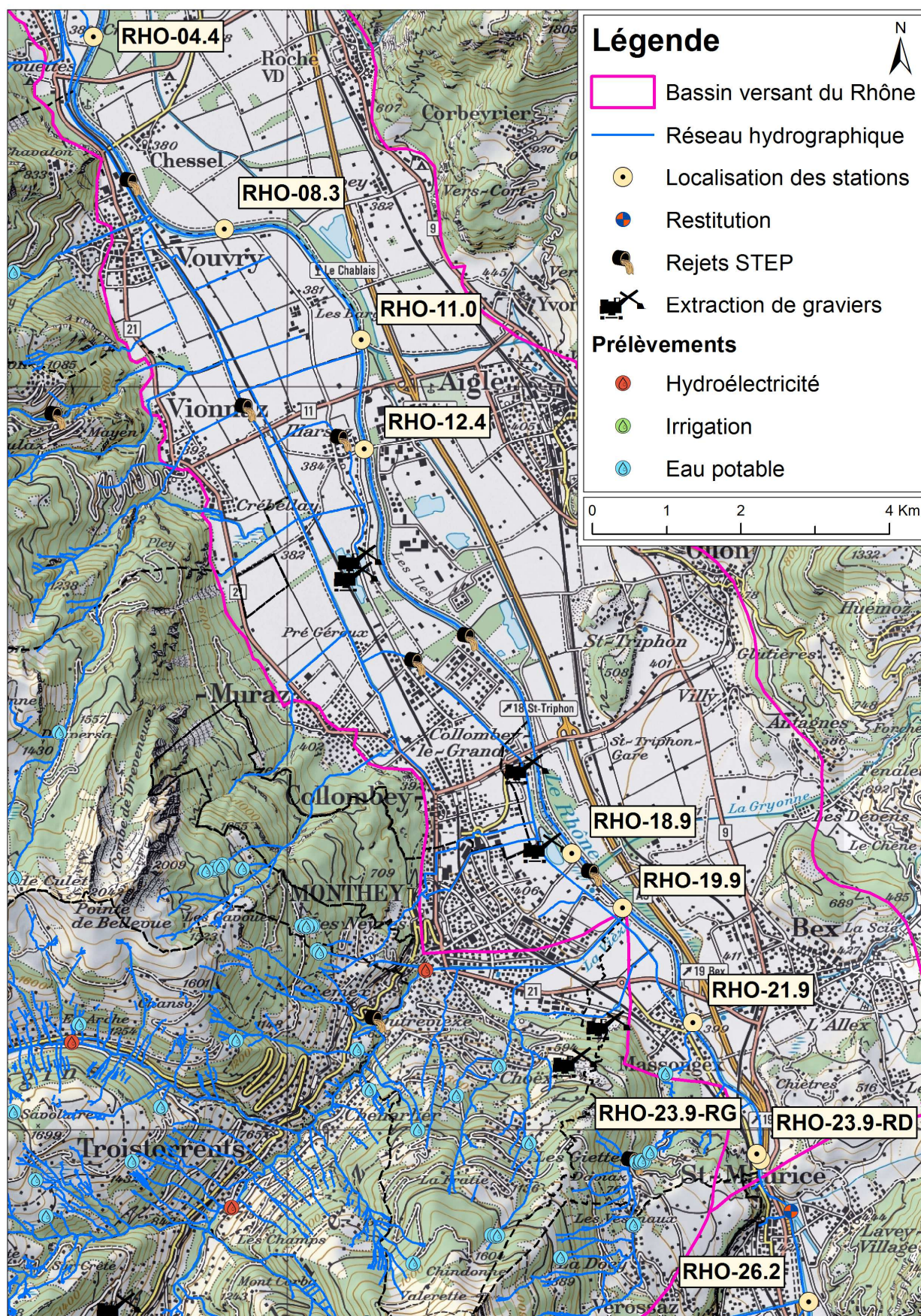


Figure 1 : Contexte du bassin versant du Rhône entre St-Maurice et le Léman et localisation des stations d'échantillonnage (2017). Les captages sont extraits de la BD-Invent (présentés uniquement pour le Valais).

3.2.2. Dates des campagnes et conditions météorologiques et hydrologique

Météorologie 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, 2 campagnes « physico-chimie », « diatomées » et « faune benthique » (cf. Annexe 1) ont été réalisées par les bureaux biol conseils et PhycoEco (février et novembre 2017).

Le Tableau 4 récapitule les dates des campagnes et indique les conditions météorologiques. Les prélèvements ont généralement été réalisés par temps sec, parfois pluvieux en novembre ; le cas échéant, les hauteurs de précipitations sont mentionnées pour le jour même et les 2 jours précédents. Les données de pluviométrie ont été fournies par MétéoSuisse. La station météo considérée est celle de Bex.

Les investigations ont été menées les week-ends suivants :

- 25 et 26 février 2017, par beau temps le samedi et en partie nuageux le dimanche et pluies en fin de journée
- 18-19 novembre, par temps couvert et faible pluie intermittente puis ensoleillée le dimanche.

Aucun épisode de pluie n'est à signaler les jours précédents (conditions hydrologiques stables de ce point de vue).

Date	Condit. météo	Type d'analyse	RHO 26.2 RD	RHO 23.9 RD	RHO 23.9 RG	RHO 21.9 RD	RHO 19.9 RG	RHO 18.9 RG	RHO 12.4 RG	RHO 11.0 RG	RHO 08.3 RD	RHO 04.4 RD
25-26 février 2017	ensoleillé / couvert (15 mm)	IBCH, diatomées, physico-chimie	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18-19 novembre 2017	couvert / pluie / ensoleillé (10.7mm)	IBCH, diatomées, physico-chimie	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tableau 4 : Protocole d'étude du Rhône en 2017 et météorologie rencontrée sur le terrain.

Exploitation hydroélectrique Afin de se tenir le plus possible hors des périodes de turbinage, ceci pour éviter d'échantillonner dans les surfaces exondées quotidiennement, il était indispensable de réaliser les prélèvements de faune benthique et de diatomées un week-end en basses eaux. Un contrôle du débit sur la station limnimétrique de l'OFEV à la Porte du Scex (cf. Figure 2 et Figure 3) a permis de s'assurer que les conditions étaient respectées.

En février, on constate que les débits étaient relativement stables et que le turbinage était de faible amplitude (petite augmentation du débit le samedi après-midi). Le débit ne dépassait pas 75 m³/s (débit moyen journalier de respectivement 73.5 m³/s et 63.9 m³/s), ce qui était inférieur à la moyenne mensuelle du mois de février (84 m³/s en 2017). Celui-ci présente le débit mensuel le plus bas sur l'ensemble de l'année. Les prélèvements ont donc été effectués en étiage, dans la fenêtre tampon de prélèvement recommandée par la méthode IBCH.

En novembre par contre, les débits sont plus élevés et oscillent entre 80 m³/s et 225 m³/s (débit moyen journalier de respectivement 122 m³/s et 99.1 m³/s), ce qui reste toutefois

inférieur à la moyenne mensuelle du mois de novembre (138 m³/s en 2017). Le samedi, les prélèvements effectués entre 6h et 12h l'étaient durant un creux, par contre ceux de l'après-midi se sont superposés à un turbinage. Le dimanche, les conditions étaient bonnes dès le début de matinée. Seuls donc 2, voire 3 stations, ont pu être influencées par une variation de débit durant la journée de prélèvement (indication à prendre en compte lors des interprétations).

Le débit d'étiage à considérer est celui de février.

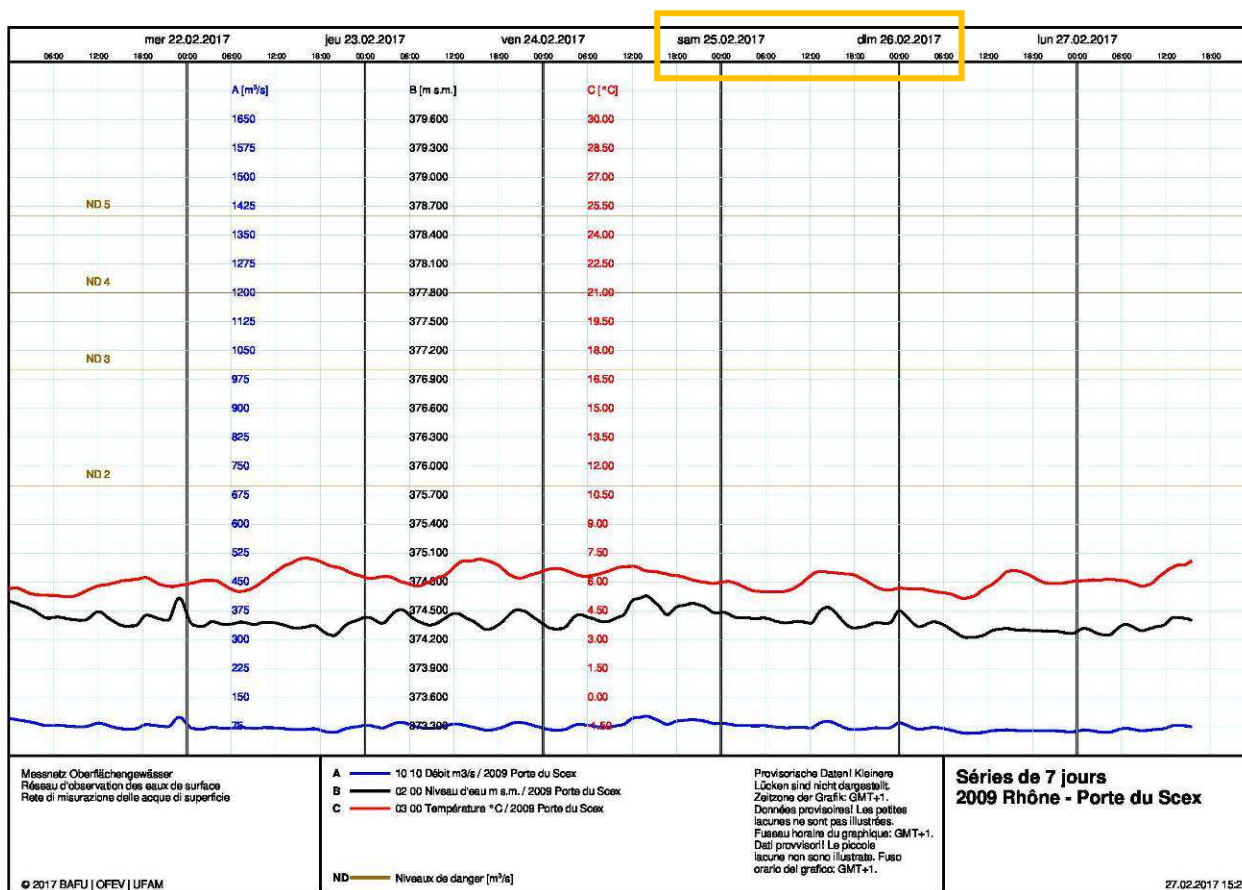


Figure 2 : Enregistrement des débits, niveau d'eau et température (station OFEV Porte du Scex) en février 2017.

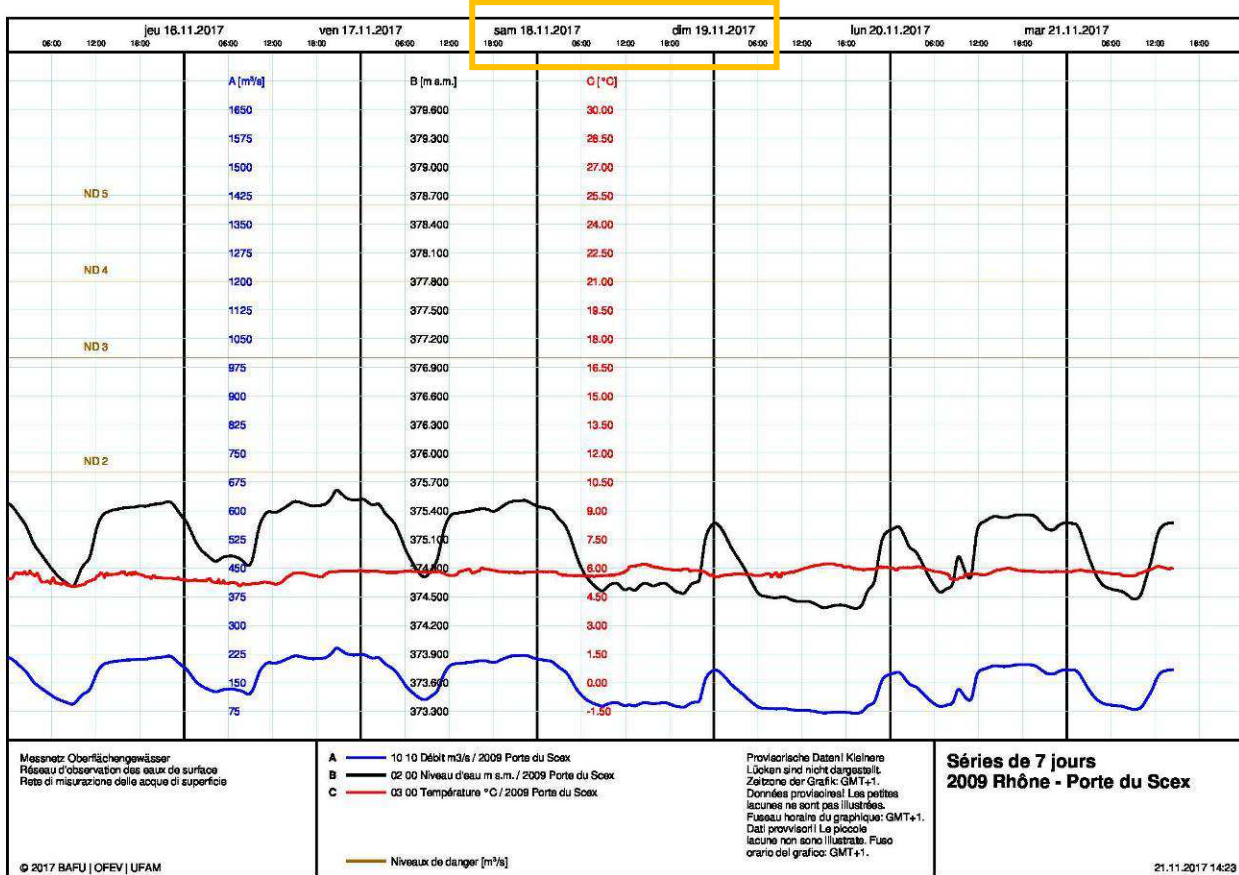


Figure 3 : Enregistrement des débits, niveau d'eau et température (station OFEV Porte du Scex) en novembre 2017.

4. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Paramètres classiques conclusions

La qualité physico-chimique des eaux du Rhône est largement influencée par celle de ses affluents. La température, comprise entre 4 et 9°C toute campagne confondue, est légèrement supérieur en février. Le pH, légèrement alcalin, fluctue entre 7.4 et 8.3. La conductivité varie entre 300 et 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$, correspondant à des eaux assez à très fortement minéralisées. Les 2 campagnes ayant été effectuées hors périodes de fonte des neiges, les concentrations en MES sont toujours très faibles (<20 mg/l).

Les analyses chimiques (COT, COD, Ptot, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) indiquent une **bonne à très bonne** qualité de l'eau pour l'ensemble des stations et des campagnes, répondant aux exigences légales (Figure 4). Le NH_4^+ , est le paramètre classé le plus souvent en bonne qualité dans la quasi-totalité des stations étudiées, alors que les différents autres montrent généralement une très bonne qualité dans la majorité des stations.

Phytosanitaires conclusions

Aucun produit phytosanitaire n'a dépassé les exigences de l'OEau. Toutefois, le glyphosate et l'AMPA sont régulièrement présents. Sur la période 2008-2017, les concentrations maximales des produits phytosanitaires sont en diminution pour la plupart des substances. Sur les 30 principes actifs pharmaceutiques recherchés, certains sont retrouvés dans les eaux du Rhône à des concentrations encore très importantes. Un maximum de 0.96 $\mu\text{g}/\text{L}$ a été mesuré pour la Metformine, antidiabétique.

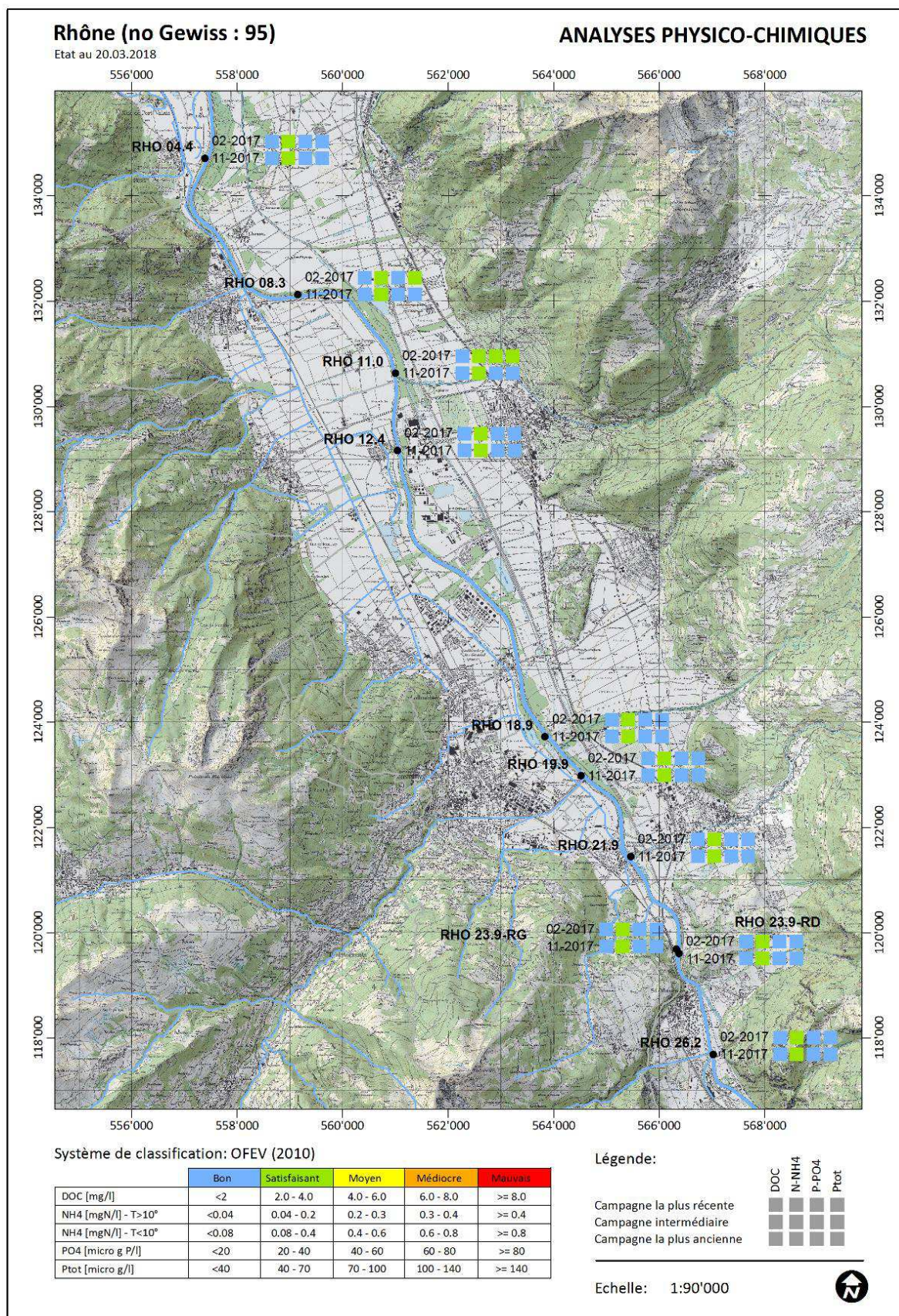


Figure 4 : Résultats des analyses physico-chimiques sur le Rhône (2017)

5. ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

Conclusions La densité des communautés de diatomées est plus élevée que celle trouvée entre Brig et Martigny en 2007-2008. Elle est même très élevée en aval du tronçon étudié à Vouvry et à la Porte-du-Scex au mois de février (plus de 10 millions de cellules/cm²), malgré la turbidité élevée des eaux. La densité est plus faible en novembre qu'en février. La biomasse des diatomées (en g/m²) est directement proportionnelle à la densité des peuplements. La proportion est un peu réduite dans les communautés perturbées par l'activité hydrologique et riches en petites espèces pionnières. Sinon la taille des peuplements est inversement proportionnelle au taux de fragmentation des diatomées (indice de létalité) et inversement proportionnelle à l'indice d'agressivité de l'eau (produit de la vitesse et du taux de MES) : ces deux corrélations indiquent que l'activité mécanique de l'eau (agitation et érosion) sont les facteurs primordiaux qui régissent quantitativement le développement des diatomées. En particulier à l'amont de CIMO la densité et la biomasse chutent de manière spectaculaire sous l'effet de l'agitation causée par l'affluence de la Vièze.

Seules quelques formes tératologiques non spécifiques de toxicité ont été trouvées. La flore des diatomées est commune, l'abondance des espèces de la liste rouge est faible. L'espèce la plus abondante et fréquente est *Achnanthydium lineare* s. l., petite espèce pionnière très sensible mais dont le degré de raréfaction n'est pas connu. La diatomée envahissante *Didymosphenia geminata* a été trouvée à presque toutes les stations.

D'après les valeurs de l'indice officiel DI-CH (Figure 5), la qualité des eaux est excellente, voire encore très bonne même dans les stations les plus polluées. Ces résultats sont probablement optimistes car les valeurs des indices saprobique et trophique suggèrent que parfois les charges oxydables ou engraisantes sont trop élevées. C'est le cas en février à l'amont de la STEP de CIMO. En novembre l'ensemble du linéaire entre CIMO et le pont d'Illarsaz semble trop chargé, ainsi que la station de la Porte-du-Scex. Dans plusieurs stations, l'impact des eaux usées se marque par la présence de fibres textiles (cellulose et synthétiques) ou de fibres de bois (papier WC) vues au microscope, accrochées aux algues filamenteuses. La divergence entre l'interprétation du DI-CH et des autres indices a plusieurs fois été relevée. Ainsi parfois à ces endroits, les objectifs écologiques de qualité des eaux ne sont probablement pas atteints. Par contre dans la plupart des cas, les objectifs d'adaptation des communautés aux stations ne sont pas atteints, d'après les critères que nous avons retenus pour les Alpes et les Préalpes.

Les algues macroscopiques sont présentes sur presque tout le tronçon. Elles sont essentiellement représentées par des espèces à tendance eutrophiles.

6. ETUDE 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 5. Les interprétations de l'étude de la faune benthiques sont développées dans l'Annexe 5.

Le Rhône est moyennement à bien diversifié au niveau de ses substrats, largement minéraux. Les substrats organiques doivent souvent être patiemment recherchés. Les algues filamenteuses sont toutefois bien présentes dans chaque station. Les substrats de l'ensemble des stations souffrent d'un colmatage modéré à fort.

L'abondance moyenne des macroinvertébrés benthiques présents dans le Rhône est supérieure à l'abondance moyenne trouvée dans ses affluents. Cette observation s'explique par la forte abondance de 3 taxons (Chironomidae, Gammaridae et Planariidae ; > 20'000 individus au total sur l'ensemble des stations) qui prolifèrent sur certaines stations. La faune benthique est plus abondante en février (56% des individus récoltés) qu'en octobre (44%).

A noter que les escargots exotiques *Potamopyrgus antipodarum* et *Haitia acuta* ont été régulièrement observés sur le linéaire aval dès la station RHO 19.9.

La majorité des prélèvements (13 sur un total de 20) obtient une qualité **satisfaisante** (note IBCH entre 13 et 16), avec un groupe indicateur (GI) compris entre 7 et 9, et une diversité taxonomique variant entre 16 et 27. 7 stations obtiennent toutefois une note **moyenne** de 11 ou 12 (GI de 7 ou 8, diversité taxonomique entre 12 et 20), et ne respectent donc pas les objectifs légaux. Les prélèvements effectués en novembre atteignent plus souvent une qualité satisfaisante (9 stations sur les 10) que ceux de février (4 stations sur les 10). Avec une note IBCH moyenne de 13.1 (19.5 taxons, 36 taxons au total) sur l'ensemble des stations et des campagnes, le linéaire étudié du Rhône est très proche de la note moyenne de l'ensemble des études précédentes (12.9, période 2002-2016).

La qualité du milieu traduite par l'IBCH est relativement complexe à interpréter dans le Rhône. Les observations de terrain et l'analyse détaillée de la faune benthique indiquent que les notes IBCH obtenues sont étroitement liées à plusieurs facteurs :

- La bonne qualité physico-chimique et les températures froides, qui garantissent une eau bien oxygénée. Les conditions ne sont pas limitantes de ce point de vue pour la faune benthique ; ainsi, les GI 8 ou 9 sont souvent représentés par certains taxons comme les Capniidae (GI 8) ou Taeniopterigidae (GI 9) ;
- La morphologie de la station et les substrats en place. En raison du cours rectiligne du Rhône actuel et d'un écoulement laminaire, la dynamique naturelle est fortement limitée. Les substrats, largement dominés par les galets sont très homogènes sans tri granulométrique. Les fortes concentrations en MES (fonte nivale au printemps et surtout glaciaire en été), ainsi que le déstockage des eaux des barrages induisent une turbidité quasi permanente et un colmatage des substrats. L'effet des éclusées renforce ces atteintes. Ainsi, la présence ponctuelle d'éléments de diversification (gros blocs, écoulement plus lent, gouilles marginales, bois mort, etc.) fonctionne comme des îlots propices à abriter une faune benthique plus diversifiée, augmentant la diversité taxonomique, ce qui influencent positivement la note IBCH ;
- L'influence des affluents : dans un contexte général plutôt défavorable à la faune benthique, l'embouchure des affluents constitue également de véritables îlots dans lesquelles une faune diversifiée peut subsister. De plus, le Rhône est régulièrement alimenté en faune benthique par dérive via les affluents, notamment lors de crues.

Ces facteurs influencent de manière prépondérante les résultats IBCH du Rhône, rendant l'impact des autres perturbations (débit résiduel, effluents de STEP, rejets d'eaux usées, DO, BEP, etc.) difficile à détecter. De plus, les taxons les plus sensibles à la qualité du milieu (GI 9) sont régulièrement présents, mais en faible quantité (entre 1 et 4 individus selon les stations). Ainsi, sur 15 prélèvements contenant au moins 1 individu du GI 9, 9 (60%) présentent moins de 3 individus de la même famille ; le GI 9 n'est donc pas retenu. En conséquence, la note IBCH fluctue en fonction du nombre d'individus du GI 9 capturés. Malgré ces limitations, l'interprétation conjointe des résultats (aspect général, indices diatomiques, etc.) pourra mettre en évidence un possible impact négatif de rejets d'eaux usées ou d'effluents de STEP sur la qualité du Rhône (cf. fiches de synthèse en Annexe 6).

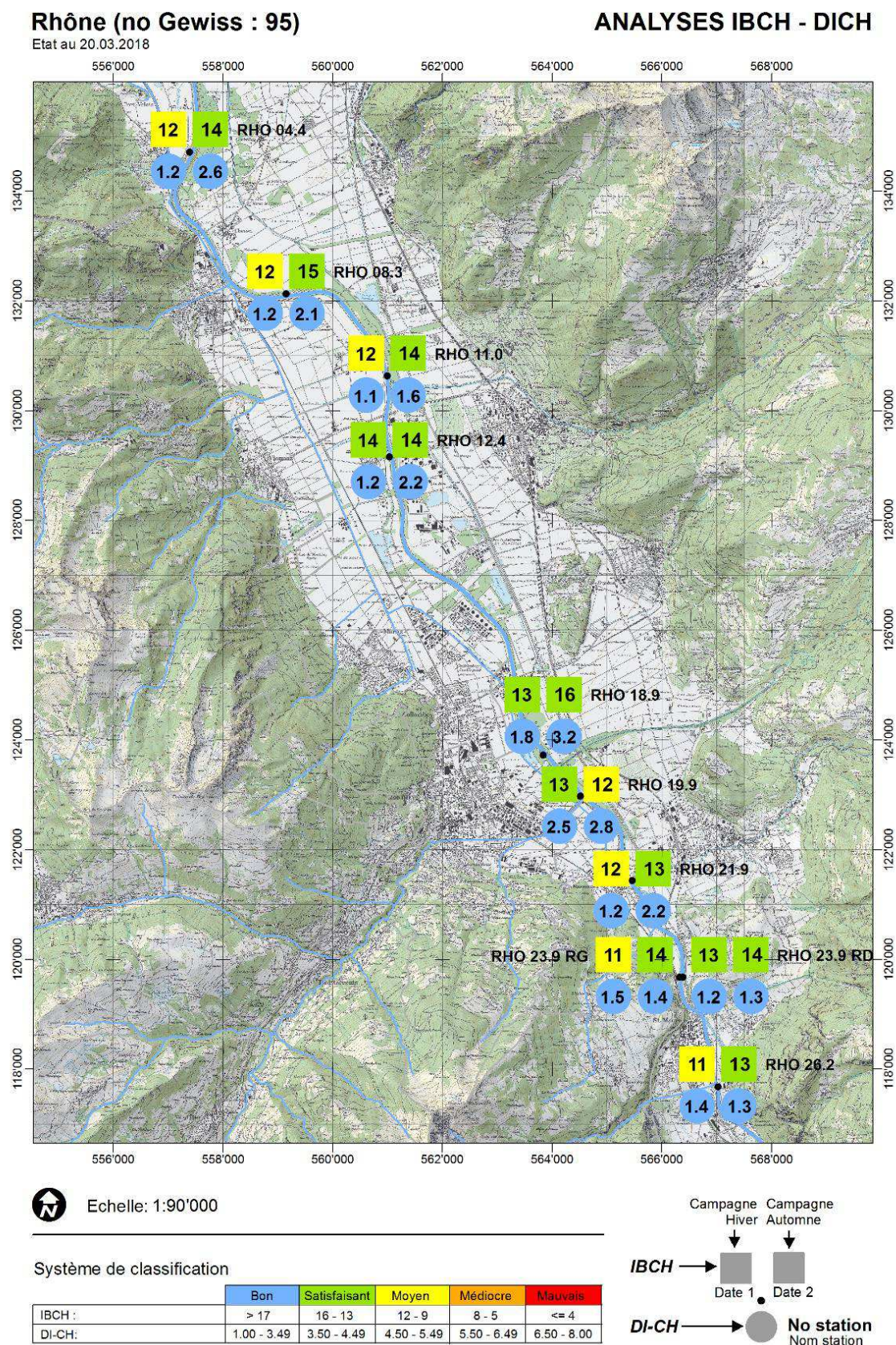


Figure 5 : Résultats des analyses IBCH et indices diatomiques sur le Rhône (2017).

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.

7. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS

L'ensemble des résultats ne sont pas toujours concordants. La physico-chimie n'indique aucune pollution significative. Les notes IBCH fluctuent entre une qualité moyenne et satisfaisante, suggérant une atteinte modérée au milieu, en particulier en février. L'étude des diatomées montre une atteinte à la qualité de l'eau, en particulier à l'amont et à l'aval de la STEP de CIMO en novembre, mais également sur d'autres stations.

	Période / station	Physico-chimie (paramètres déclassant: NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻)	Diatomées trophie	Diatomées saprobie	Note IBCH (qualité selon norme IBCH)	Note IBCH (après test de robustesse)
Février 2017	RHO 26.2 - Amont confl. Mauvoisin		1.64	(I)-II	11	11
	RHO 23.9 RD - Aval St-Maurice		1.77	I-II	13	12
	RHO 23.9 RG - Aval St-Maurice		1.97	(I)-II	11	11
	RHO 21.9 - Aval Confl. Avançon		1.68	(I)-II	12	12
	RHO 19.9 - Amont STEP CIMO		2.03	II-(III)	13	13
	RHO 18.9 - Aval STEP CIMO		2.08	II	13	13
	RHO 12.4 - Pont d'Illarsaz		1.89	I-II	14	14
	RHO 11.0 - Aval confl. Grande Eau		1.68	I-II	12	12
	RHO 08.3 - Amont Vouvry		1.85	I-II	12	12
	RHO 04.4 - Aval Porte du Sex		1.81	I-II	12	12
Novembre 2017	RHO 26.2 - Amont confl. Mauvoisin		1.58	(I)-II	13	11
	RHO 23.9 RD - Aval St-Maurice		1.68	(I)-II	14	13
	RHO 23.9 RG - Aval St-Maurice		1.79	(I)-II	14	13
	RHO 21.9 - Aval Confl. Avançon		2.03	II	13	13
	RHO 19.9 - Amont STEP CIMO		2.17	II-III	12	12
	RHO 18.9 - Aval STEP CIMO		2.33	II-(III)	16	14
	RHO 12.4 - Pont d'Illarsaz		1.92	II-(III)	14	14
	RHO 11.0 - Aval confl. Grande Eau		1.97	II	14	14
	RHO 08.3 - Amont Vouvry		2.13	II	15	15
	RHO 04.4 - Aval Porte du Sex		2.22	II-(III)	14	14

Légende :

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

Tableau 5 : Confrontation des différents résultats obtenus sur le bassin versant du Rhône en 2017

8. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS BIOLOGIQUES ANTÉRIEURS

Diatomées Les résultats de l'analyse des communautés de diatomées sont :

- Légèrement meilleurs autour de Massongex que ceux obtenus en 2011 (ETEC & Straub, 2009) ;
- Du même ordre de grandeur que ceux obtenus en 2012 (ETEC 2012) en particulier les impacts des rejets de CIMO ;
- Par contre dans l'ensemble, les valeurs trouvées des indices sur ce tronçon chablaisien sont plus faibles que celles obtenues entre Brig et Martigny (ETEC et PHYCOECO 2009). Cela provient du fait, que l'espèce *Achnanthydium lineare* n'était pas clairement distinguée à l'époque par la communauté scientifique et qu'elle était associée abusivement à une espèce plus résistante. De ce fait, une bonne partie des diagnostics posés à l'époque était pessimiste. Pour avoir une idée plus proche de la réalité, il faudrait vérifier l'abondance de cette espèce dans 40 prélèvements que nous conservons en référence. Par contre les prélèvements réalisés dans le secteur Finges ont été corrigés (STRAUB 2013).

Faune benthique Plusieurs données antérieures (voir Tableau 6) ont été retenues pour la comparaison afin de couvrir l'ensemble des stations (2005 canton de Vaud ; 2011 et 2012 ETEC).

La diversité taxonomique, le groupe indicateur et la note IBCH montrent une tendance à l'amélioration entre 2005 et 2017. L'explication la plus probable serait une différence dans la méthodologie, les substrats rares, non recherchés en 2005, ayant été échantillonnés en 2017. En revanche, aucune tendance claire n'apparaît entre 2011-2012 et 2017, les résultats étant relativement comparables.

Campagne	Mars 2005 (Canton VD)				Février 2011 (ETEC)				Février 2012 (ETEC)				Février 2017 (biol conseils)				Novembre 2017 (biol conseils)			
	Station	nbr ind.	GI	Σt	IBGN	nbr ind.	GI	Σt	IBCH	nbr ind.	GI	Σt	IBCH	nbr ind.	GI	Σt	IBCH	nbr ind.	GI	Σt
RHO 26.2	472	7	13	11	-	-	-	-	-	-	-	-	2'018	8	12	11	1'496	9	16	13
RHO 23.9 RD	-	-	-	-	660	9	11	12	-	-	-	-	2'410	9	16	13	637	9	17	14
RHO 23.9 RG	-	-	-	-	1'637	9	16	13	726	9	18	14	1'237	7	16	11	2'248	9	18	14
RHO 21.9	316	7	13	11	-	-	-	-	-	-	-	-	2'040	7	20	12	1'339	8	20	13
RHO 19.9	-	-	-	-	-	-	-	-	366	6	15	10	862	8	20	13	6'13	8	15	12
RHO 18.9	-	-	-	-	-	-	-	-	812	9	18	14	1'997	7	23	13	1'196	9	27	16
RHO 12.4	1'206	7	14	11	-	-	-	-	-	-	-	-	1'133	9	19	14	729	8	23	14
RHO 11.0	1'115	7	17	12	-	-	-	-	-	-	-	-	1'573	7	18	12	1'336	7	25	14
RHO 08.3	1'054	7	13	11	-	-	-	-	-	-	-	-	2'495	7	17	12	2'374	8	27	15
RHO 04.4	343	7	13	11	-	-	-	-	-	-	-	-	3'316	7	20	12	3'269	8	21	14

Tableau 6 : Comparaison des résultats IBGN / IBCH obtenus sur le bassin versant du Rhône entre 2005 et 2017. 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.

9. RÉSUMÉ - CONCLUSION

Depuis 1990, le Service de la Protection de l'Environnement du Canton du Valais (SEN) 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 des eaux, l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBCH). L'étude 2017 s'est portée sur le **Rhône dans le Chablais**, sur un peu plus de 20 km entre St-Maurice et le lac Léman.

Ce linéaire du Rhône est influencé par plusieurs affluents (le Mauvoisin, l'Avançon, la Vièze, la Gryonne et la Grande Eau), par des STEP (Lavey, Bex, CIMO-Monthey, Aigle et Vouvy), ainsi que par le barrage de Lavey (tronçon amont soumis à débit résiduel).

Sur ce linéaire, 10 stations ont été retenues pour qualifier le milieu aquatique en fonction des caractéristiques de l'environnement et des aménagements. Deux campagnes physico-chimiques, « diatomées » et « faune benthique » ont été réalisées en février et novembre.

Les résultats des analyses physico-chimiques ne montrent aucune pollution de l'eau pour les paramètres « classiques ». Les relevés de l'aspect général et l'observation des algues au microscope révèlent toutefois un impact récurrent des eaux usées sur la quasi-totalité des stations. En 2017, les produits phytosanitaires (suivis dans un monitoring parallèle) respectent les exigences de l'OEau. Leurs concentrations maximales sont en diminution pour la plupart des substances depuis 2008. Sur les 30 principes actifs pharmaceutiques recherchés, certains sont retrouvés dans les eaux du Rhône à des concentrations encore importantes (notamment la Metformine, antidiabétique).

Les diatomées mettent en évidence des charges oxydables ou engraisantes trop élevées, notamment en février à l'amont de la STEP de CIMO, et en novembre sur l'ensemble du linéaire entre Monthey et le pont d'Illarsaz, ainsi que sur la station de la Porte-du-Scex.

L'analyse au microscope des macroalgues a permis de relever des déchets microscopiques provenant de textiles (lessives) et de cellulose provenant de papier WC. Ces déchets principalement observés à l'aval du point RHO 21.9 montrent l'impact des rejets des eaux usées.

Les résultats IBCH, qui fluctuent entre une qualité moyenne et satisfaisante, sont largement influencés par des éléments de diversification des substrats qui fonctionnent comme des îlots favorables à de nombreux taxons dans un milieu très homogène et peu dynamique. L'embouchure des affluents joue également un rôle positif.

Dans l'attente de la mise en œuvre du projet de Troisième correction du Rhône qui améliorera l'écomorphologie du fleuve, sa dynamique et de ce fait la qualité des substrats, plusieurs propositions peuvent être formulées en vue d'améliorer la qualité globale de ce linéaire du Rhône et de diminuer les atteintes observées :

- Contrôle et maintien de la surveillance des STEP, en particulier celles de Lavey-St. Maurice, Bex, CIMO-Monthey (y-compris la station de floculation) et d'Aigle ;
- Recherche d'éventuels apports d'eaux usées, en particulier en amont de St-Maurice qui impactent la station RHO 26.2 (DO, BEP ou mauvais raccordements) ;
- Respect du débit de dotation minimal en aval du barrage de Lavey ;
- Information et surveillance des industries et des agriculteurs ;

- Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu) ;
- Suivi des organismes envahissants (la diatomée invasive *Didymosphenia geminata* et les escargots exotiques *Potamopyrgus antipodarum* et *Haitia acuta* qui sont bien implantés dans ce secteur du Rhône).

10. 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 M., FAUQUET L., MANGE P. et ROSSIER J., 2018. Micropolluants dans les eaux du Rhône. Campagne 2017. SEN. Sion. 16 p. et annexes.
- BERNARD M. et MANGE P., 2015. Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2014, 144-162.
- 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, PhycoEco et BINA 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.
- BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A. 2017. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2015 : La Printse. Rapport des Bureaux biol conseils, PhycoEco et BINA pour le Service de l'environnement (canton du Valais), 23 p. et annexes.
- BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A. 2017. Überwachung der Wasserqualität 2016 : Die Dala. Büros biol conseils, PhycoEco und BINA. Dienststelle für Umw, (Kanton Wallis), 22 p. & Anhang.
- 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, 2012. Evaluation des effets du rejet de la STEP et des stations de pompage sur la qualité physico-chimique et hydrobiologique des eaux du Rhône. Rapport sur mandat de la Compagnie industrielle de Monthey SA (CIMO), 19 p. et 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. SPE. Canton du Valais. 52 p. + annexes.

- EETEC & 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.
- EETEC & 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
- EETEC & 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
- EETEC & 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.
- IMPACT & EETEC, 2012. Aménagement hydroélectrique de Lavey. Rapport d'impact sur l'environnement 2^{ème} étape. Service industriel de Lausanne.
- 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.
- STRAUB 2013. Suivi scientifique du Rhône de Finges - SSRF. Impact des modulations des débits de dotation du barrage de Susten sur les communautés de diatomées et d'algues macroscopiques. Rapport PhycoEco pour FMV SA, 21 p.
- 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.

11. 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 effectuées sur le Rhône en 2017 ; présentation et interprétation de la qualité physico-chimique des eaux.
- Annexe 4 : Présentation et interprétation des résultats des analyses sur le peuplement de diatomées effectuées sur le Rhône en 2017 ; tableau des résultats bruts, voir fichier électronique.
- Annexe 5 : Présentation et interprétation des résultats de l'étude du macrozoobenthos effectuée sur le Rhône en 2017 ; 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 en plaine, à des altitudes comprises entre 410 m et 380 m d'altitude. Pour cette fourchette altitudinale, la méthode IBCH de l'OFEV recommande pour les cours d'eau non soumis aux hautes eaux de fontes nivales et glaciaires un échantillonnage en mars et un second passage facultatif en mai.

Le Rhône dans sa partie amont possède un régime hydrologique glaciaire et glacio-nival, puis reçoit de nombreux affluents avec ce type de régime durant son parcours en plaine jusqu'à Martigny (voir l'Atlas hydrologique suisse). Ainsi, en accord avec le SEN, les campagnes d'échantillonnage ont été fixées en février avant la fonte nivale et glaciaire, et en novembre après les crues d'automne.

Prélèvements physico-chimiques À la demande du SEN, les prélèvements d'eau ont été réalisées de manière **ponctuelle**. Tous les échantillons ont été conservés en glacière avant d'être transmis le soir même au laboratoire du SEN. Selon décision du SEN, la bactériologie n'a été intégrée ; seules des analyses physico-chimiques ont été effectuées.

Mesures de débit Compte tenu des débits du Rhône, selon le cahier des charges du SEN, aucune mesure de débit au Salinomad n'a été réalisée.

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 figurent dans le tableau de synthèse de l'Annexe 3. L'unité des valeurs est précisée dans ce tableau et sont reprises du fichier informatisé des résultats (les concentrations en carbone, azote et phosphore sont exprimées respectivement en mg ou µg de C, N ou P par litre).

Sur le terrain, des relevés de température de l'eau, conductivité, pH, oxygène dissous ont aussi été effectués à l'aide d'une sonde portable. Ces valeurs ont également été introduites dans le tableau de synthèse en Annexe 3.

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 (OEaux). 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). Le Tableau 1 fournit les classes d'interprétation.

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 ⁻⁻⁻	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

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. Tableau 2). 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'OFEV ;
- 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 2 : 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 (dérivé de la norme française IBGN, Indice Biologique Global Normalisé) La méthode retenue pour l'analyse de la qualité biologique est celle de l'IBCH, 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 fouisseuses, appartenant aux ordres des Plécoptères, Ephéméroptères, 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.

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 3). 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.

Les résultats sont introduits dans la base de données du canton, « **BD-Hydrobio** ».

Tableau 3 : 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

¹ Aptitude à héberger une faune abondante et diversifiée.

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 PhycEco 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"

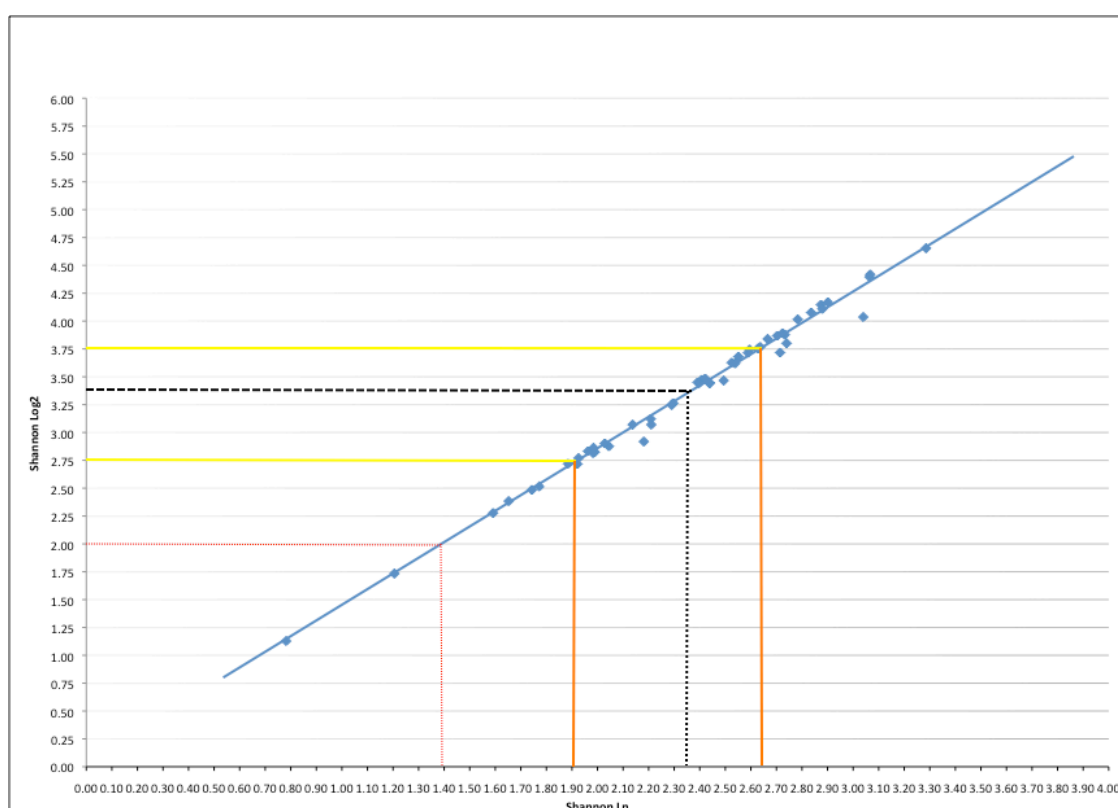


Figure 1 : correspondance entre les valeurs de l'indice de Shannon calculé en log2 et en ln

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).

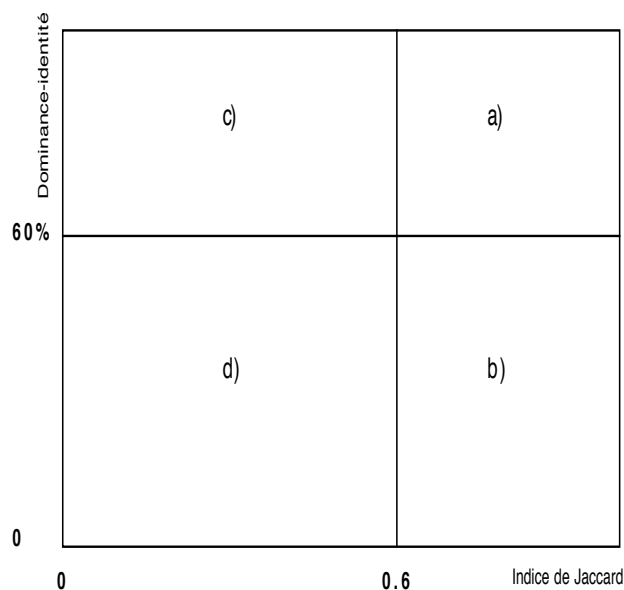


Figure 2 : cadre du diagramme de similitude servant à comparer deux communautés sur la base de l'indice de Jaccard et de la dominance-identité.

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 Batteggazzore 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-méso-polysaprobie</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 Lufthygiene* 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.

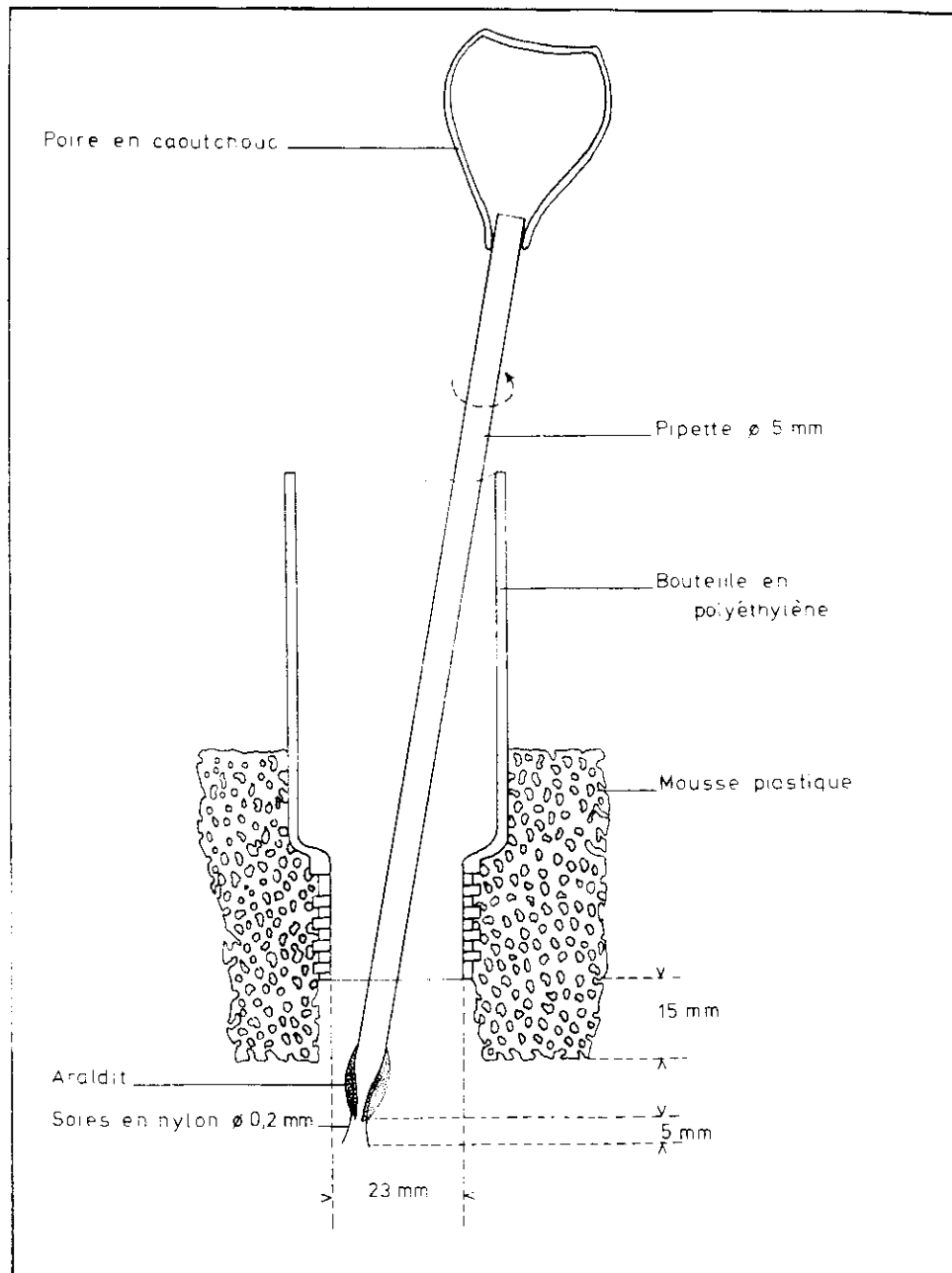
Annexe I

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 du 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 EFFECTUÉES SUR LE RHÔNE EN 2017 ;
PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX**



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

Rivière	Lieu - Station	Code	Altitude	Date	ANALYSES IN SITU						ANALYSES EN LABORATOIRE										
					Débit	temp.	Cond.	pH	O2	O2	Cond. Labo	pH	MES	CI	COT	COD	Ptot	PO4	NH4	NO2	NO3
					l/s	°C	µS/cm		mg/l	%	µS/cm		mg/L	mg/L	mg/L C	mg/L C	mg/L P	mg/L P	mg/L N	mg/L N	mg/L N
Rhône	Amont Mauvoisin, zone débit résiduel barrage Lavey - RD	RHO 26.2_RD	410	26.02.17	-	5.9	315	8.3	12.1	103	305	8.1	4.0	12.3	1.6	1.10	0.011	0.010	0.095	0.025	1.10
Rhône	St-Maurice - RD	RHO 23.9_RD	405	26.02.17	-	5.3	302	8.1	11.7	99	295	8.0	8.0	11.3	1.8	1.11	0.016	0.011	0.160	0.024	1.16
Rhône	St-Maurice - RG	RHO 23.9_RG	405	26.02.17	-	5.0	301	8.1	11.3	96	296	8.0	7.0	11.0	1.5	1.08	0.014	0.010	0.147	0.023	1.24
Rhône	Pont de Massongex, aval Avançon - RD	RHO 21.9_RD	399	25.02.17	-	5.5	406	8.3	12	99	410	8.2	7.8	13.0	1.8	1.36	0.015	0.010	0.247	0.017	1.00
Rhône	Amont STEP CIMO - RG	RHO 19.9_RG	396	26.02.17	-	5.2	400	8.3	11.7	96	407	8.3	3.8	12.1	1.6	1.20	0.024	0.013	0.232	0.022	1.19
Rhône	Les Mangettes, 500 m aval rejet STEP CIMO - RG	RHO 18.9_RG	395	26.02.17	-	5.9	727	8	11.3	95	723	7.8	5.5	104.7	2.3	1.78	0.038	0.016	0.177	0.026	1.21
Rhône	Sous le pont d'Illarsaz - RG	RHO 12.4_RG	386	25.02.17	-	7.0	416	8.2	12.2	105	418	8.1	10.0	39.8	1.9	1.30	0.029	0.013	0.140	0.023	1.15
Rhône	Aval confluence Grande Eau - RD	RHO 11.0_RD	386	25.02.17	-	7.5	532	7.2	11.8	103	539	8.3	6.7	16.6	2.2	1.70	0.040	0.024	0.280	0.019	1.16
Rhône	Amont Vouvry - RD	RHO 08.3_RD	384	25.02.17	-	9.0	425	8.8	15.2	136	436	8.3	1.9	30.0	1.7	1.37	0.051	0.013	0.210	0.030	1.18
Rhône	Aval porte du Scex - RG	RHO 04.4_RG	379	25.02.17	-	6.1	427	8.1	11.5	97	429	8.0	7.6	29.1	1.9	1.48	0.033	0.014	0.227	0.032	1.18
Rhône	Amont Mauvoisin, zone débit résiduel barrage Lavey - RD	RHO 26.2_RD	410	19.11.17	-	6.0	318	8.4	11.6	96	320	8.0	4.1	10.4	0.7	0.45	0.008	0.000	0.093	0.010	0.71
Rhône	St-Maurice - RD	RHO 23.9_RD	405	19.11.17	-	5.2	311	8.2	11.4	93	314	7.9	5.3	9.5	0.7	0.48	0.009	0.000	0.174	0.013	0.74
Rhône	St-Maurice - RG	RHO 23.9_RG	405	19.11.17	-	5.1	295	8.2	11.4	92	299	7.9	5.0	8.4	0.5	0.49	0.011	0.000	0.144	0.012	0.72
Rhône	Pont de Massongex, aval Avançon - RD	RHO 21.9_RD	399	18.11.17	-	5.0	377	8.4	11.7	95	382	8.1	7.0	6.9	0.6	0.57	0.008	0.000	0.110	0.013	0.68
Rhône	Amont STEP CIMO - RG	RHO 19.9_RG	396	19.11.17	-	4.2	452	8.7	12	95	476	8.2	0.8	4.0	0.8	0.60	0.009	0.000	0.049	0.006	0.80
Rhône	Les Mangettes, 500 m aval rejet STEP CIMO - RG	RHO 18.9_RG	395	19.11.17	-	5.5	417	8.3	11.4	93	418	7.9	10.7	48.0	0.8	0.68	0.011	0.000	0.149	0.009	0.65
Rhône	Sous le pont d'Illarsaz - RG	RHO 12.4_RG	386	18.11.17	-	5.8	329	7.8	11.5	95	340	7.9	10.2	21.1	0.9	0.61	0.011	0.000	0.153	0.012	0.69
Rhône	Aval confluence Grande Eau - RD	RHO 11.0_RD	386	18.11.17	-	5.9	446	8.6	11.9	99	455	8.2	6.0	11.0	0.9	0.72	0.015	0.000	0.193	0.019	0.66
Rhône	Amont Vouvry - RD	RHO 08.3_RD	384	18.11.17	-	5.3	259	8.5	11.8	96	265	7.9	13.9	11.1	0.6	0.46	0.012	0.000	0.095	0.008	0.57
Rhône	Aval porte du Scex - RG	RHO 04.4_RG	379	18.11.17	-	5.1	241	8.3	11.6	94	242	7.4	19.1	9.6	0.6	0.52	0.010	0.000	0.101	0.007	0.42



Tableau 1 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques effectuées dans le Rhône en 2017.

3. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

3.1. Résultats

Les résultats physico-chimiques bruts figurent dans le Tableau 1. La représentation cartographique (cf. Figure 4 du rapport principal) indique pour chaque station la qualité des eaux à l'aide des paramètres retenus (DOC, NH₄⁺, PO₄³⁻, Ptot) en février et novembre 2017.

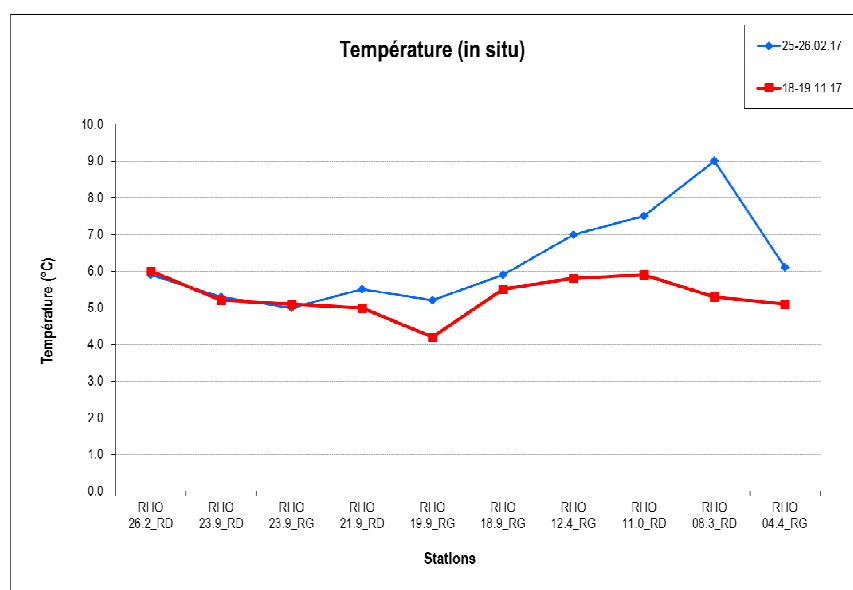
Aux paramètres « classiques », ont été ajoutés le suivi des phytosanitaires qui sont analysés à la Porte du Scex par la confédération (OFEV). Une publication (BERNARD & al. 2018, voir bibliographie dans rapport principal) expose et interprète les résultats acquis. Une synthèse est établie dans ce document.

3.2. Interprétation

3.2.1. Température

Les températures mesurées *in situ* sont comprises entre 4°C et 9°C (Graphique 1). Contrairement à novembre, elles ont tendance en février à augmenter d'amont en aval (débit très stable en février, sans éclusées, permettant aux eaux de se réchauffer et/ou d'être plus influencées par les affluents). Une chute de 3°C est observée en février entre les 2 stations aval. Les mesures de température pouvant être fortement influencées par la morphologie du Rhône (vitesses d'écoulement et lame d'eau variable en particulier sur la station RHO 08.3), l'interprétation de ces variations a peu de sens. On constate qu'entre les 2 campagnes, les températures sont très proches sur les 3 stations amont, puis sont légèrement plus élevées en février dès la station RHO 21.9 (probablement lié à l'influence des affluents latéraux, Avançon, Vièze).

Les figures 2 et 3 du rapport principal montrent les enregistrements pris à la Porte-du-Scex (station OFEV). En février la température tourne autour de 6-7°C ; en novembre elle est quasi constante à 6°C.



Graphique 1 : Températures mesurées in situ dans le Rhône en 2017.

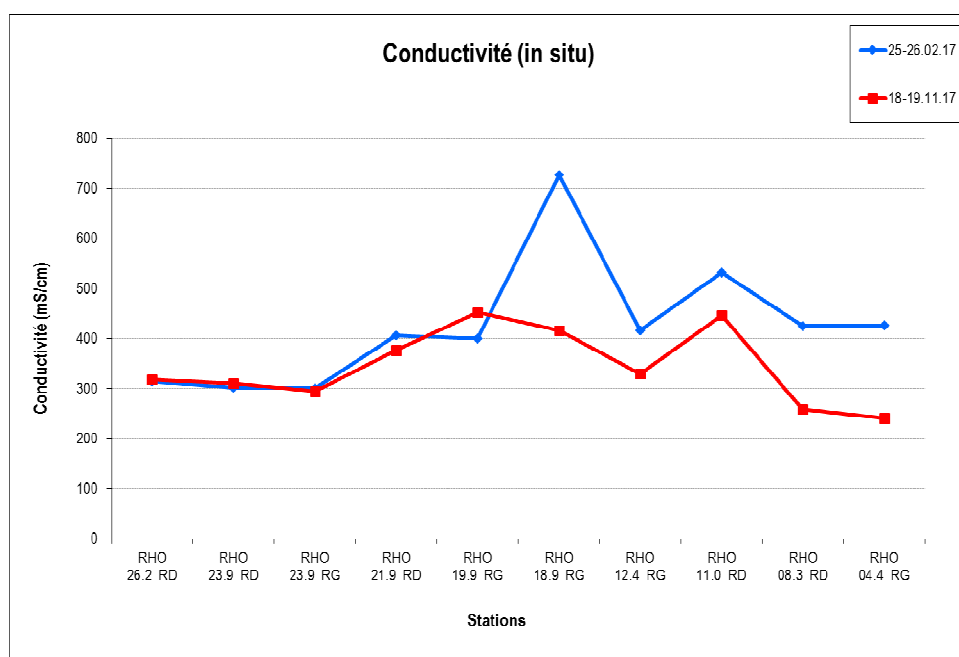
3.2.2. pH

Les mesures réalisées in situ et en laboratoire sont relativement proches et montrent un pH qui fluctue entre 7.4 et 8.3 (mesures labo, entre 7.2 et 8.7 sur le terrain), indiquant des eaux légèrement alcalines. Les valeurs sont très légèrement supérieures en février, et suivent les mêmes fluctuations d'amont en aval en fonction des apports des affluents.

3.2.3. 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. Dans le Rhône toutefois, elle est fortement influencée par les affluents latéraux.

Les mesures in situ, présentées dans le Graphique 2, varient entre 300 et 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$, correspondant à des eaux assez à très fortement minéralisées. Les valeurs sont similaires entre les 2 campagnes pour les 5 stations amont, et supérieures en février pour les 5 stations aval. Elles montrent des fluctuations d'amont en aval qui suivent la même tendance que les valeurs de pH, en lien avec les apports d'eaux des affluents. Le pic de conductivité de la station RHO 18.9 en février s'explique par les rejets de la STEP CIMO.



Graphique 2 : Conductivité mesurée in situ dans le Rhône en 2017.

3.2.4. Matières en suspension (MES)

Les concentrations en MES (Tableau 1) sont toujours très faibles (<20 mg/l). De telles concentrations sont typiquement observées en hiver dans le Rhône. Elles augmentent dès le printemps sous l'effet de la fonte des neiges et deviennent très élevées en été avec la fonte glaciaire.

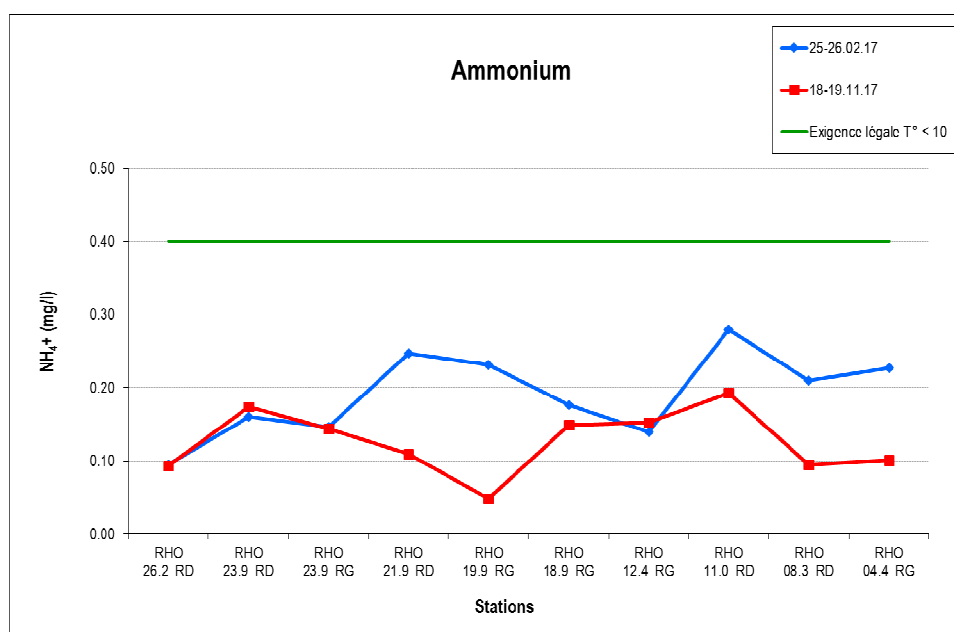
3.2.5. Matière organique (DOC, TOC)

DOC ou COD (Carbone Organique Dissous) Les concentrations en DOC ne dépassent pas 1.8 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. Les concentrations sont relativement stables d'amont en aval, et légèrement plus élevées en février en lien avec les débits plus bas (autour de 75 m³/s, contre 80 à plus de 200 m³/s en novembre du fait du turbinage hydroélectrique), et donc plus influencées par les apports latéraux (affluent, STEP).

TOC ou COT (Carbone Organique Total) Les concentrations en TOC ne dépassent pas 2.3 mg/l, ce qui correspond à une très bonne qualité d'eau, répondant aux exigences légales. Très légèrement supérieures au DOC, elles sont également relativement stables d'amont en aval et légèrement plus élevées en février (voir explication précédente sous DOC).

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

NH₄⁺ (ammonium) Les concentrations en ions ammonium ne dépassent pas 0.28 mgN/l (Graphique 3). La qualité de l'eau (T° < 10°C) est considérée comme bonne, voire très bonne sur RHO 19.9 en novembre, répondant ainsi aux exigences légales. Les concentrations ont tendance à être plus élevées en février (voir explication précédente sous DOC), et fluctuent légèrement en fonction des différents apports (affluents et STEP).



Graphique 3 : Concentrations en ions ammonium mesurées dans le Rhône en 2017, 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 en 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 $\text{Cl}^- < 10 \text{ mg/l}$, 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 $\text{Cl}^- > 20 \text{ mg/l}$, classement décalé d'une classe vers le bas (meilleure qualité, toxicité plus faible en présence de Cl^-).

Pour la campagne de février, les règles 2 et 3 ont été appliquées selon la situation, la concentration en Cl^- variant entre 11.0 et 104.7 mg/l. Pour la campagne de novembre, chacune des règles a été appliquée en fonction de la situation, la concentration en Cl^- variant entre 6.9 et 48.0 mg/l.

Les concentrations en NO_2^- ne dépassent pas 0.032 mgN/l. La qualité de l'eau est considérée comme bonne à très bonne, répondant ainsi aux exigences légales. Les concentrations ont tendance à être également plus élevées en février (débit plus bas, voir explication sous DOC), et fluctuent donc très légèrement en fonction des différents apports (affluents et STEP).

A noter que la concentration en Cl^- augmente fortement (d'un facteur 10 environ par rapport à la station amont) à l'aval la station RHO 18.9, aussi bien en février qu'en novembre, dû aux effluents de la STEP de CIMO.

NO_3^-
(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 toujours très bonne pour les deux campagnes (concentration ne dépassant pas 1.24 mgN/l). Comme pour les autres paramètres, les concentrations ont tendance à être plus élevées en février (débit plus bas, voir explication sous DOC), et sont très stables.

Bilan azoté Les différentes formes d'azote cumulées montrent une charge en azote relativement faible dans le Rhône, avec des concentrations légèrement supérieures en février pour la grande majorité des mesures.

3.2.7. Phosphore (PO_4^{3-} , Ptot)

PO_4^{3-}
(orthophosphates) Les concentrations en orthophosphates (phosphore d'origine anthropique, directement assimilable par les plantes) sont faibles et satisfont donc aux exigences légales. La qualité de l'eau est considérée comme très bonne à bonne sur RHO 11.0 en février. Les concentrations sont légèrement plus élevées en février et montrent une légère tendance à l'augmentation d'amont en aval sur cette campagne (stable en novembre).

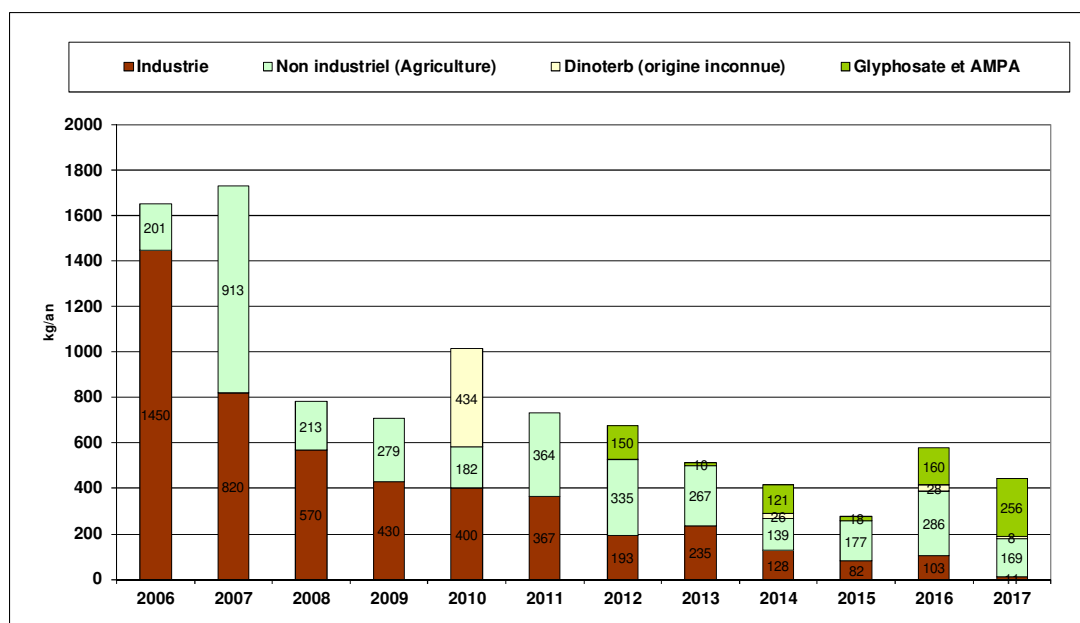
Ptot
(phosphore total) Les concentrations en phosphore total sont faibles et satisfont donc aux exigences légales. La qualité de l'eau est considérée comme très bonne à bonne sur RHO 11.0 et 08.3 en février. Les concentrations qui sont données par la présence des orthophosphates sont donc légèrement plus élevées en février, et montrent de la même manière une tendance à une augmentation d'amont sur cette campagne (stable en novembre).

3.2.8. Phytosanitaire

Synthèse de la publication BERNARD 2018 En 2017, 117 produits phytosanitaires, 30 principes actifs pharmaceutiques, 2 agents anti-corrosion et 1 solvant (1,4-dioxane) ont été analysés systématiquement dans les eaux du Rhône à la porte du Scex tout au long de l'année.

Produits phytosanitaires Aucun produit phytosanitaire n'a dépassé les exigences de l'OEau (0.1 µg/L). Toutefois, le glyphosate et l'AMPA ont été majoritairement présents tout au long de l'année 2017. Sur la période 2008-2017, les concentrations maximales des produits phytosanitaires sont en diminution pour la plupart des substances. Ces dernières années, on constate que la période de mars à juin est celle où la concentration totale en phytosanitaires est la plus élevée de l'année, correspondant à une période de basses eaux ainsi qu'à celle où les herbicides sont le plus utilisés jusqu'à fin avril.

En 2017, selon les calculs pris en compte, la charge annuelle totale de pesticides d'origine industrielle se situe autour des 11 kg (Graphique 4), en nette baisse par rapport aux années précédentes 2016 (103 kg), 2015 (82 kg) et 2014 (128 kg). Ceci ne représente plus que 1% des quantités calculées pour l'année 2006. Les valeurs d'autocontrôle fournies par l'industrie donnent toutefois une charge globale supérieure, ce qui est sans doute plus réalistes que celles calculées sur la base des concentrations mesurées dans les eaux du Rhône (faibles concentrations et hauts débits). En 2017, ces pesticides d'origine industrielle représentent 2.5% (18% en 2016 et 30% en 2015) de la charge totale de produits phytosanitaires ayant transités par le Rhône à la Porte du Scex. En 2017, les charges d'origine agricole restent hautes malgré une pluviométrie plus clémente qu'en 2016 (augmentation des charges).

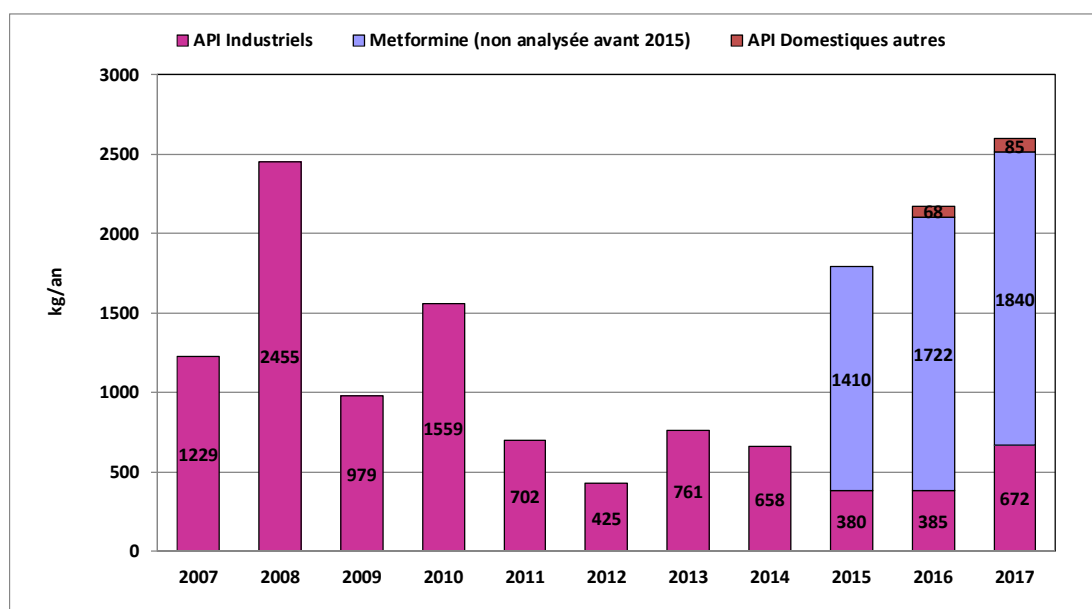


Graphique 4 : Charges annuelles totales en pesticides retrouvées dans le Rhône de 2006 à 2017.

Produits pharmaceutiques Sur les 30 principes actifs pharmaceutiques recherchés, certains sont retrouvés dans les eaux du Rhône à des concentrations encore très importantes. Un maximum de 0.96 µg/L a été mesuré pour la Metformine, antidiabétique, d'origine domestique introduite dans la liste

des substances analysées en 2015. Pour l'année 2017 comme pour 2016 et 2015, on observe des concentrations totales plus élevées tout au long de l'année, du fait de la prise en compte de la metformine d'origine domestique (charge annuelle de 1.8 tonnes) et non analysée les années précédentes. Le pic observé en février (dû à la forte présence de metformine non industrielle) peut s'expliquer par le régime de basses eaux couplé à une plus forte fréquentation touristique hivernale. Les charges des substances pharmaceutiques d'origine industrielle retrouvées dans les eaux du Rhône en 2017 (Graphique 5) sont en hausse par rapport à la période antérieure. Elles s'élèvent à 672 kg/an (385 kg en 2016 et 380 kg pour les médicaments recherchés).

L'autocontrôle de suivi des API par l'industrie présentait encore en 2017 de trop nombreux dépassements par rapport aux 200 g/j autorisés, en particulier pour la mémantine, introduite en production en 2015. L'industrie reste toutefois active dans la mise en place de mesures correctives et le traitement à l'aide de filtres à charbons actifs. Mis en place en 2017, ce traitement a montré son efficacité sur le dernier trimestre 2017.



Graphique 5 : Evolution des charges annuelles des produits pharmaceutiques dans le Rhône à la Porte du Scex de 2007 à 2017.

Autres substances

Le 1,4-dioxane, retrouvé dans la nappe phréatique à Viège et dans une moindre mesure le long de la plaine du Rhône, est entré dans la liste des micropolluants suivis dans les eaux du Rhône depuis 2014 car il a été également retrouvé dans les eaux du Léman. La charge véhiculée par le Rhône de 395 kg en 2017 est en baisse par rapport aux 433 kg en 2016, 747 kg de 2015 et aux 6 tonnes de 2014.

ANNEXE 4 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES SUR LE PEUPLEMENT DE
DIATOMÉES EFFECTUÉES SUR LE RHÔNE EN 2017 ; TABLEAU DES RÉSULTATS BRUTS**

4. ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

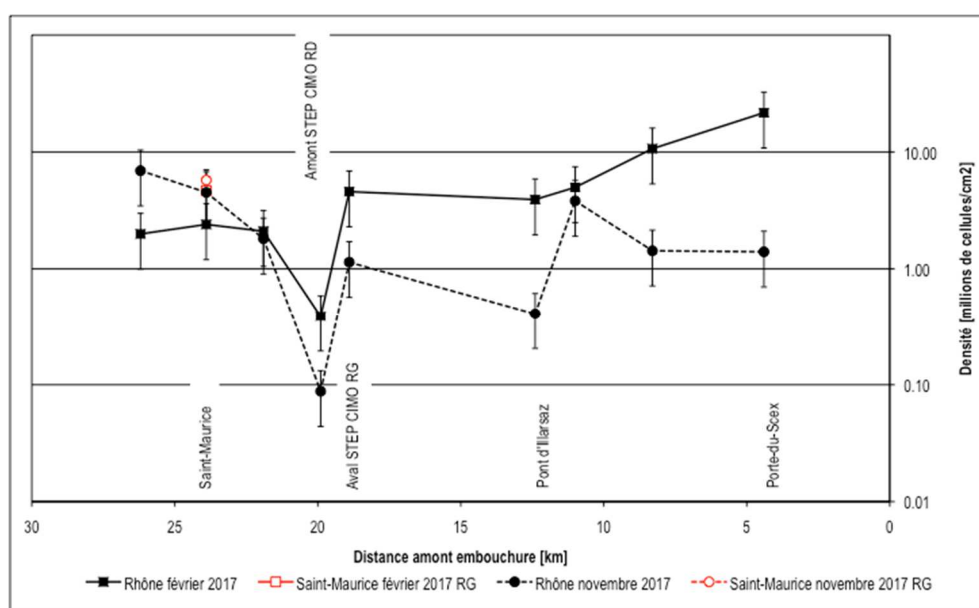
4.1. Méthodes et résultats détaillés

Les méthodes standardisées utilisées sont habituelles et décrites dans l'Annexe 2. Les résultats bruts détaillés des analyses des communautés de diatomées prélevées dans le Rhône se trouvent dans le tableau Excel livré séparément (cf. [1]). Plusieurs descripteurs ont été distribués le long du cours d'eau et différentes corrélations entre certains paramètres ont été recherchées pour comprendre le métabolisme du tronçon étudié du Rhône : les résultats sont exposés dans le chapitre 4.2. Les résultats des indices de qualité des eaux figurent et sont interprétés au chapitre 0. L'abondance et la nature des algues macroscopiques sont présentées au chapitre 4.4.

4.2. Etat des communautés de diatomées

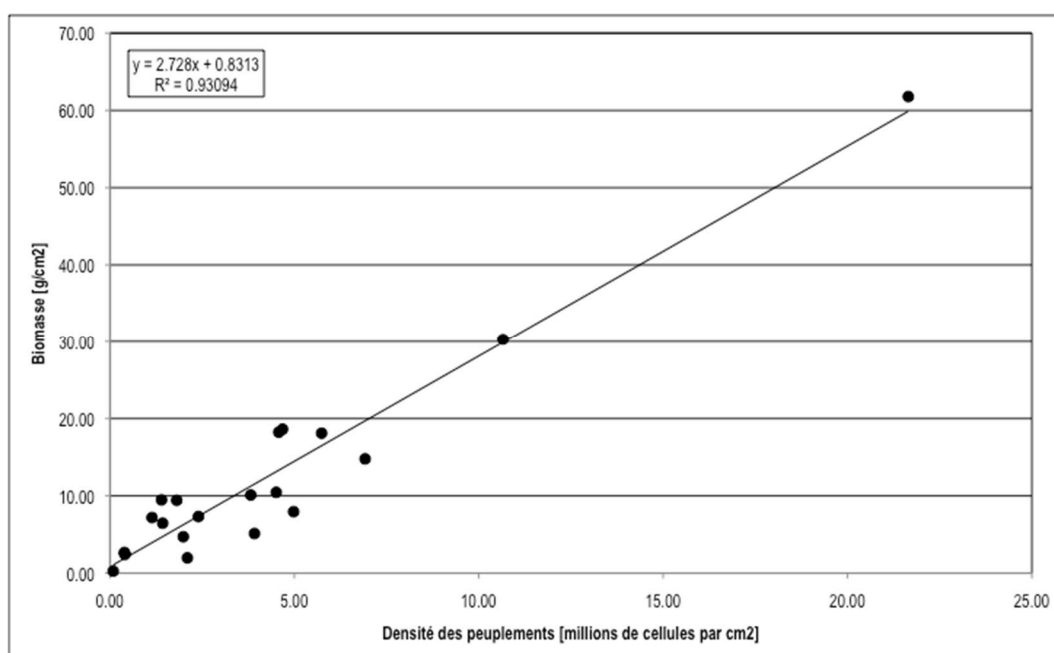
Densité En février, la densité des diatomées épilithiques a tendance à augmenter plus ou moins régulièrement le long du Rhône (Graphique 1). En amont, la densité d'environ 2 à 5 millions de cellules/cm² équivaut à des biomasses (poids frais) de 2 à 8 g/m². En aval, les densités atteignent 10 à près de 22 millions de cellules /cm² et les biomasses de 30 à 62 g/m². Ces densités sont 10 à 100x plus élevées que celles trouvées en moyenne le long du tronçon Gamsen-Martigny relevées en 2007-2009 (ETEC & PHYCOECO 2009) ou autour de CIMO en 2012 (ETEC 2012). En amont de CIMO, la densité chute de manière significative.

En novembre, les densités en amont sont un peu plus élevées ou équivalentes à celles trouvées en février. Mais en aval de CIMO, elles ont tendance à être 10 fois plus faibles. Il y a plus de variations de densité en novembre, mais la réduction du peuplement en amont de CIMO est aussi très marquée. Sur cette station, l'agitation de l'eau causée par l'affluence de la Vièze limite le développement des diatomées. Par contre les différences de densité sur les deux rives à St-Maurice ne sont pas significatives tant en février qu'en novembre.



Graphique 1 : Répartition des **densités** de diatomées épilithiques le long du cours aval du Rhône.

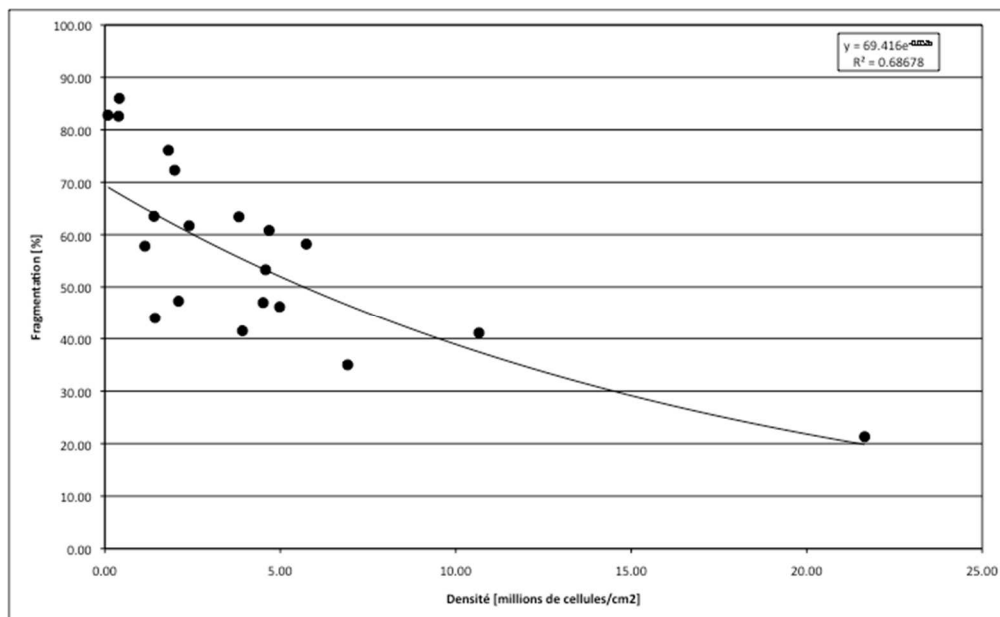
Biomasse La **biomasse** est proportionnelle à la densité avec un taux de corrélation de 96.5% (Graphique 2). Les points situés en dessous de la droite de régression (biomasses un peu faibles) correspondent à des peuplements particulièrement riches en petites cellules des espèces pionnières du genre *Achnantheidium*. Il s'agit de communautés affectées par des perturbations hydrologiques en particulier à l'amont de l'affluence du Mauvoisin, à l'aval de l'affluence de la Grande-Eau, mais aussi ponctuellement à l'aval de l'Avançon et au pont d'Illarsaz. Au contraire, les points situés en dessus de la droite (biomasse un peu plus élevées) correspondent à des communautés plus stables riches en plus grosses diatomées eutrophiles comme *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema olivaceum*, *Nitzschia dissipata* ou *Navicula gregaria*. Dans ces cas, les conditions hydrologiques sont plus calmes comme principalement à l'aval de la STEP de CIMO ou à la Porte-du-Scex.



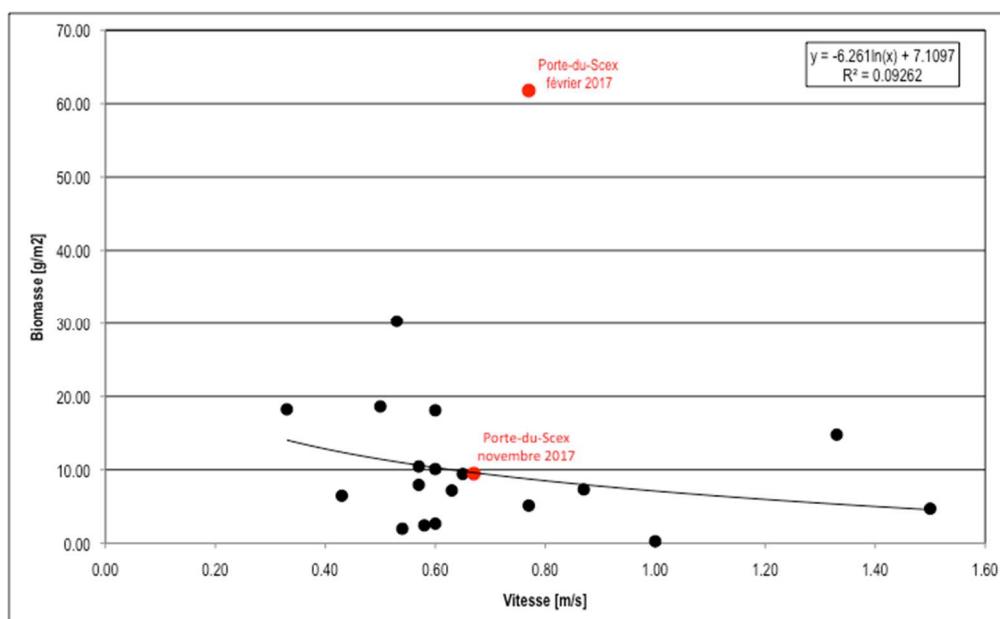
Graphique 2 : Corrélation linéaire entre la biomasse et la densité des peuplements de diatomées tant en février qu'en novembre.

Taux de fragmentation Les densités sont inversement proportionnelles aux taux de **fragmentation** des diatomées, avec un taux de corrélation de 82.9% (fonction exponentielle, Graphique 3).

En février, les taux de fragmentation à l'amont sont assez élevés (> 60%), tandis qu'en aval ils sont moindres, ce qui suggère que l'agitation de l'eau diminue d'amont en aval. En novembre c'est plutôt le contraire, avec plusieurs communautés situées à l'aval dont l'état est moins bon, qui indiqueraient qu'à cette saison l'agitation de l'eau est plus forte en bas du tronçon. La biomasse est légèrement inversement proportionnelle à la **vitesse de l'eau** selon une fonction logarithmique qui explique le 30.4% de la variance (Graphique 4). Probablement que d'autres paramètres complémentaires d'agitation de l'eau expliqueraient mieux cette répartition si l'on pouvait les mesurer en routine.



Graphique 3 : Corrélation exponentielle inverse en entre la densité et le taux de fragmentation des peuplements de diatomées tant en février qu'en novembre.

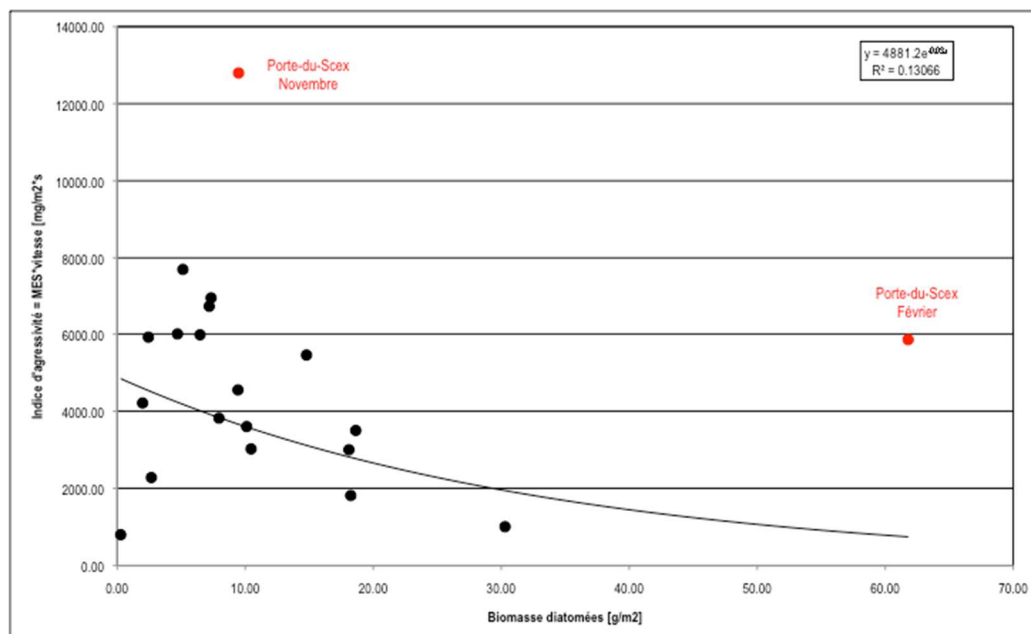


Graphique 4 : Corrélation logarithmique inverse en entre la biomasse des peuplements de diatomées et la vitesse des eaux tant en février qu'en novembre (sans les valeurs trouvées à la Porte-du-Scex en février).

**Indice
 d'agressivité de
 l'eau**

La biomasse est un peu mieux corrélée avec l'**indice d'agressivité de l'eau** que nous avons développé pour comprendre les variations de densité des diatomées dans le Rhône Amont (ETEC & PHYCOECO 2009). Cet indice est le produit de la turbidité et de la vitesse de l'eau et s'exprime en mgMES/m²*s. La distribution des valeurs montre qu'une fonction exponentielle inverse lie les deux grandeurs avec un taux de corrélation de 36.1% (Graphique 5).

Les valeurs trouvées à la Porte-du-Scex sortent de cette fonction mais vont dans le même sens. A cet endroit la biomasse est en moyenne plus élevée qu'en amont car l'activité du fleuve semble différente. On peut penser que l'agressivité de l'eau se marque moins sur le fond à cet endroit, car le courant y semble plus régulier.



Graphique 5 : Répartition des valeurs de biomasse en fonction de l'indice d'agressivité de l'eau. La fonction exponentielle inverse explique le 36.1% de la variance entre les deux grandeurs. Les valeurs trouvées à la Porte-du-Scex échappent à cette fonction, mais vont dans le même sens.

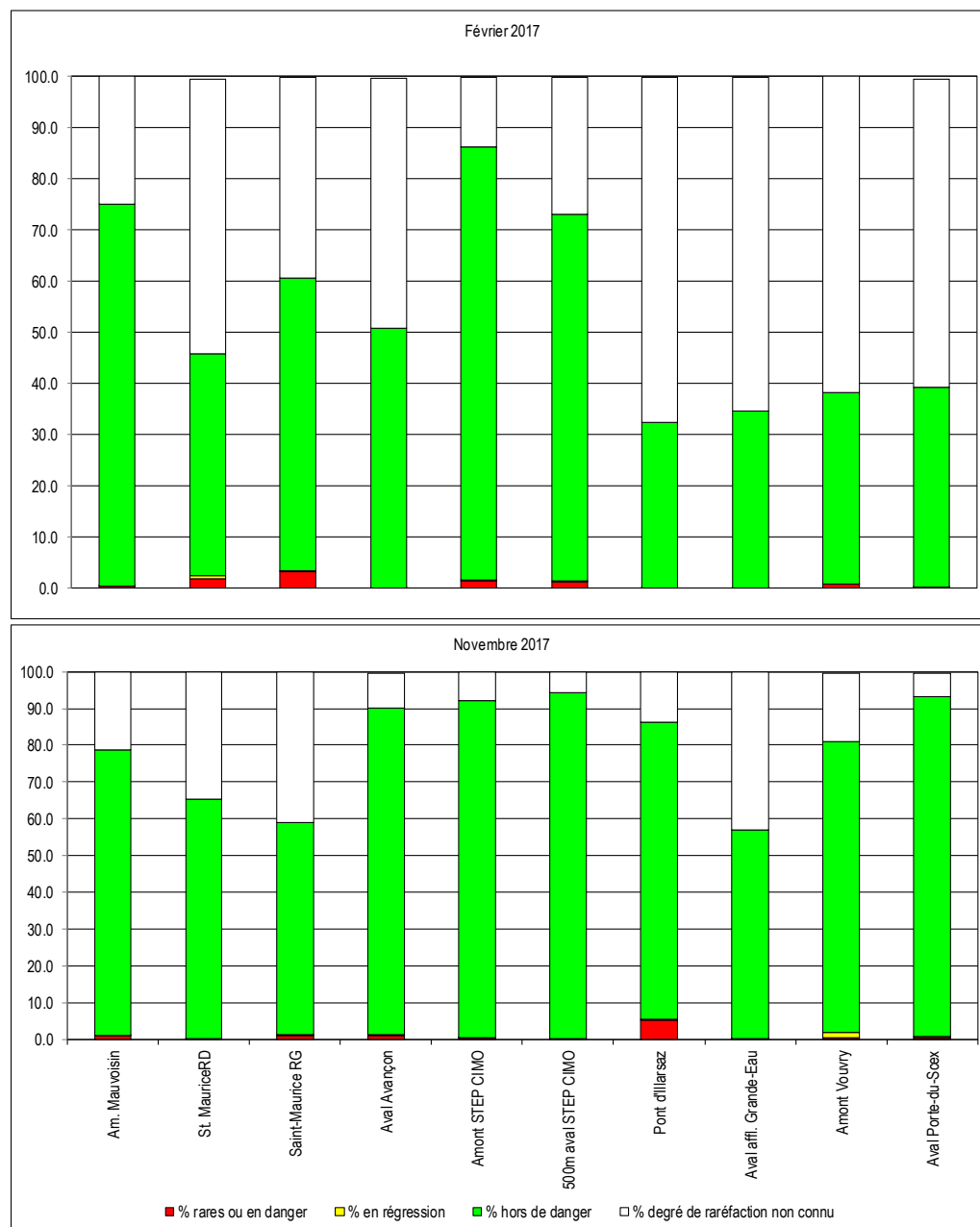
Tératologie Les taux de **formes tératologiques** sont en permanence faibles (au maximum entre 0.2 et 0.45%). Les malformations affectent principalement plusieurs espèces coloniales d'*Achnanthydium*, *Fragilaria*, *Diatoma* ou l'épiphyte *Cocconeis placentula* var. *euglypta* lorsque ces taxons sont abondants. D'après la littérature et notre expérience, dans ces cas les formes tératologiques ne sont pas dues à la toxicité des eaux, mais à la **promiscuité** lors de forts développements de ces taxons.

Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore Dans les 20 échantillons prélevés, 159 taxons de diatomées ont été observés, ce qui ne représente que le 56.2% de la flore connue du fleuve entre Brig et l'embouchure dans le Léman. Cela est lié au fait que, sur le tronçon aval entre St. Maurice et la Porte-du-Scex, la flore est banale. Ces 159 taxons ne représentent que 41.8% de la flore des rivières du Valais (380 taxon) relevée à ce jour par PhycoEco (223 échantillons) : la flore du fleuve ne résume donc pas la flore des rivières du canton. Cependant, dans la plupart des stations la **biodiversité** dominante est normale avec 20 à 30 (voir même 40-49) taxons. Sur 3 stations seulement, la flore est trop pauvre (Aval Avançon et Aval Grande-Eau en février, Amont Mauvoisin en novembre) : elle montre, comme cela a déjà été relevé ci-dessus, que les peuplements y sont **perturbés**.

Cette flore commune (Graphique 6) comporte tout de même 17 taxons patrimoniaux de la **liste rouge** en petit nombre (abondance $\leq 5.2\%$) et est souvent dominée par *Achnanthydium lineare* s. l. Cette espèce de bonne qualité d'eau, dont on ne connaît pas

encore le degré de raréfaction, semble tout de même relativement commune d'après nos derniers travaux également sur le Plateau suisse. Globalement, par rapport aux cours d'eau des Alpes et des Préalpes, la valeur patrimoniale des communautés est faible voire nulle.

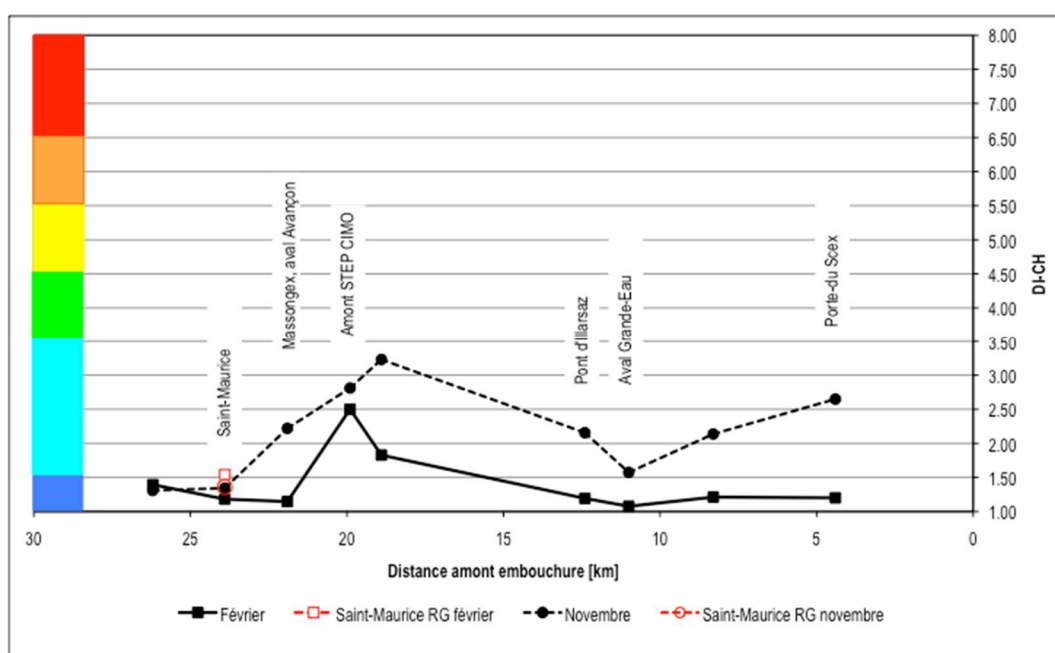
La diatomée **envahissante** *Didymosphenia geminata* a été observée dans 9 stations sur 10, parfois aux deux saisons, mais avec des abondances maximales de 0.2%. Plusieurs exemplaires de la diatomée probablement **très rare** *Reimeria uniseriata* ont été observés en novembre au Pont d'Illarsaz et à amont Vouvry.



Graphique 6 : Taux de représentation des catégories de raréfaction selon la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996) dans les communautés du cours chablaisien du Rhône. Plus de 95% des assemblages, est formé par des espèces communes. Les espèces de la liste rouge sont peu abondantes. En blanc, figure essentiellement la proportion d'*Achnanthydium lineare*, espèce très sensible mais dont on ne connaît pas le degré de raréfaction.

4.3. Diatomées et qualité biologique des eaux

Les valeurs de l'indice DI-CH (HÜRLIMANN et NIEDERHÄUSER 2007) calculées à partir de la composition des communautés de diatomées sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 7. D'après les valeurs de cet indice officiel, à la plupart des stations en février, les eaux seraient d'excellente qualité (<1.5), les petites variations entre stations n'étant pas significatives. Par contre à l'amont de la STEP de CIMO, la qualité est moindre (DI-CH de 2.5) ainsi qu'à l'aval de la station d'épuration. En novembre, à l'amont du tronçon, la qualité des eaux semble aussi excellente. Par contre la charge polluante augmente déjà à l'aval de l'Avançon, pour poursuivre sa progression autour de la STEP de CIMO. Plus en aval, tout en étant plus élevées qu'en février, les variations de charge suivent le même profil, avec surtout une diminution à l'aval de la Grande-Eau (dilution), puis une augmentation progressive surtout marquée en novembre.



Graphique 7 : Variations des valeurs de l'indice de pollution intégré DI-CH2007 (Système modulaire gradué suisse) le long du tronçon du Rhône. Selon l'acception 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 plus aux objectifs écologiques légaux. L'orange et le rouge indiquent respectivement des eaux fortement à excessivement polluées.

La charge dégradante relevée en février à l'amont de la STEP de CIMO est liée à l'installation de floculation au chlorure ferrique des eaux pompées au Rhône et dont les rejets restitués au Rhône se déposent sous forme d'hydroxydes de fer. Or ces rejets sont partiellement toxiques envers les diatomées, comme nous l'avons déjà observé à l'aval de l'ancienne décharge des Bulles à La Chaux-de-Fonds. En novembre par contre, le fleuve subit déjà une dégradation à l'aval de l'Avançon, qui provient probablement de la STEP de Bex. Plus en aval, autour de la CIMO, la dégradation est amplifiée.

Malgré les indications d'eau excellente ou très bonne, on voit que l'indice DI-CH répond de manière très sensible aux variations de qualité d'eau, bien que globalement, les classes de qualité sont probablement trop optimistes comme le suggèrent plus loin les valeurs des

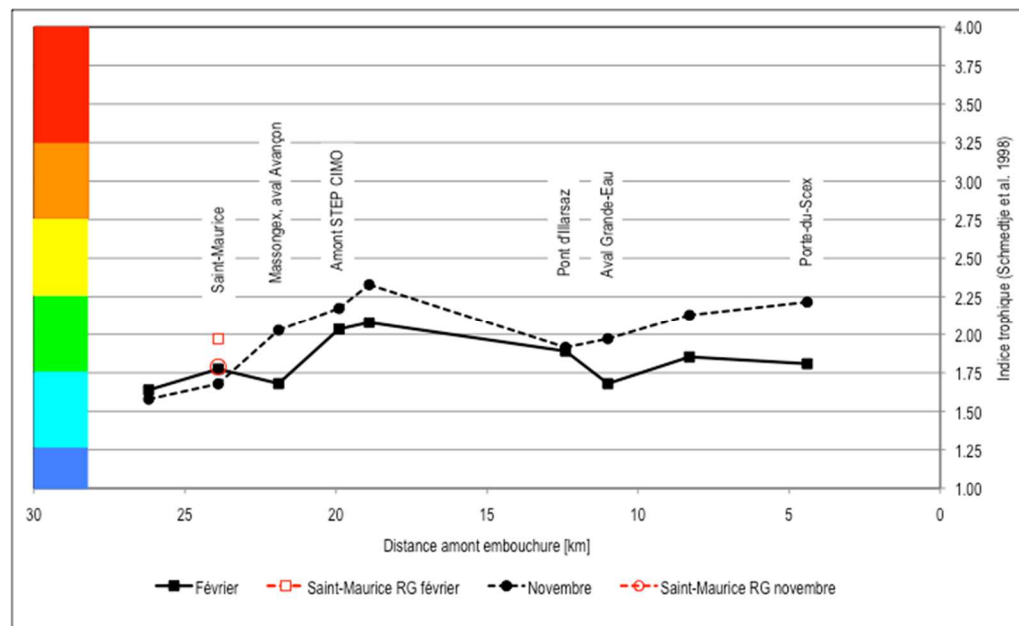
indices trophique et saprobique (indices à vocation plus scientifique).

Le Tableau 1 résume les qualités saprobique et trophique calculées à partir des assemblages de diatomées aux différentes stations et donne les valeurs par rapport aux couleurs des classes de qualité du SMG.

Tableau 1 : *Vue synoptique des valeurs de niveau saprobique et d'indice trophique relevées dans le Rhône chablaisien en 2017.*

Stations	Saprobie	Trophie	Saprobie	Trophie
	Février 2017	Février 2017	Novembre 2017	Novembre 2017
RHO26.2 - Amont Mauvoisin	(I)-II	1.64	(I)-II	1.58
RHO23.9-RD - Saint-Maurice	I-II	1.77	(I)-II	1.68
RHO23.9-RG - Saint-Maurice	(I)-II	1.97	(I)-II	1.79
RHO21.9 - Aval Avançon	(I)-II	1.68	II	2.03
RHO19.9 - Amont STEP CIMO	II-(III)	2.03	II-III	2.17
RHO18.9 - 500m aval STEP CIMO	II	2.08	II-(III)	2.33
RHO12.4 - Pont d'Illarsaz	I-II	1.89	II-(III)	1.92
RHO11.0 - Aval Grande-Eau	I-II	1.68	II	1.97
RHO08.3 - Amont Vouvry	I-II	1.85	II	2.13
RHO04.4 - Aval Porte-du-Scex	I-II	1.81	II-III	2.22

La quantité « d'engrais » présente dans les eaux est donnée par les valeurs de l'indice trophique distribuées d'amont en aval dans le Graphique 8. Les valeurs de cet indice suivent la même tendance que les valeurs de DI-CH, mais la variation est moindre autour de la CIMO surtout en février, comme si l'impact trophique est plus permanent. Si en amont les eaux sont plutôt mésotrophes, leur charge trophique augmente en amont de CIMO ou déjà en aval de l'Avançon en novembre. Selon cet indice, les eaux ne seraient pas d'excellente qualité mais très bonne à bonne, voire excessivement chargée à l'aval de CIMO selon les classe du SMG.



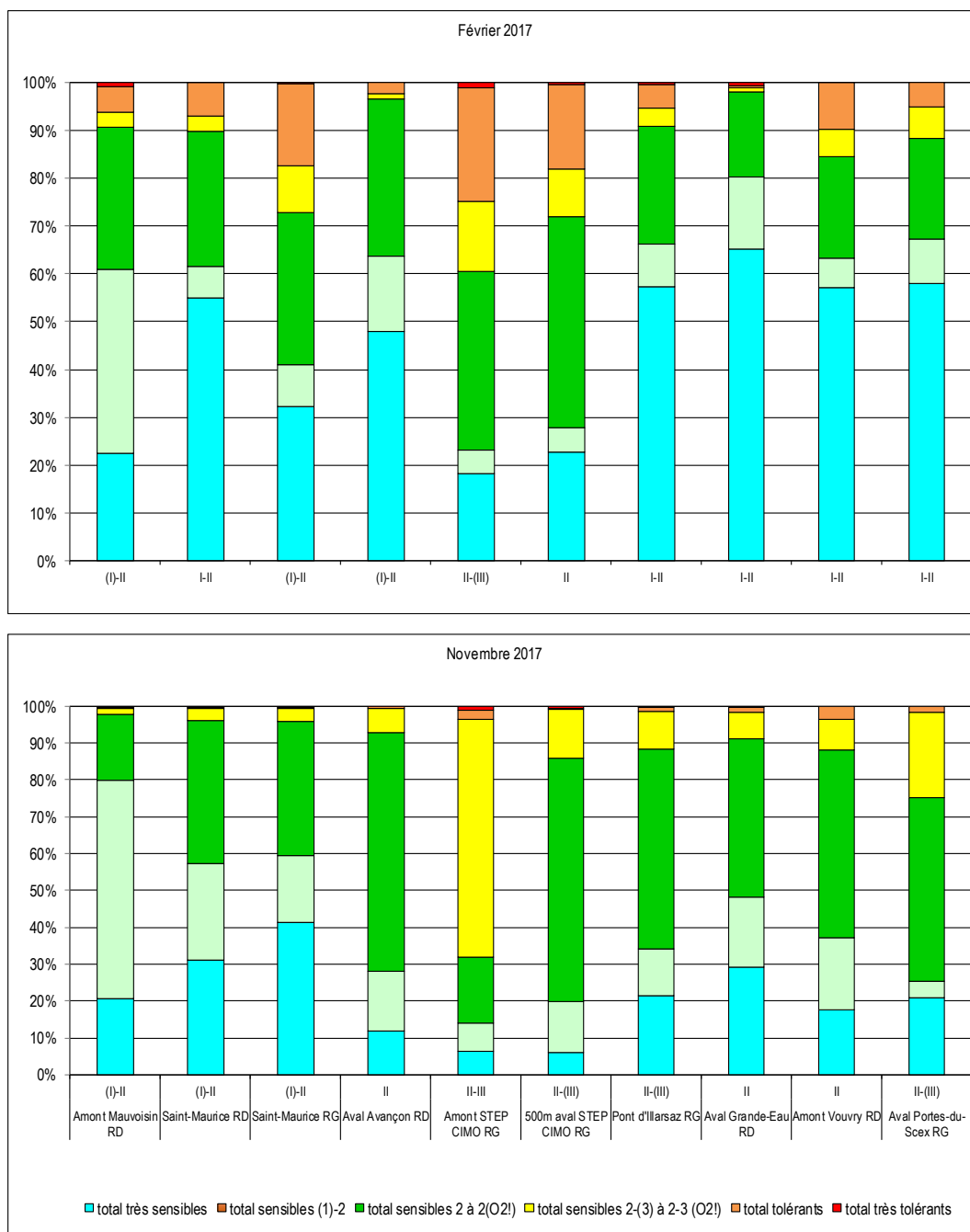
Graphique 8 : Distribution des valeurs de l'indice trophique le long du tronçon chablaisien du Rhône. En regard : correspondance approximative avec les plages de couleur du Système modulaire gradué de la Confédération.

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, qui est basée sur les proportions des groupes de diatomées plus ou moins sensibles présentes dans les communautés. Le Graphique 9 représente ces compositions aux différentes stations.

En février, dans l'ensemble les eaux de ce tronçon sont oligo-mésosaprobies de classe I-II ou très légèrement β -mésosaprobies de classe (I)-II, c'est à dire de très bonne qualité. A l'amont de la CIMO, la charge est une forte β -mésosaprobie qui ne correspond théoriquement pas aux objectifs écologiques légaux de qualité des eaux. A l'aval de la STEP de la CIMO, la charge est un peu moindre et correspond de nouveau à ces objectifs écologiques (OEaux, annexe 1). En bas du tronçon, dès le Pont d'Illsalaz, le fleuve retrouve son caractère oligo-mésosaprobe.

En novembre, si en amont du tronçon, la charge saprobique est la même qu'en février (oligo-mésosaprobe), dès l'aval de l'Avançon, les eaux sont plus chargées (β -mésosaprobies de classe II). Autour de la STEP de CIMO, les eaux sont nettement trop chargées en matières oxydables, si bien qu'elles ne semblent plus correspondre aux objectifs écologiques. Plus en aval les eaux redeviennent β -mésosaprobies, mais à la Porte-du-Scex elles sont de nouveau trop chargées.

Des observations complémentaires ont été réalisées dans les échantillons de macroalgues de novembre. Elles ont permis de relever des déchets microscopiques provenant de textiles (lessives) comme des fibres de nylon, d'élastane et de cellulose ou provenant de papier WC comme des fibres de bois colorées (sclérites). Ces déchets ont été principalement observés à l'aval de l'Avançon et à l'aval de la STEP de CIMO, mais aussi à l'aval de la Grande-Eau et à amont Vouvy. Ces observations montrent également l'impact des eaux usées.



Graphique 9 : Compositions des communautés de diatomées par groupes de résistance envers les matières oxydables le long du tronçon chablaisien du Rhône. Chiffres romains : classes de qualités saprobiques selon la notation de LIEBMANN 1958.

En conclusion, on peut dire que les eaux du cours inférieur du Rhône sont en moyenne de très bonne à bonne qualité. Elles sont un peu plus chargées en novembre. Cependant, les rejets de la CIMO et les apports de l'Avançon peuvent se marquer par des dégradations locales, qui pourraient ne plus correspondre aux objectifs légaux de qualité. Progressivement les eaux se chargent jusqu'à la Porte-du-Scex où les objectifs écologiques semblent parfois ne pas être atteints.

En rive gauche à Saint-Maurice, les eaux semblent un peu plus chargées qu'en rive droite, mais les différences des valeurs des indices sont peu du significatif.

Dans la loi (OEAUX, Annexe 1, premier paragraphe), des indications sont données quant à l'adaptation des communautés aux stations. D'après nos premiers essais d'évaluation de ce critère (HÜRLIMANN & STRAUB 2017), malgré ces bons résultats de qualité des eaux, seules les communautés trouvées en février à l'Amont du Mauvoisin et paradoxalement à Aval STEP CIMO ou en novembre à St-Maurice et à l'aval de la Grande-Eau sont adaptées à ces stations. Sur les autres stations, les communautés ne semblent pas adaptées, soit par le fait que les espèces dominantes sont trop abondantes, que les espèces sensibles sont sous-représentées, que les espèces résistantes sont trop abondantes ou que les valeurs de DI-CH sont trop élevées par rapport aux critères retenus pour les Alpes et les Préalpes.

4.4. Algues macroscopiques

La densité des algues macroscopiques a été relevée sur le terrain. Ces algues ont été récoltées pour identification au microscope. Les résultats figurent dans le Tableau 2.

En février, la répartition des macroalgues le long de ce tronçon est relativement monotone par la dominance de l'algue verte *Cladophora glomerata* et par la présence quasi constante de l'algue rouge *Bangia atropurpurea* et/ou des algues vertes du genre *Ulothrix*. Ces espèces en particulier les dominantes, sont typiques d'eau légèrement à nettement eutrophes, ce qui confirme le diagnostic posé par les diatomées. Le seul contraste est donné par la présence abondante à Amont Mauvoisin d'*Hydrurus foetidus*. Cette espèce, est typique d'une eutrophisation agricole modérée et marque le caractère alpin du Rhône à cet endroit, comme d'ailleurs la communauté de diatomées adaptée à la station. L'absence quasi totale de cyanobactéries (algues bleues) est surprenante alors qu'en principe elles forment le soubassement du périphyton sur les galets, également dans des eaux oligo-mésotrophes. Je ne trouve pas d'explication à cela.

En novembre, les peuplements sont un peu moins denses, mais toujours dominés par *Cladophora glomerata* accompagnée modestement par les trois espèces d'*Ulothrix*. Le contraste donné par la présence d'*Hydrurus foetidus* en amont est renforcé par l'occurrence de l'algue rouge *Bangia atropurpurea* essentiellement en amont aussi. La disparition de cette espèce en aval est probablement liée au débit qui est presque deux fois plus important en novembre qu'en février. Mais la dominance de *Cladophora glomerata* conforte le diagnostic d'eutrophie fourni par les diatomées. L'absence d'algues visibles à l'oeil nu en novembre est liée à l'agitation de l'eau sous l'affluence de la Vièze.

Contrairement au mois de février, les cyanobactéries du soubassement du périphyton (*Phormidium* sp.) sont présentes à 5 stations sur 10 et notamment absentes aux trois stations les plus polluées, ce qui paraît normal. A part cela, il faut signaler la présence de deux espèces épiphytes très jolies du genre *Chamaesiphon*, fixées sur les filaments de *Cladophora*. Ces deux espèces sont aussi caractéristiques d'eau mésotrophes à légèrement eutrophes.

Tableau 2 : Occurrences d'algues macroscopiques dans les stations du cours inférieur du Rhône. (+) vues qu'au microscope, + présentes, ++ abondantes, +++ très abondantes. RD = rive droite, RG = rive gauche.

	<i>Phomidium</i> spp.	<i>Chamaesiphon incrustans</i>	<i>Chamaesiphon confervicolus</i>	<i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Microspora stagnorum</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	<i>Ulothrix tenuissima</i>	<i>Ulothrix tenerrima</i>	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Stigeodolium</i> sp.	<i>Bangia atropurpurea</i>	<i>Audouinella hermannii</i>
Février 2017												
RHO 26.2 Amont Mauvoisin RD				+++		•	+		+++		•	
RHO 23.9 St-Maurice RD						+	+			•	•	
RHO 23.9 St-Maurice RG	•			•		•	•		++	•		•
RHO 21.9 Pont Massongex RD									+		+	
RHO 19.9 Amont STEP CIMO RD				+			+		+		+	
RHO 18.9 Aval STEP CIMO RG					+	•	+		+		+	
RHO 12.4 Pont d'Illarsaz RG				•		•	•		++	•		
RHO 11.0 Aval Grande-Eau RD							•		+		+	
RHO 08.3 Amont Vouvy RD						+	+		++		+	
RHO 04.4 Aval Porte du Scex RG						•			++	•	+	
Novembre 2017												
RHO 26.2 Amont Mauvoisin RD	•			++		•			++		++	
RHO 23.9 St-Maurice RD	•					•		•	+++		++	
RHO 23.9 St-Maurice RG						+	+	•			+	•
RHO 21.9 Pont Massongex RD						+	•	•	+		+	
RHO 19.9 Amont STEP CIMO RD							•	•				
RHO 18.9 Aval STEP CIMO RG		•							+		•	
RHO 12.4 Pont d'Illarsaz RG	•					•	•	•	+			
RHO 11.0 Aval Grande-Eau RD	•					+	•	•	++			
RHO 08.3 Amont Vouvy RD	•					•		•	+			
RHO 04.4 Aval Porte du Scex RG	•		•				•	•	+			

4.5. Bibliographie

- EETC 2012. CIMO. *Evaluation des effets du rejet de la STEP et des stations de pompage sur la qualité physico-chimique et hydrobiologique des eaux du Rhône*. Rapport sur mandat de la Compagnie industrielle de Monthey SA, 19 p. et 5 annexes.
- EETC & PhycoEco 2009. *Le Rhône de Gamsen à Martigny*. Observation de la qualité des eaux de surface. Rapport pour le Service de la protection de l'environnement, Sion, 125 p. et 4 annexes.
- OEaux. *Ordonnance sur la protection des eaux* (OEaux) du 28 octobre 1998 (Etat le 1 mai 2017). Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne, no 814.201.
- Hürlimann, J. & Straub, F., 2017. NAWA TREND, 2^{ème} campagne. *Rapport technique Diatomées et aspect général*. OFEV, Berne, document 1311-B-01, 59 p.
- Hürlimann, J. & 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>)
- 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.

4.6. Fichier annexé

- [1] **Tableau Excel des résultats bruts détaillés des analyses des communautés de diatomées prélevées dans le Rhône en février et novembre 2017.**

ANNEXE 5 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU MACROZOOBENTHOS
EFFECTUÉE SUR LE RHÔNE EN 2017 ;**

Résultats détaillés, voir **BD-Hydrobio**

5. MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DU RHÔNE

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 est représentée dans la Figure 5 du rapport principal.

5.1. Substrats

La diversité des substrats rencontrés sur les stations du Rhône (Tableau 1) est le plus souvent **bonne** (6 ou 7 sur les 10 types de substrats théoriques), parfois **moyenne** (5).

Tableau 1 : Diversité et qualité des substrats rencontrés aux différentes stations du Rhône.

Stations	Nombre de substrats		Substrat dominant	Remarques
	Févr.	Nov.		
RHO 26.2 (RD)	6	6	cailloux, galets / blocs	Fort colmatage, légère turbidité. Algues filamenteuses en février (abondantes en novembre). Flocons papier WC, odeur eaux usées en novembre.
RHO 23.9 (RD)	6	6	blocs	Fort colmatage, forte turbidité en février (modérée en nov.). Présence d'algues filamenteuses. Quelques flocons papier WC en novembre.
RHO 23.9 (RG)	6	6	cailloux, galets en février blocs en novembre	Fort colmatage et turbidité en février, plus léger en novembre. Algues filamenteuses en février (abondantes en novembre). Quelques flocons papier WC et légère odeur de STEP en février.
RHO 21.9 (RD)	6	6	cailloux, galets	Fort colmatage et turbidité modérée en février ; colmatage modéré et forte turbidité en novembre. Présence d'algues filamenteuses. Quelques flocons papier WC en novembre.
RHO 19.9 (RG)	5	6	sables en février blocs en novembre	Ensablement, colmatage modéré et forte turbidité en février. Ensablement et turbidité modérée en novembre. Présence d'algues filamenteuses. En février, présence de flocs de chlorures ferrique (floculant des MES des eaux de refroidissement)
RHO 18.9 (RG)	5	7	cailloux, galets	Fort colmatage et forte turbidité. Présence d'algues filamenteuses.
RHO 12.4 (RG)	6	6	cailloux, galets	Fort colmatage, forte turbidité en février (modérée en novembre). Présence d'algues filamenteuses.
RHO 11.0 (RD)	5	6	cailloux, galets	Colmatage et turbidité modérés. Présence d'algues filamenteuses.
RHO 08.3 (RD)	5	6	cailloux, galets	Colmatage et turbidité modérés. Présence d'algues filamenteuses.
RHO 04.4 (RG)	6	6	cailloux, galets	Colmatage et turbidité modérés en février, colmatage modéré et forte turbidité en novembre. Présence d'algues filamenteuses.

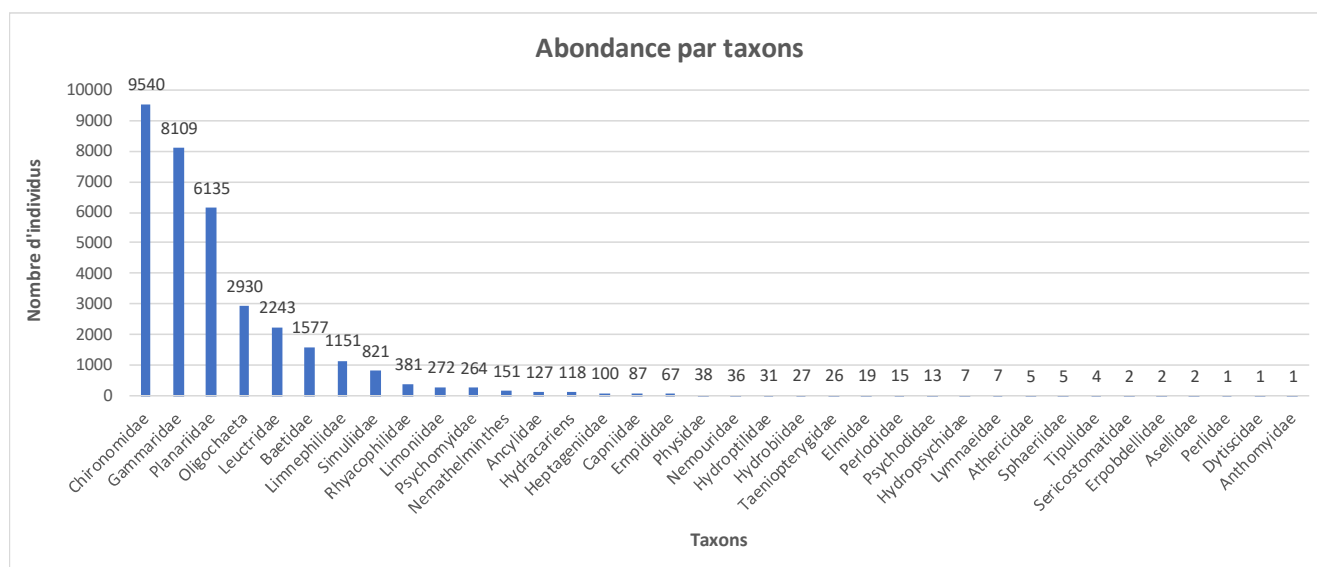
Les substrats sont majoritairement minéraux. Bien que rares, les substrats organiques sont représentés par des bryophytes et/ou des litières dans chaque station et à chaque prélèvement. A noter la présence d'algues filamenteuses sur toutes les stations. Un colmatage (parfois accompagné d'un ensablement) et une turbidité modérée à forte d'origine artificielle, ont été observés à toutes les stations. De plus, des taches de sulfure de fer ont régulièrement été relevées. Des déchets d'eaux usées (flocons de papier WC en novembre) parfois accompagnés d'odeurs d'eaux usées, ont été observés sur les 4 stations amont.

5.2. Faune benthique échantillonnée

5.2.1. Composition faunistique du peuplement benthique

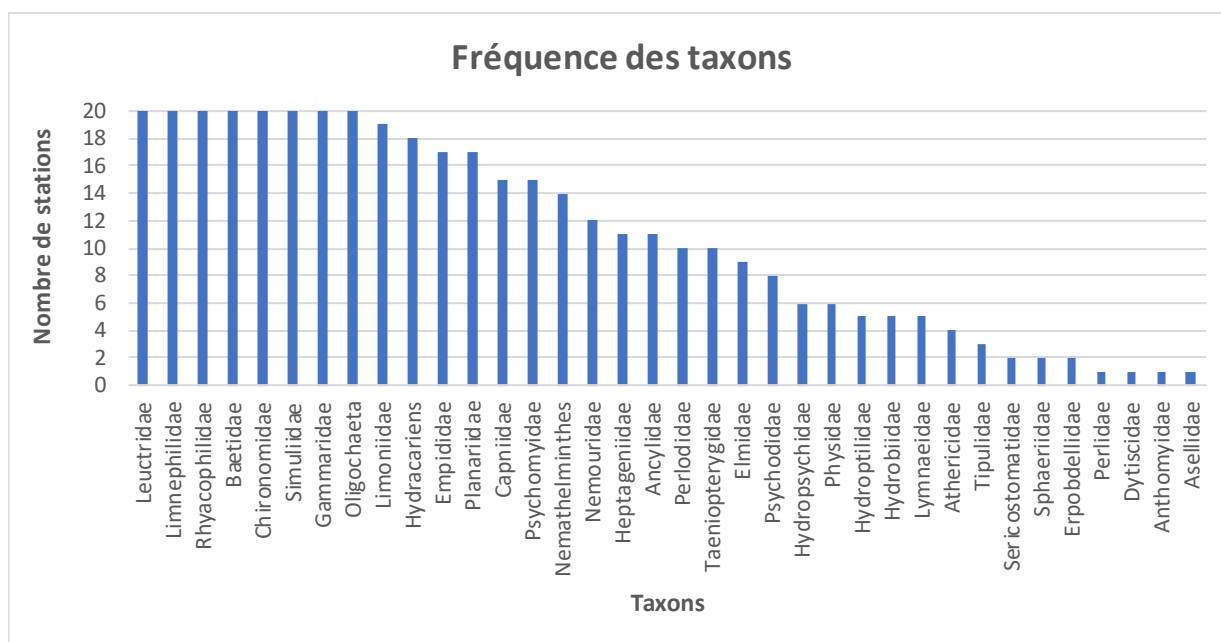
Abondance Tous les taxons recensés ne se rencontrent pas systématiquement dans chaque station. Les répartitions et les abondances sont liées aux variations spatiales ou saisonnières (cf. liste faunistique détaillée dans le Tableau 2)

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



Graphique 1 : Nombre total d'individus recensés par taxon dans les stations étudiées du Rhône en février et novembre 2017, du plus abondant au moins abondant.

Neuf des 10 taxons les plus abondants (> 270 individus par taxon ; Graphique 1) sont présents dans toutes les stations (Graphique 2), au moins pour une des 2 campagnes (seule exception : Planariidae non récolté sur RHO 26.2). Il s'agit de groupes ubiquistes, s'adaptant facilement aux variations des paramètres biotiques et abiotiques du milieu, avec toutefois un groupe relativement exigeant (Leuctridae). Ces taxons ont été recensés dans la plupart des rivières valaisannes étudiées



Graphique 2 : Nombre de stations du Rhône dans lesquelles chaque taxon a été rencontré en février et/ou novembre 2017.

Parmi les taxons du groupe indicateur le plus élevé (GI 9), des Taeniopterygidae et des Perlodidae ont été récoltés sur la majeure partie du linéaire étudié (respectivement présents dans 8 et 6 stations), mais toujours en faible quantité (< 5 individus). Un unique individu de Perlidae a été observé, et aucun Chloroperlidae. A noter que la famille relativement sensible des Capniidae (GI 8) est présente dans chaque station.

Certains taxons, relativement peu fréquents dans les prélèvements IBCH des rivières en Valais, ont été recensés dans le Rhône : les Capniidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Psychomyidae, Sericostomatidae, Dytiscidae, Anthomyiidae, Athericidae, Asellidae, Tipulidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Physidae, Erpobdellidae.

5.2.2. Variations spatiales

Parmi les taxons ubiquistes ou bien répandus dans toutes les stations étudiées, aucune tendance claire de l'augmentation ou de la diminution de leur abondance d'amont en aval n'apparaît. Il semble que les abondances de ces taxons soient principalement influencées par les conditions locales des stations, telles que des structures ponctuelles favorables (patchs de substrats moins colmatés, gouilles marginales, etc.) ou la proximité de l'embouchure d'un affluent. En revanche, parmi les taxons plus rares, les Hydroptilidae, les Athericidae, les Tipulidae et tous les Gastéropodes sont presque exclusivement présents sur les 5 stations aval. Quatre taxons n'ont été observés que dans une seule station : les Perlidae, Dytiscidae, Anthomyiidae, Asellidae.

5.2.3. Variations temporelles

Deux taxons sont systématiquement plus abondants en novembre qu'en février : les Oligochètes et les Hydracariens. Pour les autres taxons, il semble que les conditions locales ou hydrologiques soient plus importantes que les facteurs saisonniers pour expliquer leur abondance.

Tableau 2 : Faune benthique recensée dans le Rhône en février et novembre 2017.

Station	RHO 26.2 (RD)		RHO 23.9 (RD)		RHO 23.9 (RG)		RHO 21.9 (RD)		RHO 19.9 (RG)		RHO 18.9 (RG)		RHO 12.4 (RG)		RHO 11.0 (RD)		RHO 08.3 (RD)		RHO 04.4 (RG)		
	Date	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017
PLECOPTERES																					
Capniidae	3	2	5	5		6	1	18	3	5	2	2		12		1		16		6	
Leuctridae	90	350	250	74	120	31	250	42	70	77	5	42	41	22	500	68	92	29	70	20	
Nemouridae	2						3	5	4		3	3			2	7	2	2	2	1	
Perlidae		1																			
Perlodidae		1					2	2	1				3	1			2	1	1	1	
Taeniopterygidae		3	3	4		3		2	2	2		4		2				1			
TRICOPTERES																					
Hydropsychidae					1		1				2			1	1			1			
Hydroptilidae									1		1	2				26		1			
Limnephilidae	5	5	1	2	70	62	500	50	10	1	27	65	65	30	32	78	31	27	70	20	
Psychomyiidae				4	2	10	11	1		2	17	18	120	5	2		11	25	30	6	
Rhyacophilidae	18	38	60	28	55	7	31	8	4	13	5	11	23	9	23	13	8	2	20	5	
Sericostomatidae							1												1		
EPHEMEROPTERES																					
Baetidae	33	74	150	34	110	74	90	28	70	45	54	90	180	42	140	120	98	32	95	18	
Heptageniidae		4	1	2			2	8	6	15		2	1		32	27					
COLEOPTERES																					
Dytiscidae																			1		
Elmidae					1		1	1			3	4				1		2	2	4	
DIPTERES																					
Anthomyiidae														1							
Athericidae									1		1	2				1					
Chironomidae	1500	450	1800	280	180	125	110	240	600	250	750	125	200	350	250	180	800	500	700	150	
Empididae		13	4	3	3	1	1		1		8	8	3	1	3	2	3	3	8	2	
Limoniidae	15	13	6	1	4	1	15	65	11		7	32	8	6	18	45	10	1	10	4	
Psychodidae					2	1						1	1	2		1			3	2	
Simuliidae	40	67	90	125	25	47	60	23	50	87	27	18	4	15	80	28	2	8	15	10	
Tipulidae										1								2		1	
AMPHIPODES																					
Gammaridae	10	23	32	36	350	1000	600	450	21	27	300	450	400	130	300	450	650	80	1300	1500	

Observation de la qualité des eaux de surface | Le Rhône

Station	RHO 26.2 (RD)		RHO 23.9 (RD)		RHO 23.9 (RG)		RHO 21.9 (RD)		RHO 19.9 (RG)		RHO 18.9 (RG)		RHO 12.4 (RG)		RHO 11.0 (RD)		RHO 08.3 (RD)		RHO 04.4 (RG)		
	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	
ISOPODES																					
Asellidae																2					
BIVALVES																					
Sphaeriidae											1				4						
GASTEROPODES																					
Ancylidae					7	9					10	38	2	4		2	17	20	10	8	
Hydrobiidae									1	3	20		2				1				
Lymnaeidae											1				2	1	1	2			
Physidae											2	22		1	6	6		1			
ACHETES																					
Erpobdellidae								1			1										
TRICLADES																					
Planariidae			2	6	300	800	300	200	2		750	180	75	15	70	85	600	800	750	1200	
AUTRES TAXONS																					
Oligochetes	300	450	3	25	7	35	60	85	2	80	5	35	3	70	110	180	160	800	220	300	
Nemathelminthes	2		1	1		15		100	2		1	5	1	5		2		6	4	6	
Hydracariens		2	2	7		21	1	10	1	7	14	16	1	3	2	6	8	10	2	5	
Nb total d'individus	2018	1496	2410	637	1237	2248	2040	1339	862	613	1997	1196	1133	729	1573	1336	2495	2374	3313	3269	
Groupe Indicateur - GI	8	9	9	9	7	9	7	8	8	8	7	9	9	8	7	7	7	8	7	8	
Taxon Indicateur	Capniidae	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	Leuctridae	Taeniopterygidae	Leuctridae	Capniidae	Capniidae	Capniidae	Leuctridae	Taeniopterygidae	Perlodidae	Capniidae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Capniidae	Leuctridae	Capniidae	
Diversité	12	16	16	17	16	18	20	20	20	15	23	27	19	23	18	25	17	27	20	21	
Note IBCH	11	13	13	14	11	14	12	13	13	12	13	16	14	14	12	14	12	15	12	14	
Qualité selon norme IBCH	Moyen	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Satisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Moyen	Satisfaisant	

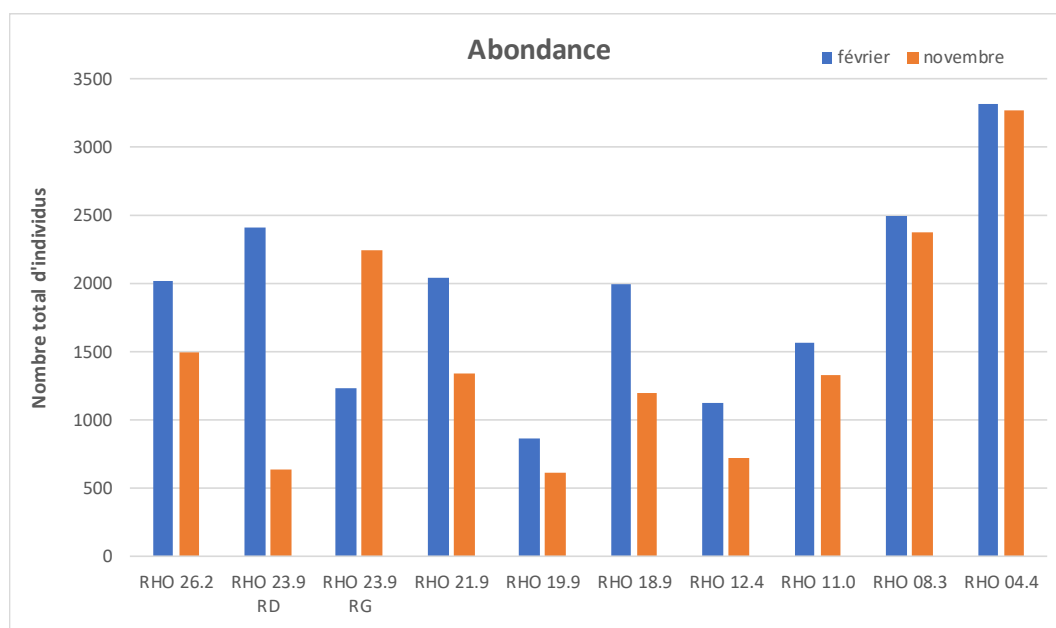
5.3. Résultats liés à l'indice biologique suisse (IBCH)

5.3.1. Abondance totale

Le nombre total d'individus par station (cf. Tableau 2 et Graphique 3) varie entre 3'313 (RHO 04.4 en février) et 613 (RHO 19.9 en novembre).

L'abondance moyenne sur l'ensemble des stations est de **1'716** individus. Elle est supérieure à l'abondance moyenne des affluents du Rhône (1'200 individus toutes campagnes confondues selon BERNARD et al, 1994). Cette abondance au-dessus de la moyenne est largement due aux 3 taxons les plus abondants (les Chironomidae, Gammaridae et Planariidae ; > 20'000 individus au total sur l'ensemble des stations), qui prolifèrent à certaines stations (> 1'000 individus).

Sur l'ensemble des stations, la faune benthique était plus abondante en février (56% des individus récoltés) qu'en octobre (44%). Neuf stations sur 10 présentaient d'ailleurs une abondance plus élevée en février (exception : RHO 23.9 RG).



Graphique 3 : Abondance de la faune benthique au niveau de chaque station dans le Rhône en février et novembre 2017.

5.3.2. Abondance (nombre d'individus) par taxon

Afin d'intégrer la fréquence habituelle des taxons, la DIREN Rhône-Alpes en France a proposé une échelle d'abondance qui tient compte des **différences naturelles**¹ (Agence de

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.

l'Eau, 2000). 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 (minimum 7 stations) : Leuctridae, Rhyacophilidae, Baetidae, Chironomidae, Limoniidae, Simuliidae, Gammaridae, Planariidae, Oligochètes.
- D'autres sont très abondants seulement ponctuellement (maximum 2 stations) : Hydroptilidae, Nemathelminthe.

Tableau 3 : Taxons les plus abondants dans le Rhône en février et novembre 2017 selon les critères de fréquences proposés par l'Agence de l'Eau (2000).

Station	RHO 26.2		RHO 23.9 RD		RHO 23.9 RG		RHO 21.9		RHO 19.9		RHO 18.9		RHO 12.4		RHO 11.0		RHO 08.3		RHO 04.4		
	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	26.02.2017	19.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	25.02.2017	18.11.2017	
PLECOPTERES																					
Capniidae								+													
Leuctridae	++	++	++	++	++	+	++	+	++	++		+	+	+	++	++	++	+	++	+	++
TRICOPTERES																					
Hydroptilidae																++					
Limnephilidae					+		+					+	+			+				+	
Psychomyiidae						++	++				++	++	++	+			++	++	++	+	++
Rhyacophilidae	++	++	++	++	++	+	++	+		++	+	++	++	++	++	++	++	+		++	+
Ephemeropteres																					
Baetidae		+	+		+	+	+		+			+	+		+	+	+		+		+
Heptageniidae															+	+					
Dipteres																					
Chironomidae	++	+	++	+	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	++	+	++	+	++
Limoniidae	++	++	+				++	++	++		+	++	+	+	++	++	++		++		++
Simuliidae	+	++	++	++	+	+	+	+	+	++	+	+			++	+					
Amphipodes																					
Gammaridae					+	++	++	+			+	+	+	+	+	+	++	+	++	++	++
Gasteropodes																					
Ancylidae												+					+	+			
Hydrobiidae												+									
Physidae												+									
Triclares																					
Planariidae					++	++	++	++			++	++	++		++	++	++	++	++	++	++
Autres taxons																					
Oligochetes	+	+						+		+				+	+	+	+	++	+	+	+
Nemathelminthes						++	++				+		+					+			+
Hydracariens						+															

+ abondance élevée ; ++ abondance très élevée ;

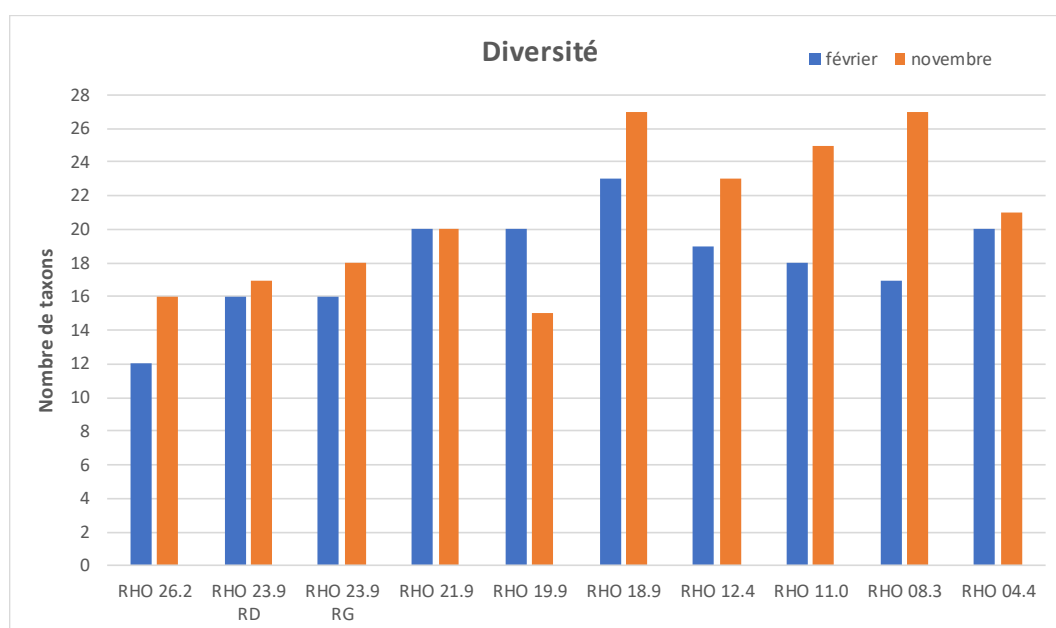
■ les cases en gris indiquent des abondances extrêmement élevées (> 1'000 ind. considérés comme une prolifération).

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

La diversité taxonomique (niveau famille) des stations (cf. Tableau 2 et Graphique 4) varie entre 12 (RHO 26.2 en février) et 27 (RHO 18.9 en novembre). **La diversité moyenne globale** est de **19.5 taxons** sur les 2 campagnes, et elle est plus élevée en novembre (20.9) qu'en février (18.1).

Aucune tendance claire d'augmentation ou de diminution de la diversité d'amont en aval n'est observée.

Un total de **36 taxons** a été recensé dans le Rhône lors des deux campagnes. Pour comparaison, le nombre total de taxons recensés lors des études précédentes (pour les 2 campagnes) est le suivant : 31 pour la Dala (2016), 34 pour la Printse (2015-2016), 28 pour la Turtmånna (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). Le linéaire étudié du Rhône se situe donc légèrement en dessous de la moyenne des bassins versants valaisans en termes de diversité taxonomique (niveau famille).



Graphique 4 : Diversité de la faune benthique à chaque station dans le Rhône en février et novembre 2017.

Groupe indicateur (GI) Le groupe indicateur maximal (cf. Tableau 2 et Graphique 5) de 9² (Chloroperlidae, Perlidae, Perlodidae, Taeniopterygidae) est retenu au moins une fois dans la moitié des stations. A noter que pour 9 prélèvements dans 5 stations différentes, des individus du GI 9 ont été observés, mais en nombre insuffisant pour être retenus comme GI (Tableau 2).

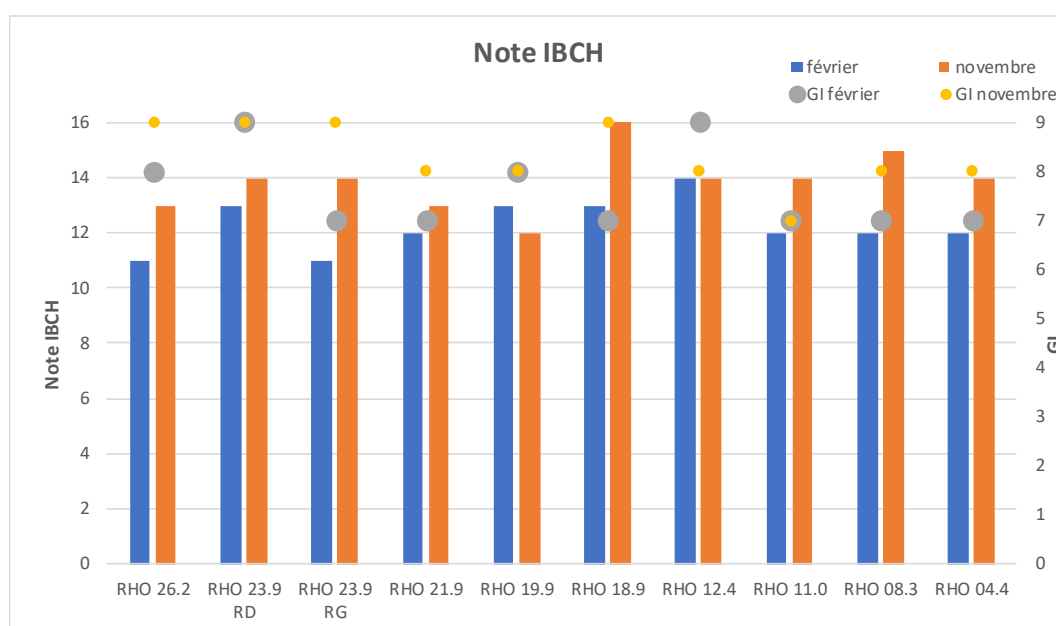
² Pour qu'un taxon du GI 9 soit retenu, il faut qu'il soit représenté par au moins 3 individus.

Note IBCH La majorité des prélèvements (13 sur un total de 20) présentent une **qualité satisfaisante**, les autres montrant une **qualité moyenne**. Les prélèvements effectués en novembre atteignent plus souvent une qualité satisfaisante (9 stations sur les 10) que ceux de février (4 stations sur les 10). Parmi les 7 prélèvements ayant une qualité moyenne, 4 incluaient au moins 1 individu du GI 9, en nombre insuffisant pour être retenu comme GI.

Les notes IBCH (cf. Tableau 2 et Graphique 5) varient entre 11 (qualité moyenne ; RHO 26.2 et RHO 23.9 RG en novembre) et 16 (qualité satisfaisante ; RHO 18.9 en novembre). A noter que cette note de 16 est exceptionnelle pour le Rhône. Elle s'explique par une diversité taxonomique élevée (75% des taxons observés sur l'ensemble du linéaire étudié étaient présents dans ce prélèvement, sans qu'aucun taxon ne soit spécifique à cette station). L'enrichissement du milieu dû à la STEP est sans doute favorable à certains taxons (station particulièrement riche en mollusques en novembre). D'ailleurs, la note est aussi vraisemblablement obtenue du fait de conditions locales particulières (7 taxons ne sont représentés que par 1 ou 2 individus seulement), qu'en raison d'une meilleure qualité du milieu. **La moyenne globale des notes IBCH** est de **13.1** ; elle est plus élevée en novembre (13.9) qu'en février (12.3). Pour une même station, les notes IBCH présentent un écart maximal de 3 point entre février et novembre (RHO 23.9 RG, RHO 18.9, RHO 08.3), ce qui correspond à une différence saisonnière plutôt élevée.

Pour comparaison, la moyenne des notes IBCH/IBGN obtenue lors des études précédentes (moyenne des 2 campagnes) est la suivante : 11.2 pour le bassin versant de Dala (2016), 14.1 pour la Printse (2015-2016), 14.3 pour la Turtmänna (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 moyenne des notes IBCH obtenues sur le linéaire étudié du Rhône **est très proche** de celle de l'ensemble des études précédentes (12.9).



Graphique 5 : Notes IBCH (histogrammes) et GI (symboles) obtenus pour chaque station dans le Rhône en février et novembre 2017.

Test de robustesse Le guide technique (Agence de l'eau, 2000 ; voir bibliographie dans le rapport principal) de l'IBGN, méthode française (AFNOR 2004) sur laquelle s'est calquée l'IBCH, indique (p. 29) qu'en présence d'un GI 9 donné par les Taeniopterygidae, il est utile d'évaluer la robustesse de la note pour l'interprétation des résultats. En effet, cette famille, malgré sa moindre polluosensibilité, a été maintenue dans le GI 9 afin que les potamons des rivières, où ce plécoptère est présent, puisse atteindre la note maximale sur l'échelle IBGN/IBCH.

Le Tableau 4 présente les notes IBCH adaptées en fonction du test de robustesse. Ce sont essentiellement les stations en amont qui abritent des Taeniopterygidae qui y sont soumises. Le test de robustesse fait chuter les notes de 1, voire 2 points, attribuant une qualité moyenne en novembre à la station amont (RHO 26.2, dans le tronçon à débit résiduel, et dans laquelle de nombreux déchets d'eaux usées ont été observés) et en février à la station en aval de St-Maurice (RHO 23.9 RG).












Tableau 4 : Note IBCH obtenues en février et novembre 2017 en appliquant le test de robustesse en présence du GI 9 Tarniopterygidae.

Station	Date	Nb total d'individus	Groupe Indicateur - GI	Taxon Indicateur	Diversité	Note IBCH	Qualité selon norme IBCH	Test de robustesse	Qualité selon norme IBCH après test de robustesse
	26.02.2017	2018	8	Capniidae	12	11	Moyen		Moyen
	19.11.2017	1496	9	Taeniopterygidae	16	13	Satisfaisant	11 (Leuctridae)	Moyen
	26.02.2017	2410	9	Taeniopterygidae	16	13	Satisfaisant	12 (Capniidae)	Moyen
	19.11.2017	637	9	Taeniopterygidae	17	14	Satisfaisant	13 (Capniidae)	Satisfaisant
	26.02.2017	1237	7	Leuctridae	16	11	Moyen		Moyen
	19.11.2017	2248	9	Taeniopterygidae	18	14	Satisfaisant	13 (Capniidae)	Satisfaisant
	25.02.2017	2040	7	Leuctridae	20	12	Moyen		Moyen
	18.11.2017	1339	8	Capniidae	20	13	Satisfaisant		Satisfaisant
	26.02.2017	862	8	Capniidae	20	13	Satisfaisant		Satisfaisant
	19.11.2017	613	8	Capniidae	15	12	Moyen		Moyen
	26.02.2017	1997	7	Leuctridae	23	13	Satisfaisant		Satisfaisant
	19.11.2017	1196	9	Taeniopterygidae	27	16	Satisfaisant	14 (Leuctridae)	Satisfaisant
	25.02.2017	1133	9	Perlodidae	19	14	Satisfaisant		Satisfaisant
	18.11.2017	729	8	Capniidae	23	14	Satisfaisant		Satisfaisant
	25.02.2017	1573	7	Leuctridae	18	12	Moyen		Moyen
	18.11.2017	1336	7	Leuctridae	25	14	Satisfaisant		Satisfaisant
	25.02.2017	2495	7	Leuctridae	17	12	Moyen		Moyen
	18.11.2017	2374	8	Capniidae	27	15	Satisfaisant		Satisfaisant
	25.02.2017	3313	7	Leuctridae	20	12	Moyen		Moyen
	18.11.2017	3269	8	Capniidae	21	14	Satisfaisant		Satisfaisant












ANNEXE 6 :

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR STATION

1. SYNTHÈSE PAR STATION

RHO 26.2 RD – Amont confl. Mauvoisin		567°015 / 117°683	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Tronçon à débit résiduel (dérivation au barrage de Lavey)		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur du lit et très faible variation de la profondeur, tronçon totalement endigué Présence toutefois d'un radier naturel		
	Aspect général	Déchets isolés d'eaux usées (papier WC, articles d'hygiène), fort colmatage, légère turbidité / Déchets isolés d'eaux usées (papier WC), odeur d'eaux usées, fort colmatage, légère turbidité, un peu de sulfure de fer		
	Influence	Barrage de Lavey en amont (tronçon à débit résiduel) DO, BEP ou mauvais raccordement en amont (papier WC, articles d'hygiène) ? STEP d'Evionnaz et d'Orgamol environ 5 km en amont (amont barrage)		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	6 substrats échantillonnés (très colmatés) / 6 substrats échantillonnés (très colmatés)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité		
	Diatomées	Densité normale / Densité normale DI-CH = 1.39 qualité excellente / DI-CH = 1.31 qualité excellente Trophie = 1.64 mésotrophie / Saprobie = classe (I)-II faible β-mésosaprobie / Trophie = 1.58 mésotrophie / Saprobie = classe (I)-II faible β-mésosaprobie	 	 
	Algues macroscopiques	Fortement développées et indicatrices de méso- à eutrophie / Moyennement développées et indicatrices de méso- à eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 2'000 ind.) / bien représentée (env. 1'500 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (74%), Oligochaeta (15%) / Chironomidae (30%), Oligochaeta (30%), Leuctridae (23%) Diversité taxonomique : moyenne (12 taxons) / assez bonne (16 taxons) Taxon indicateur : GI 8 (Capniidae, <i>Capnia</i> sp.) / GI maximal de 9 (Taeniopterygidae, <i>Rhabdiopteryx</i> sp.) Note IBCH : 11 (moyenne) / 13 (satisfaisante)		
			11	13

RHO 26.2 RD – Amont confl. Mauvoisin		567'015 / 117'683	Févr. 2017	Nov. 2017
	Familles EPT (nombre)		6	9
	Objectifs légaux	Diatomées, adaptation à la station : non en février Non atteints pour l'IBCH en février		
	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 11 en février ainsi que les déficits de l'aspect général lors des 2 prélèvements (déchets et odeur d'eaux usées, colmatage) indiquent une atteinte au milieu. Aucun individu du GI 9 n'a été trouvé en février, et ce prélèvement présente la plus faible diversité taxonomique des stations étudiées. Cette atteinte s'explique principalement par l'impact d'eaux usées (DO / BEP / mauvais raccordement / STEP) et la réduction des débits. Toutefois, aucune influence claire sur la qualité de l'eau n'a été mise en évidence par les analyses physico-chimiques ni par l'étude des diatomées, et la note IBCH s'améliore en novembre		
MESURES	Qualité des eaux	Recherche de l'origine des apports d'eaux usées et contrôle des installations (STEP d'Evionnaz et d'Orgamol)		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station		

RHO 23.9 RD – Aval St-Maurice		566'385 / 119'676	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités Section plus large			
	Écomorphologie RD totalement enrochée, aspect de la RG naturel. Certain variabilité de la largeur et de la profondeur du lit Eléments de diversification : petites gouilles et bras secondaire sans écoulement ou faible, blocs ralentissant l'écoulement, dépôt de galets			
	Aspect général Forte turbidité, fort colmatage / Déchets isolés d'eaux usées (papier WC), turbidité modérée, fort colmatage			
	Influence STEP de Lavey-Morcles environ 1 km en amont (RD)			
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats 6 substrats échantillonnés (très colmatés) / 6 substrats échantillonnés (très colmatés)			
	Qualité physico-chimique Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité			
	Diatomées Densité normale / Densité normale DI-CH = 1.18 qualité excellente / DI-CH = 1.34 qualité excellente Trophie = 1.77 eutrophie / Saprobie = classe I-II oligo à β-mésosaprobie / Trophie = 1.68 mésotrophie / Saprobie = classe (I)-II faible β-mésosaprobie	 	 	
	Algues macroscopiques Légèrement présentes et indicatrices de mésotrophie / Fortement développées et indicatrices d'eutrophie			
	Macroinvertébrés et IBCH Abondance : assez élevée (env. 2'400 ind.) / modérée (env. 650 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (75%), Leuctridae (10%) / Chironomidae (44%), Simuliidae (20%), Leuctridae (12%) Diversité taxonomique : assez bonne (16 taxons) / bonne (17 taxons) Taxon indicateur : GI maximal de 9 (Taeniopterygidae, <i>Rhabdiopteryx</i> sp.) / GI maximal de 9 (Taeniopterygidae, <i>Rhabdiopteryx</i> sp.) Note IBCH : 13 (satisfaisante) / 14 (satisfaisante)			
	Familles EPT (nombre)	7	8	
	Objectifs légaux Diatomées, adaptation à la station : non en février			

RHO 23.9 RD – Aval St-Maurice		566'385 / 119'676	Févr. 2017	Nov. 2017
MESURES	Qualité globale	Les note IBCH satisfaisante de 13 et de 14, ainsi que le relativement bon aspect écomorphologique, indiquent un milieu en assez bon état, malgré les déficits de l'aspect général (déchets isolés d'eaux usées en novembre et fort colmatage). Les résultats physico-chimiques et de l'étude des diatomées ne révèlent aucune pollution notable de l'eau.		
	Qualité des eaux	Même si l'impact se fait plus sentir en RD, contrôle de la STEP de Lavey-Morcles, optimisation du fonctionnement des installations		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station		

RHO 23.9 RG – Aval St-Maurice

566'330 / 119'680

Févr.
2017

Nov.
2017

DONNÉES STATION

Généralités Section plus large

Écomorphologie RD totalement enrochée, aspect de la RG naturel. Certaine variabilité de la largeur et de la profondeur du lit
 Eléments de diversification : petites gouilles, bras secondaire, blocs ralentissant l'écoulement, dépôt de galets

Aspect général Odeur de STEP par intermittence (1 flocon de papier WC trouvé dans le prélèvement IBCH lors du tri en labo), forte turbidité, fort colmatage /
 Turbidité et colmatage modéré

Influence STEP de Lavey-St. Maurice environ 1 km en amont (RD)



DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION

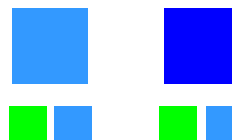
Qualité et diversité des substrats 6 substrats échantillonnés (très colmatés) /
 6 substrats échantillonnés (colmatage modéré)



Qualité physico-chimique Bonne à très bonne qualité /
 Bonne à très bonne qualité



Diatomées Densité normale/
 Densité normale
 DI-CH = 1.54 très bonne qualité/
 DI-CH = 1.36 qualité excellente



Trophie = 1.97 eutrophie/ Saprobie = classe (I)-II β-mésosaprobie/
 Trophie = 1.79 eutrophie / Saprobie = classe (I)-II faible β-mésosaprobie



Algues macroscopiques Bien développées et indicatrices d'eutrophie /
 Légèrement développées et indicatrices de méso- à eutrophie

Macroinvertébrés et IBCH Abondance : bien représentée (env. 1'250 ind.) / assez élevée (env. 2'250 ind.)
 Peuplement dominé par : Gammaridae (28%), Planariidae (24%), Chironomidae (15%) / : Gammaridae (45%), Planariidae (36%)
 Diversité taxonomique : assez bonne (16 taxons) / bonne (18 taxons)
 Taxon indicateur : GI 7 (Leuctridae) / GI maximal de 9 (Taeniopterygidae, *Rhabdiopteryx* sp.)
 Note IBCH : 11 (moyenne) / 14 (satisfaisante)



11














14

Familles EPT (nombre)












6

7












RHO 23.9 RG – Aval St-Maurice		566'330 / 119'680	Févr. 2017	Nov. 2017
	Objectifs légaux	Diatomées, adaptation à la station : non en février Non atteints pour l'IBCH en février		
	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 11 en février (aucun individu du GI 9 dans les prélèvements) indique une atteinte au milieu, malgré le relativement bon aspect écomorphologique. Bien que cette atteinte pourrait notamment s'expliquer par le fort colmatage, la différence de résultat avec la RD, sous-tend un impact de la STEP de Lavey-St. Maurice, suggéré par l'odeur intermittente d'eaux usées et par la présence d'un flocon de papier WC trouvé dans le prélèvement IBCH lors du tri en laboratoire. L'étude des diatomées, qui indique des eaux légèrement plus chargées qu'en rive droite, avec des différences des valeurs des indices en limite du significatif, confirme cette hypothèse. A noter toutefois qu'aucune influence claire sur la qualité de l'eau n'a été mise en évidence par les analyses physico-chimiques, et la note IBCH s'améliore nettement en novembre		
MESURES	Qualité des eaux	Contrôle de la STEP de Lavey-St. Maurice, optimisation du fonctionnement des installations		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station		

RHO 21.9 RD – Aval Confl. Avançon		565'430 / 121'440	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Berges abruptes, prélèvements possibles sur 2 à 3 mètres de large maximum		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit, tronçon totalement endigué Très peu de structures		
	Aspect général	Turbidité modérée, fort colmatage / Déchets isolés d'eaux usées (papier WC), forte turbidité, colmatage modéré		
	Influence	Embouchure de l'Avançon 100 m en amont		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	6 substrats échantillonnés (très colmatés) / 6 substrats échantillonnés (colmatage modéré)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité		
	Diatomées	Densité normale/ Densité normale DI-CH = 1.15 qualité excellente / DI-CH = 2.22 très bonne qualité Trophie = 1.68 mésotrophie / Saprobie = classe (I)-II faible β-mésosaprobie/ Trophie = 2.03 eutrophie/ Saprobie = classe II β-mésosaprobie	  	  
	Algues macroscopiques	Légèrement présentes et indicatrices de méso- à eutrophie / Légèrement présentes et indicatrices de méso- à eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 2'050 ind.) / bien représentée (env. 1'350 ind.) Peuplement dominé par : Gammaridae (29%), Limnephiliidae (25%), Planariidae (15%), Leuctridae (12%) / Gammaridae (34%), Chironomidae (18%), Planariidae (15%) Diversité taxonomique : bonne (20 taxons) / bonne (20 taxons) Taxon indicateur : GI 7 (Leuctridae), Présence de 2 Perlodidae (GI maximal de 9) et 1 Capniidae (GI 8) / GI 8 (Capniidae, <i>Capnia</i> sp.), présence de 2 Perlodidae et 2 Taeniopterygidae (GI maximal de 9) Note IBCH : 12 (moyenne) / 13 (satisfaisante)		
	Familles EPT (nombre)		12	13
			11	10












RHO 21.9 RD – Aval Confl. Avançon		565'430 / 121'440	Févr. 2017	Nov. 2017
	Objectifs légaux	Diatomées, adaptation à la station : non en février et en novembre Non atteints pour l'IBCH en février		
	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 12 en février ainsi que les déficits écomorphologiques et de l'aspect général, indiquent une atteinte au milieu, qui pourrait s'expliquer par le manque d'habitats pour la faune benthique sur ce tronçon (peu de structure, fort colmatage). Toutefois, la présence de quelques flocons de papier WC en novembre, ainsi que des fibres de nylon et d'élastane prises dans les macroalgues et vues au microscope, signalent l'impact d'eaux usées (lessives) (STEP de Bex sur l'Avançon, éventuels DO). La diversité taxonomique est cependant bonne, et la présence d'individus du GI 9 en février et en novembre suggère qu'il existe un potentiel. Les résultats physico-chimiques et de l'étude des diatomées ne révèlent aucune pollution de l'eau, si ce n'est une charge plus élevée en novembre. A noter que l'embouchure de l'Avançon directement à l'amont pourrait expliquer la présence de taxons du GI 9, et influencer la diversité taxonomique.		
MESURES	Qualité des eaux	Contrôle de la STEP de Bex, optimisation du fonctionnement des installations et des éventuels ouvrages sur le réseau d'assainissement Maintien de la surveillance, intégration de l'Avançon dans le diagnostic		
	Autre			

RHO 19.9 RG – Amont STEP CIMO		564'520 / 122'980	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Tronçon moins large en raison du dépôt de matériaux apporté par la Vièze		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur du lit, tronçon totalement endigué Large dépôt en RG provenant de la Vièze. Ilot au centre du Rhône Rejet des eaux de refroidissement par chenal latéral en RG		
	Aspect général	Zone lenticque avec dépôts de floccs rouges (floculant des MES des eaux de refroidissement : chlorures ferrique ?), forte turbidité, colmatage modéré, ensablement / Turbidité modérée, ensablement		
	Influence	Embouchure de la Vièze directement à l'amont → prélèvements le plus possible dans l'écoulement du Rhône pour limiter l'influence de la Vièze (accès difficile)		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	5 substrats échantillonnés (assez colmaté, ensablé) / 6 substrats échantillonnés (non colmaté, ensablé)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Très bonne qualité		
	Diatomées	Faible densité/ Faible densité DI-CH = 2.50 très bonne qualité / DI-CH = 2.81 très bonne qualité Trophie = 2.03 eutrophie / Saprobie = classe II-(III) forte β-mésosaprobie/ Trophie = 2.17 eutrophie / Saprobie = classe II-III β à α-mésosaprobie	 	 
	Algues macroscopiques	Légèrement présentes et indicatrices de méso- à eutrophie / Très faible présence, indicatrice de perturbation hydrologique		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : modérée (env. 850 ind.) / modérée (env. 600 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (70%) / Chironomidae (41%), Simuliidae (14%), Oligochaeta (13%), Leuctridae (13%) Diversité taxonomique : bonne (20 taxons) / assez bonne (15 taxons) Taxon indicateur : GI 8 (Capniidae, <i>Capnia</i> sp., <i>Capnioneura nemuroides</i>), présence de 2 Taeniopterygidae et 1 Perlodidae (GI maximal de 9) / GI 8 (Capniidae, <i>Capnia</i> sp.), présence de 2 Taeniopterygidae (GI maximal de 9) Note IBCH : 13 (satisfaisante) / 12 (moyenne)		
			13	12












RHO 19.9 RG – Amont STEP CIMO		564'520 / 122'980	Févr. 2017	Nov. 2017
	Familles EPT (nombre)		10	8
	Objectifs légaux	Non atteints pour l'indice saprobique en février et novembre Diatomées, adaptation à la station : non en février et novembre Non atteints pour l'IBCH en novembre		
	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 12 en novembre, ainsi que les déficits écomorphologiques, indiquent une légère atteinte au milieu. La faible biodiversité des diatomées, qui montre une perturbation, semble confirmer ce diagnostic. Bien qu'en bonne qualité (DI-CH le plus élevé de l'étude), l'atteinte été supposée liée à la remontée des floccs sous forme d'hydroxydes de fer dus à l'installation de floculation au chlorure ferrique, floccs qui peuvent atteindre et se déposent sur les substrats. Cette interprétation est renforcée par les indices trophique et saprobique qui sont également les plus élevés de l'étude. Toutefois, la présence d'individus du GI 9 en février et en novembre, ainsi que les résultats physico-chimiques qui ne montrent aucune pollution particulière, relativisent cette atteinte. Il est probable que les prélèvements effectués sur le radier en novembre avec des vitesses d'écoulement très rapides (difficulté d'accéder plus en aval du fait des hauteurs d'eau trop élevée) puissent influencer négativement les résultats (pouvoir érosif).		
MESURES	Qualité des eaux	Contrôle des rejets de la station de floculation		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station Suivi de l'évolution des populations de l'escargot aquatique exotique <i>Potamopyrgus antipodarum</i> (1 individus dans les prélèvements de novembre)		

RHO 18.9 RG – Aval STEP CIMO		563'840 / 123'720	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Berges abruptes, bande de prélèvement très étroite		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit, tronçon totalement endigué, vitesse d'écoulement uniforme, incision du lit		
	Aspect général	Forte turbidité, fort colmatage / Forte turbidité, fort colmatage /		
	Influence	STEP CIMO environ 500 m à l'amont (RG) Embouchure de la Gryonne environ 500 m à l'amont (RD)		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	5 substrats échantillonnés (très colmatés et présence de limon collant) / 7 substrats échantillonnés (très colmaté)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité (conductivité plus élevée et concentration en chlorures particulièrement haute) / Bonne à très bonne qualité (concentration en chlorures assez haute)		
	Diatomées	Densité normale/ Densité normale DI-CH = 1.83 très bonne qualité / DI-CH = 3.23 très bonne qualité Trophie = 2.08 eutrophie / Saprobie = classe II β-mésosaprobie/ Trophie = 2.33 méso- à polytrophie / Saprobie = classe II-(III) forte β-mésosaprobie	 	 
	Algues macroscopiques	Légèrement présentes et indicatrices de méso- à eutrophie / Faible présence, indicatrice d'eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 2'000 ind.) / bien représentée (env. 1'200 ind.) Peuplement dominé par : Planariidae (38%), Chironomidae (38%), Gammaridae (15%) / Gammaridae (38%), Planariidae (15%), Chironomidae (11%) Diversité taxonomique : très bonne (23 taxons) / très bonne (27 taxons) Taxon indicateur : GI 7 (Leuctridae), présence de 2 Capniidae (GI 8) / GI maximal de 9 (Taeniopterygidae, <i>Rhabdiopteryx</i> sp.) Note IBCH : 13 (satisfaisante) / 16 (satisfaisante)		
	Familles EPT (nombre)		13	16
	Familles EPT (nombre)		8	10
	Objectifs légaux	Non atteints pour l'indice saprobique et l'indice trophique en novembre		












RHO 18.9 RG – Aval STEP CIMO		563'840 / 123'720	Févr. 2017	Nov. 2017
	Diatomées, adaptation à la station : non en novembre			
	Qualité globale	L'absence d'individus du GI 9 en février, ainsi que les déficits écomorphologiques et de l'aspect général, suggèrent une atteinte au milieu. Bien qu'en bonne qualité, le DI-CH est le 2 ^{ème} plus élevé de l'étude, confirmant une perturbation. Les indices trophique et saprobique, sont également les 2 ^{ème} plus élevés de l'étude, en particulier en novembre. De plus, la présence de fibres colorées de cellulose prises dans les macroalgues et vues au microscope signalent l'impact d'eaux usées (lessives, WC). Ces atteintes sont à mettre en relation les rejets de la STEP de CIMO-Monthey. Les résultats physico-chimiques du 26.02.2017 indiquent une conductivité et une concentration en chlorures particulièrement élevées (caractéristiques des rejets de STEP). A noter que cette station présente la diversité taxonomique en macroinvertébrés la plus élevée de la campagne de février (23 taxons) et de la campagne de novembre (27 taxons), et que la note IBCH de 16 en novembre est exceptionnelle pour le Rhône. L'enrichissement du milieu dû à la STEP est sans doute favorable à certains taxons (station particulièrement riche en mollusques en novembre). D'ailleurs, la note est aussi vraisemblablement obtenue du fait de conditions locales particulières (7 taxons ne sont représentés que par 1 ou 2 individus seulement), qu'en raison d'une meilleure qualité du milieu.		
MESURES	Qualité des eaux	Contrôle de la STEP de CIMO-Monthey		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station Suivi de l'évolution des populations des escargots aquatiques exotiques <i>Potamopyrgus antipodarum</i> (3 individus dans les prélèvements de février, 20 individus en novembre) et <i>Haitia acuta</i> (2 individu dans les prélèvements de février)		

RHO 12.4 RG – Pont d'Illarsaz		561'041 / 129'157	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Station très uniforme, d'aspect très colmaté		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur et de la profondeur du lit, tronçon totalement endigué Dépôts de galets en RG (petite plage)		
	Aspect général	Forte turbidité et fort colmatage, un peu de sulfure de fer / Forte turbidité et colmatage modéré, beaucoup de sulfure de fer		
	Influence	STEP de CIMO à Monthey de très grosse capacité (360'000 EH) à 7 km en amont		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	6 substrats échantillonnés (très colmatés) / 6 substrats échantillonnés (très colmatés)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité		
	Diatomées	Densité normale/ Faible densité DI-CH = 1.19 excellente qualité / DI-CH = 2.16 très bonne qualité Trophie = 1.89 eutrophie / Saprobie = classe I-II oligo à β-mésosaprobie/ Trophie = 1.92 eutrophie / Saprobie = classe II-(III) forte β-mésosaprobie	 	 
	Algues macroscopiques	Bien développées et indicatrices d'eutrophie / Faible présence indicatrice d'eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : bien représentée (env. 1'150 ind.) / modérée (env. 750 ind.) Peuplement dominé par : Gammaridae (35%), Chironomidae (18%), Baetidae (16%), Psychomyiidae (11%) / Chironomidae (48%), Gammaridae (18%) Diversité taxonomique : bonne (19 taxons) / très bonne (23 taxons) Taxon indicateur : GI maximal de 9 (Perlodidae) / GI 8 (Capniidae, Capnia sp.), présence de 2 Taeniopterygidae et 1 Perlodidae (GI maximal de 9) Note IBCH : 14 (satisfaisante) / 14 (satisfaisante)		
	Familles EPT (nombre)		14	14
	Objectifs légaux	Non atteints pour l'indice saprobique en novembre Diatomées, adaptation à la station : non en février et novembre	8	9












RHO 12.4 RG – Pont d'Illarsaz		561'041 / 129'157	Févr. 2017	Nov. 2017
MESURES	Qualité globale	La note IBCH satisfaisante de 14 indique un milieu d'assez bonne qualité, malgré les déficits écomorphologiques et de l'aspect général. En février, les résultats physico-chimiques et de l'étude des diatomées ne révèlent aucune pollution de l'eau. En novembre, la charge saprobique est trop élevée, sans pouvoir clairement identifier la cause (effet de la STEP de CIMO-Monthey ?).		
	Qualité des eaux	Maintien de la surveillance Contrôle de la STEP de CIMO-Monthey		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station Suivi de l'évolution des populations des escargots aquatiques exotiques <i>Potamopyrgus antipodarum</i> (2 individus dans les prélèvements de novembre) et <i>Haitia acuta</i> (1 individu dans les prélèvements de novembre)		

RHO 11.0 RD – Aval confl. Grande Eau		561'000 / 130'632	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Lit mineur moins large en raison du dépôt de la Grande Eau		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur nulle et variation de la profondeur limitée), tronçon totalement endigué Large dépôt en RD provenant de la Grande Eau		
	Aspect général	Turbidité et colmatage modérés, un peu de sulfure de fer / Turbidité et colmatage modérés, beaucoup de sulfure de fer		
	Influence	Embouchure de la Grande Eau environ 100 m en amont Rejets de la STEP d'Aigle en amont		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	5 substrats échantillonnés (assez colmatés) / 6 substrats échantillonnés (assez colmatés)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité		
	Diatomées	Densité normale/ Densité normale DI-CH = 1.08 excellente qualité / DI-CH = 1.57 très bonne qualité Trophie = 1.68 mésotrophie / Saprobie classe I-II oligo à β-mésosaprobie/ Trophie = 1.97 eutrophie/ Saprobie = classe II β-mésosaprobie	 	 
	Algues macroscopiques	Légèrement présentes et indicatrices de méso- à eutrophie / Présence moyenne indicatrice de méso- à eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 1'550 ind.) / bien représentée (env. 1'350 ind.) Peuplement dominé par : Leuctridae (32%), Gammaridae (19%), Chironomidae (16%) / Gammaridae (34%), Chironomidae (14%), Oligochaeta (14%) Diversité taxonomique : bonne (18 taxons) / très bonne (25 taxons) Taxon indicateur : GI 7 (Leuctridae) / GI 7 (Leuctridae), présence de 2 Capniidae (GI 8) Note IBCH : 12 (moyenne) / 14 (satisfaisante)		
	Familles EPT (nombre)		12	14
	Familles EPT (nombre)		8	8
	Objectifs légaux	Diatomées, adaptation à la station : non en février Non atteints pour l'IBCH en février		

RHO 11.0 RD – Aval confl. Grande Eau		561'000 / 130'632	Févr. 2017	Nov. 2017
MESURES	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 12 en février, l'absence d'individus du GI 9 lors des 2 campagnes, ainsi que les déficits écomorphologiques et de l'aspect général, indiquent une atteinte au milieu, qui pourrait s'expliquer par un impact de la STEP. La présence de fibres d'élastane prises dans les macroalgues et vues au microscope, signalant l'impact d'eaux usées (lessives), corrobore cette hypothèse. Les résultats physico-chimiques et de l'étude des diatomées ne révèlent toutefois aucune pollution de l'eau. A noter que la faible biodiversité des diatomées en février est due à la forte activité hydrologique en aval de la Grande-Eau ou aux apports de la STEP d'Aigle et de CIMO à Monthey?		
	Qualité des eaux	Contrôle des installations de la STEP d'Aigle, optimisation du fonctionnement des installations		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station Suivi de l'évolution des populations de l'escargot aquatique exotique <i>Haitia acuta</i> (6 individus dans les prélèvements de février et de novembre)		

RHO 08.3 RD – Amont Vouvry		559'156 / 132'126	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Station très homogène, sans diversité		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur ni de la profondeur, tronçon totalement endigué Tronçon très homogène (vitesses d'écoulement uniformes, très peu de structures)		
	Aspect général	Turbidité et colmatage modérés / Turbidité et colmatage modérés, beaucoup de sulfure de fer		
	Influence	STEPs situées en amont		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	5 substrats échantillonnés (assez colmatés) / 6 substrats échantillonnés (assez colmatés)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité		
	Diatomées	Forte densité/ Densité normale DI-CH = 1.21 excellente qualité / DI-CH = 2.14 très bonne qualité Trophie = 1.85 eutrophie / Saprobie classe I-II oligo à β-mésosaprobie/ Trophie = 2.13 eutrophie / Saprobie = classe II β-mésosaprobie	 	 
	Algues macroscopiques	Présences moyenne indicatrice de méso- à eutrophie / Présences légère indicatrice d'eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 2'500 ind.) / assez élevée (env. 2'350 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (32%), Gammaridae (26%), Planariidae (24%) / Planariidae (34%), Oligochaeta (34%), Chironomidae (21%) Diversité taxonomique : bonne (17 taxons) / très bonne (27 taxons) Taxon indicateur : GI 7 (Leuctridae), présence de 2 Perlodidae (GI maximal de 9) / GI 8 (Capniidae, <i>Capnia</i> sp.), présence d'1 Perlodidae et 1 Taeniopterygidae (GI maximal de 9) Note IBCH : 12 (moyenne) / 15 (satisfaisante)		
	Familles EPT (nombre)		12	15
	Familles EPT (nombre)		7	11

RHO 08.3 RD – Amont Vouvry		559'156 / 132'126	Févr. 2017	Nov. 2017
MESURES	Objectifs légaux	Diatomées, adaptation à la station : non en février et novembre Non atteints pour l'IBCH en février		
	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 12 en février ainsi que les déficits écomorphologiques et de l'aspect général, indiquent une atteinte au milieu, qui pourrait s'expliquer par le manque d'habitats pour la faune benthique sur ce tronçon (peu de structure et de substrats, colmatage). La présence de sclérites colorées (fibres de bois) prises dans les macroalgues et vues au microscope signalent toutefois l'impact d'eaux usées (WC). Les résultats physico-chimiques et de l'étude des diatomées ne révèlent toutefois aucune pollution de l'eau. Soulignons que la note IBCH de novembre est bonne (15), et qu'avec 1 Perlodidae supplémentaire (GI 9) la note IBCH de février passerait à 14.		
	Qualité des eaux	Maintien de la surveillance		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station Suivi de l'évolution des populations des escargots aquatiques exotiques <i>Potamopyrgus antipodarum</i> (1 individu dans les prélèvements de novembre) et <i>Haitia acuta</i> (1 individu dans les prélèvements de novembre)		

RHO 04.4 RG – Aval Porte du Scex		557°395 / 134°716	Févr. 2017	Nov. 2017
DONNÉES STATION	Généralités	Très basses eaux, tête des anciens épis visibles		
	Écomorphologie	Aucune variabilité de la largeur du lit, tronçon totalement endigué Incision des berges, blocs se déchaussent, poches de limon		
	Aspect général	Colmatage (pavage du fond du lit) et turbidité modérée / Colmatage modéré (beaucoup de limons externes), forte turbidité, un peu de sulfure de fer		
	Influence	STEP de Vouvry en rive gauche (environ 2 km en amont)		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	6 substrats échantillonnés (assez colmatés) / 6 substrats échantillonnés (assez colmatés)		
	Qualité physico-chimique	Bonne à très bonne qualité / Bonne à très bonne qualité		
	Diatomées	Forte densité/ Densité normale		
		DI-CH = 1.20 excellente qualité / DI-CH = 2.65 très bonne qualité		
		Trophie = 1.81 eutrophie / Saprobie classe I-II oligo à β-mésosaprobie/ Trophie = 2.22 eutrophie / Saprobie = classe II-(III) forte β-mésosaprobie		
	Algues macroscopiques	Moyennement développées et indicatrices de méso- à eutrophie / Légèrement développées d'eutrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : élevée (env. 3'300 ind.) / élevée (env. 3'250 ind.) Peuplement dominé par : Gammaridae (39%), Planariidae (23%), Chironomidae (21%) / Gammaridae (39%), Planariidae (37%) Diversité taxonomique : bonne (20 taxons) / très bonne (21 taxons) Taxon indicateur : GI 7 (Leuctridae), présence d'1 Perlodidae (GI maximal de 9) / GI 8 (Capniidae, Capnia sp.), présence d'1 Perlodidae (GI maximal de 9) Note IBCH :12 (moyenne) / 14 (satisfaisante)		
Familles EPT (nombre)		12	14	
		8	8	

RHO 04.4 RG – Aval Porte du Scex		557'395 / 134'716	Févr. 2017	Nov. 2017
	Objectifs légaux	Non atteints pour l'indice saprobique en novembre Diatomées, adaptation à la station : non en février et novembre Non atteints pour l'IBCH en février		
	Qualité globale	La note IBCH moyenne de 12 en février, ainsi que les déficits écomorphologiques et de l'aspect général, indiquent une atteinte au milieu, qui pourrait s'expliquer par le manque d'habitats pour la faune benthique sur ce tronçon (peu de structure et de substrats, colmatage), ainsi que par un éventuel impact de la STEP de Vouvry, hypothèse corroborée par une trop forte charge saprobique en novembre. Les résultats physico-chimiques et de l'étude des diatomées en février ne révèlent cependant aucune pollution de l'eau, et la présence d'un individu du GI 9 lors des 2 campagnes suggère qu'il existe un potentiel.		
MESURES	Qualité des eaux	Contrôle de la STEP de Vouvry, optimisation du fonctionnement des installations Maintien de la surveillance		
	Autre	Suivi de l'évolution des populations de la diatomée envahissante <i>Didymosphenia geminata</i> , présente sur la station		