

**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 2022

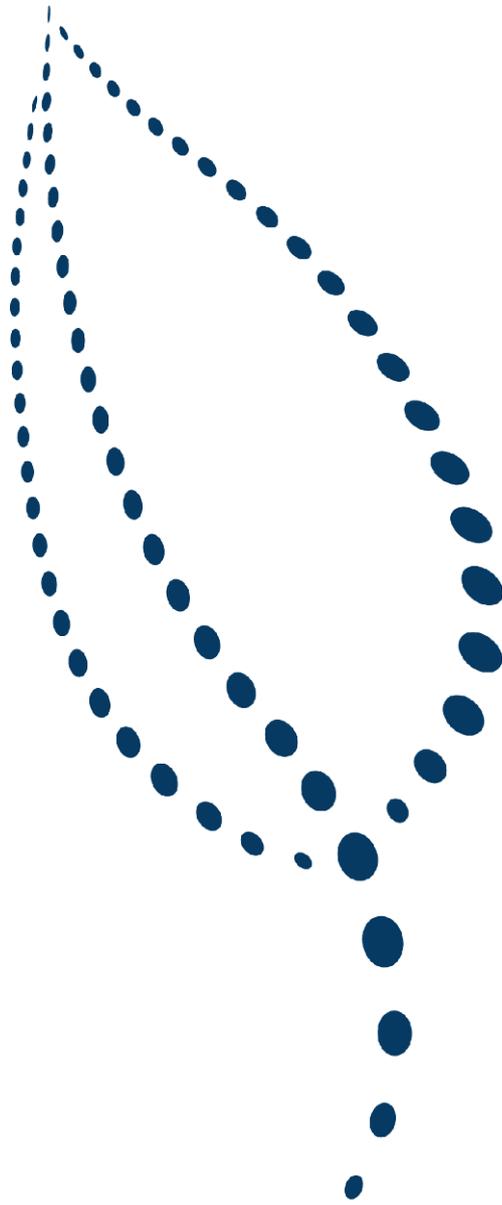
La Fare

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

**Rapport et
annexes**

Août 2024





biol conseils

SEN-VS

**Observation de la qualité des eaux de surface
2022**

La Fare

6394 | 30.08.2024

IMPRESSUM

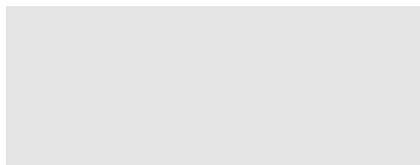
Collaborateur(s) ayant participé à l'étude :

- Régine Bernard (biol conseils, cheffe de projet)
- François Straub (PhycoEco, diatomées)
- Lucie Fauquet (biol conseils)

6394 | Sion, le 30.08.2024



Régine Bernard



François Straub

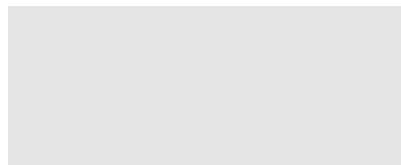


TABLE DES MATIÈRES

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.	Captages d'eau potable et bisses.....	9
2.3.3.	Assainissement des eaux usées.....	9
2.3.4.	Extraction de graviers.....	10
2.3.5.	Aménagement du lit.....	10
2.3.6.	Valeurs naturelles.....	10
3.	MÉTHODOLOGIE.....	11
3.1.	Principes et Intervenants.....	11
3.2.	Localisation des stations, Campagnes, Méthodes utilisées.....	12
3.2.1.	Choix et localisation des stations et principe de codification.....	12
3.2.2.	Dates des campagnes et conditions météorologiques.....	16
4.	QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX.....	16
5.	ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX.....	18
6.	ETUDE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES, QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX.....	19
7.	SYNTHÈSE PAR STATION.....	22
8.	CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS.....	22
9.	COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS BIOLOGIQUES ANTÉRIEURS.....	23
9.1.	Diatomées.....	23
9.2.	Faune benthique.....	25
10.	RÉSUMÉ - CONCLUSION.....	28
11.	BIBLIOGRAPHIE.....	29
12.	ANNEXES.....	33

1. INTRODUCTION

Cadre du mandat Depuis 1990, le Service de l'Environnement du Canton du Valais (SEN) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface (cf. rapports 1991 à 2021). 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 SEN. 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 2022, le choix du SEN s'est porté sur la Fare. Ce mandat a été attribué aux bureaux biol conseils sa à Sion et PhycoEco (Dr François Straub) pour la partie « diatomées ». A noter qu'une campagne a déjà été réalisée en 2002-2003 sur la Fare, ce qui permettra une comparaison temporelle des résultats.

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

2. PRÉSENTATION DU CONTEXTE

2.1. Bassin versant

Description générale Le bassin versant de la Fare (n° 50-241) se situe en rive gauche du Rhône, entre Sion et Martigny. La Fare se jette dans le Rhône à la hauteur de Riddes.

D'après l'Atlas hydrologique suisse, il englobe une surface de 29.6 km². Ce bassin versant s'étend du lac des Vaux jusqu'à l'altitude la plus basse de 450 m en plaine. D'après la plateforme HYDROmaps du 20.07.2023 (<https://hydromaps.ch/>), la couverture du sol du bassin versant est principalement composée de forêts (42 %), de végétation herbacée (34%) et de roches meubles (11%). Les zones urbanisées représentent 5 % de la couverture du sol, et l'agriculture 3 %.

Les caractéristiques du bassin versant selon l'Atlas hydrologique suisse sont reportées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques du bassin versant de la [Fare](#).

Critères	Caractéristiques selon l'Atlas hydrologique suisse
Bassin versant	50-241
Superficie	29.6 km ²
Altitude moyenne	1'829 m s.m.
Pente moyenne	22.1°
Surface glacière	0.0%
Surface boisée	31.2%
Surfaces urbanisées	0.8%
Communes du bassin versant	Riddes, Isérables

2.2. Réseau hydrographique

Principales caractéristiques

L'amont du bassin versant de la Fare est caractérisé par l'absence de glacier. La Fare prend sa source vers 2'600 m d'altitude en amont du lac des Vaux (2'545 m). Elle est alimentée par deux ruisseaux principaux également liés à des plans d'eau : le lac Rogneux, l'étang des Plans. Elle coule sur environ 6 km avant sa confluence avec sa seconde branche, la Fare de Rosey qui prend sa source 5 km en amont, vers 2'500 m d'altitude. Deux étendues d'eau alimentent les ruisseaux amont : la Gouille du Fou et la Gouille des Tsan Ferrets. Les deux branches réunies s'écoulent ensuite sur environ 3.5 km et reçoivent de nombreux petits torrents latéraux. Elle se jette dans le Rhône à l'est du village de Riddes.

De par la morphologie particulière du bassin versant, les écoulements de la Fare sont très diversifiés avec parfois des pentes très douces, tel que Chassoure ou Les Pontets, ou très pentues dans des gorges, tel qu'en amont de FAR 01.4.

Plusieurs captages sont réalisés pour l'alimentation en eau potable ou pour l'irrigation. En rive gauche, le Grand Bisse de Saxon n'est plus utilisé par l'agriculture (vocation touristique) ; le Vieux Bisse est désaffecté.

Le régime n'est modifié qu'à partir du captage hydroélectrique Les Dzoras (Grande Dixence SA) sur la branche Fare de Rosey à 1'533 m. Le réseau hydrographique principal et les captages sont présentés sur la Figure 2. Un nouveau captage a été construit en 2015 couplant l'alimentation en eau potable et une installation mini-hydraulique entre le Lac des Vaux et Les Pontets, influençant le débit de la Fare.

D'après l'Atlas hydrologique de la Suisse, son régime d'écoulement est de type nival alpin (minimum en hiver, maximum en été).

La Fare est une rivière de montagne, appartenant selon ILLIES (1963) à la zone du rhithron. Sur le plan piscicole, d'après la zonation établie par HUET (1949), elle se situe dans la zone à Salmonidés dominants.

2.3. Interventions humaines

2.3.1. Exploitations hydrauliques

Aménagements principaux

Données tirées de l'Atlas hydrologique suisse, de la base de données BD-Invent, et du SIT Valais.

Une partie des eaux du bassin versant est utilisée pour les besoins hydroélectriques par la société « Grande Dixence SA ». La Fare de Rosey fait l'objet d'un captage à 1'533 m qui alimente la centrale hydroélectrique située à Riddes. Les eaux sont restituées au Rhône. Selon l'Atlas hydrologique suisse, le captage modifie sensiblement le débit de la Fare :

- En aval immédiat du captage sur la Fare de Rosey, le débit résiduel est inférieur à 20 % du débit moyen annuel naturel ;
- Sur la Fare de Rosey, en aval du lieu-dit « Le Drochter » et jusqu'à la confluence avec la Fare de Chassoure, le débit du cours d'eau représente 21 à 40 % du débit naturel ;
- Puis en aval de la confluence et jusqu'à son embouchure dans le Rhône, le débit résiduel est supérieur à 80 % du débit naturel de la Fare.

Pour rappel, le captage des eaux effectué dans le lac des Vaux pour l'alimentation en eau potable est couplé à une installation mini-hydraulique aux Pontets.

2.3.2. Captages d'eau potable et bisses

Plusieurs captages d'eau potable s'observent dans le bassin versant de la Fare (Figure 2) :

- Dans le Lac des Vaux ;
- Deux prélèvements proches de la Fare dans le bassin amont (Les Pontets) ;
- Plusieurs prélèvements proches des affluents en rive gauche de la Fare ;
- Proche de la Fare de Rosey dans le bassin amont ;
- Plusieurs prélèvements proches des affluents en rive droite de la Fare de Chassoure ;
- Un captage dans le bassin aval, en plaine, proche du canal des Epeney (en rive droite de la Fare).

Le volume total d'eau capté n'est pas connu.

Deux prises d'eau pour l'irrigation, dont un bisse, sont inventoriés dans le bassin versant et sont présentés dans le Tableau 2. L'eau du Lac des Vaux est captée par Téléverbier pour l'alimentation de canons à neige (enneigement artificiel).

Tableau 2 : Liste des captages recensés dans le bassin versant de la Fare (2022).

Concession	Id	Captage	Ouvrage	Type	Etat	Date construction	Altitude	Cours d'eau
Commune de Riddes	SEN-338	Lac des Vaux - les Pontets	Prise d'eau	Hydroélectrique	En service	1987	2'543	Lac des Vaux
Téléverbier	SEN-340	Lac des Vaux	Prise d'eau	Enneigement artificiel	En service	1994	2'540	Lac des Vaux
Commune de Saxon, office du tourisme et ass. amis du bisse	SEN-342	Les Pontets	Prise d'eau	Irrigation	En service	1863	1'723	Fare de Chassoure
Grande Dixence SA	SFH-98	Fare - Les Dzoraz	Prise d'eau	Hydroélectrique	En service		1'533	Fare de Rosey
Commune	SEN-344	Pied du Mont	Prise d'eau	Irrigation	En service	1970	550	Fare

2.3.3. Assainissement des eaux usées

STEP Sur cette partie amont du bassin versant, les principales activités sont l'agriculture extensive de montagne (pâturage), la pêche (cours d'eau et lacs) et le tourisme hivernal et estival avec les remontées mécaniques du domaine de Verbier 4 Vallées localisées au Lac des Vaux, à la Tzoumaz (en rive gauche) et aux Prarions (en rive droite).

La commune d'Isérables (située en rive droite de la Fare) et la commune de Riddes (en rive gauche et sur le bassin versant aval de la Fare) disposent chacune d'une station d'épuration (STEP), sachant qu'une étude de la régionalisation des STEP de Riddes, Isérables, Leytron et Saillon est en cours) :

- Isérables, STEP de 2'500 EH (capacité biologique), localisée dans le bassin versant de la Fare ; le milieu récepteur est la Fare (le rejet de la STEP peut influencer le cours d'eau à partir de la station FAR 01.4) ;
- Riddes, STEP de 8'750 EH (capacité biologique), localisée hors du bassin versant de la Fare ; les rejets vont au Rhône.

Quelques secteurs non raccordés sont pourvus d'un assainissement individuel par fosses septiques.

2.3.4. Extraction de graviers

Secteurs d'extraction de graviers Aucun site d'extraction ne se situe dans l'eau.

2.3.5. Aménagement du lit

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

Sur la partie amont du linéaire de la Fare, le lit coule dans un vallon naturel peu anthropisé à l'exception de la station Les Pontets (FAR 06.7) où les rives et le lit sont aménagés (structures d'accueil du public et didactiques très proches du cours d'eau). Sur cette partie, la Fare est ponctuellement touchée par des infrastructures (ponts, passage de route).

Aux Peutys (FAR 03.9), le linéaire en aval de la confluence avec la Fare de Rosey est stabilisé par plusieurs seuils artificiels dont certains infranchissables à la remontée des poissons.

A la sortie des gorges (FAR 01.4), la Fare est naturelle, puis subit en aval des modifications de son tracé initial depuis le village de Riddes jusqu'au Rhône, avec notamment un aménagement de ses rives (enrochements).

La prise d'eau en aval de FAR 01.4 (SEN-344) modifie significativement le cours d'eau avec un seuil infranchissable à la remontée des poissons.

Les caractéristiques morphologiques des stations sont synthétisées dans le Tableau 4.

2.3.6. Valeurs naturelles

Sites de protection cantonaux En rive droite, le bassin versant de la Fare est inscrit dans plusieurs inventaires fédéraux des prairies et pâturages secs d'importance nationale (PPS) : n° 7382, 7474, 7486 et 7519.

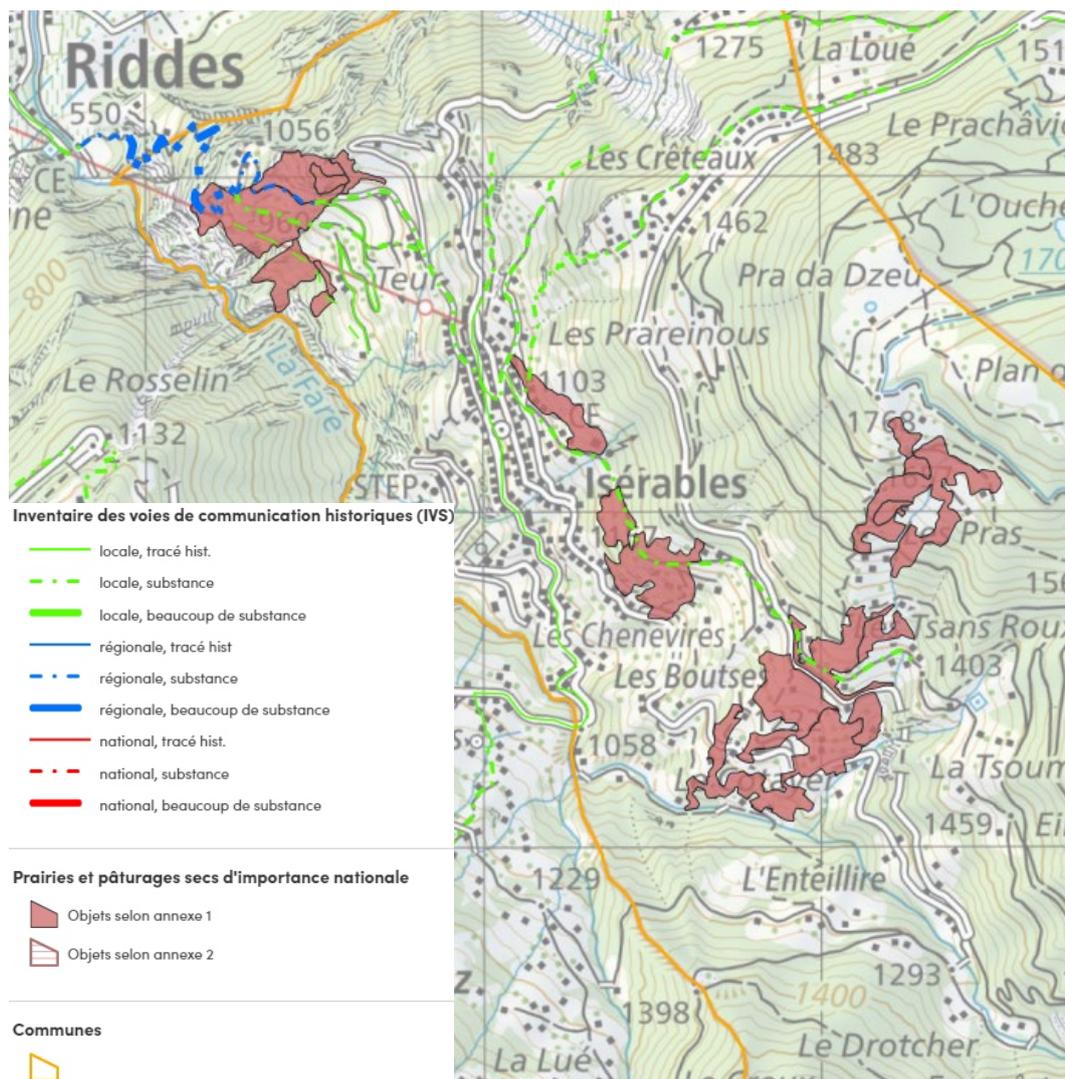
A titre informatif, plusieurs voies historiques traversent la Fare :

- VS 600 (Riddes – Fey) ;
- VS 606 (Riddes – Iséables) ;
- VS 630 (Iséables – Mayens de Riddes).

La voie historique d'importance locale VS 604 reliant les Mayens de Riddes au Col des mines longe la Fare de Chassoure tout en amont.

Figure 1 :
Zones inscrites
aux inventaires

sitonline.vs.ch



3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Principes et Intervenants

Association de bureaux

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

- **mandant et coordinateur** : Service de l'Environnement (SEN) ;
- mesures des **débits** et **prélèvements** d'échantillons d'eau pour analyses physico-chimiques : bureau biol conseils pour les campagnes de mars 2022, août 2022 et octobre 2022 ;
- examen de la **qualité physico-chimique** de l'eau à l'aide de sondes portables : bureau biol conseils ; analyses des échantillons d'eau : laboratoire du SEN ;
- étude des **diatomées** (algues fixées sur le substrat) comme indicatrices de la qualité des eaux ; prélèvement des échantillons : biol conseils ; détermination, interprétation des résultats : François Straub (PhycoEco) ; les échantillons et les préparations

originales sont déposées au Musée d'Histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds (Muzoo), dans le Fonds d'algologie ;

- étude **biologique** basée sur la macrofaune benthique ou macrozoobenthos - MZB (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 (François Straub).

3.2. Localisation des stations, Campagnes, Méthodes utilisées

3.2.1. Choix et localisation des stations et principe de codification

5 stations d'étude Au total, 5 stations sur la Fare ont été retenues (Tableau 3) en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements.

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

Le principe de **codification** des stations en Valais est le suivant : les 3 lettres sont les premières lettres capitales du nom du cours d'eau (soit « FAR » pour la Fare) et les chiffres qui leur font suite représentent la distance kilométrique de la station par rapport à la confluence avec le milieu récepteur. Ainsi, « FAR 07.5 » indique la station sur la Fare sise à 7.5 km de la confluence avec le Rhône.

Tableau 3 :
Coordonnées des stations étudiées sur la Fare en 2022

Stations	Code	Coord X	Coord Y
La Fare			
Chassoure	FAR 07.5	107'660	586'004
Les Pontets, amont Mayens de Riddes	FAR 06.7	108'620	585'602
Les Peutys, aval confluence 2 branches	FAR 03.9	111'260	585'265
Amont Riddes	FAR 01.4	112'825	584'000
Aval Riddes	FAR 00.1	113'890	583'800

Tableau 4 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin versant de la Fare (2022).

Stations	Code	Altitude [m.s.m.]	Pente*	Caractéristiques morphologiques	Interventions humaines
La Fare					
Chassoure	FAR 07.5	1'840	11%	Rivière naturelle, un seuil artificiel localisé (pont), faible hauteur d'eau	Captages à la source (le lac des Vaux) pour eau potable (couplé avec minihydraulique) et enneigement artificiel
Les Pontets, amont Mayens de Riddes	FAR 06.7	1'760	5%	Enrochements, un seuil artificiel, faible pente et hauteur d'eau	Captages pour eau potable en amont
Les Peutys, aval confluence 2 branches	FAR 03.9	1'060	10%	Enrochements total, plusieurs seuils artificiels, seuils naturels	Captages en amont (captage pour irrigation en aval)
Amont Riddes	FAR 01.4	570	12%	Rivière naturelle dans gorges, forte pente, seuils naturels	Rejet STEP Iséables en amont
Aval Riddes	FAR 00.1	475	6%	Anciens enrochements, seuils naturels, embouchure non franchissable	Captage pour irrigation en amont

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



Photo 1 : FAR 07.5 « Chassoure », vue vers l'aval (biol conseils, octobre 2022).



Photo 2 : FAR 06.7 « Les Pontets, amont Mayens de Riddes », vue vers l'aval (biol conseils, octobre 2022).



Photo 3 : FAR 03.9 « Les Peutys, aval confluence 2 branches », vue vers l'amont (biol conseils, octobre 2022).

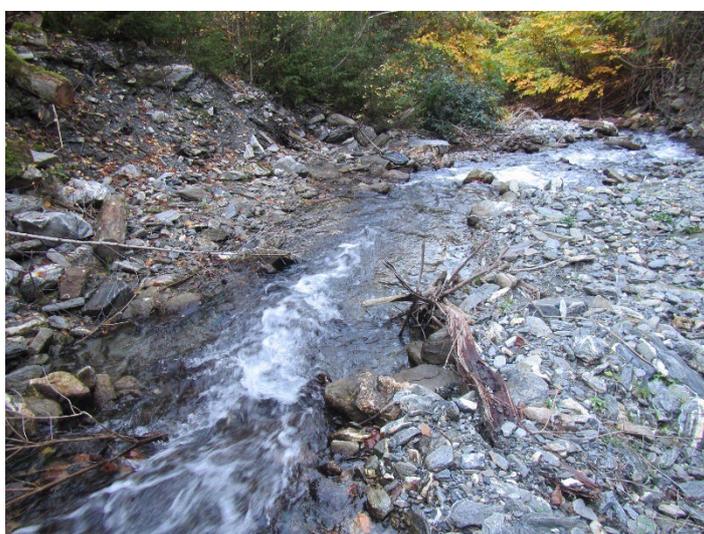


Photo 4 : FAR 01.4 « Amont Riddes », vue vers l'aval (biol conseils, octobre 2022).



Photo 5 : FAR 00.1 « Aval Riddes », vue vers l'amont (biol conseils, mars 2022).

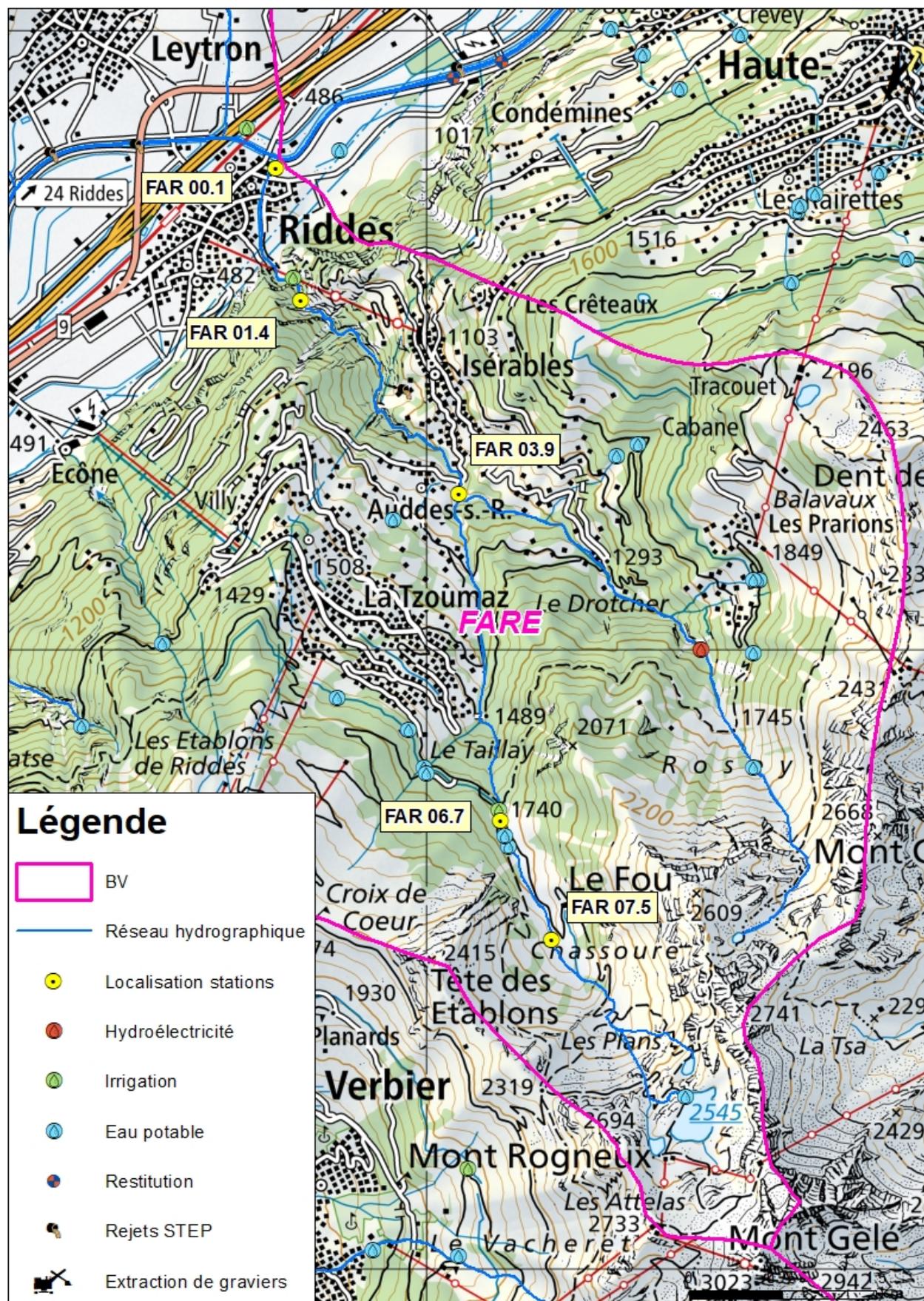


Figure 2 : Contexte du bassin versant de la Fare avec localisation des stations d'échantillonnage (2022). Les captages sont extraits de la base de données BD-Invent.

3.2.2. Dates des campagnes et conditions météorologiques

Les dates des campagnes définies dans le cahier des charges ont pu être respectées. Aucune modification n'a été apporté au protocole initial.

Les campagnes et prélèvements physico-chimiques, « diatomées » et « faune benthique » ont été réalisées par le bureau biol conseils. La détermination et l'analyse des « diatomées » ont été confiés au bureau PhycoEco.

Le Tableau 5 récapitule les dates des diverses campagnes et indique les conditions météorologiques rencontrées. Les prélèvements ont été réalisés par temps sec ; le cas échéant, les hauteurs de précipitations sont mentionnées pour le jour même et les 2 jours précédant la campagne. Les données de pluviométrie ont été consultée sur le site agrometeo.ch sur la station Riddes (468 m).

Tableau 5 : Dates et conditions des campagnes d'étude de la Fare (2022).

Date	Condit. météo	Type analyse	FAR 07.5	FAR 06.7	FAR 03.9	FAR 01.4	FAR 00.1
22-23.03.2022	Ensoleillé (0 mm)	Diatomées, IBCH Débit, Physico-chim	+	+	+	+	+
03.08.2022	Ensoleillé (0 mm)	Débit, Physico-chim	+	+	+	+	+
18.10.2022	Ensoleillé (0 mm)	Diatomées, IBCH Débit, Physico-chim	+	+	+	+	+

4. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Synthèse et conclusions

Les interprétations de l'étude de la physico-chimie sont développées dans l'Annexe 3.

Les débits sont influencés par les captages et/ou infiltrations au sein du bassin versant.

La température des eaux de la Fare varie en fonction de la période de l'année (comprise entre 0.2°C et 15.0°C en regard de l'ensemble des campagnes).

Le pH, légèrement alcalin, fluctue entre 7.6 et 8.5.

La conductivité varie entre 146 et 983 µS/cm, correspondant à des eaux modérément à très fortement minéralisées.

Les concentrations en MES varient entre 0 et 10 mg/l, dont les plus élevées sont observées en mars, occasionnées par la fonte des neiges.

Les analyses chimiques (COT, COD, P_{tot}, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) indiquent une très bonne qualité de l'eau sur la majeure partie des stations et des campagnes. Font exception deux stations (FAR 01.4 pour le NH₄⁺ en août station influencée par les rejet de la STEP d'Isérables et FAR 03.9 pour le COT en octobre) qui sont toutefois classées en bonne qualité.

Ainsi l'ensemble des valeurs obtenues sur la Fare respectent les exigences légales (Figure 3). A noter que le P_{tot} et le PO₄³⁻ n'ont pas été analysés lors de la campagne d'octobre.

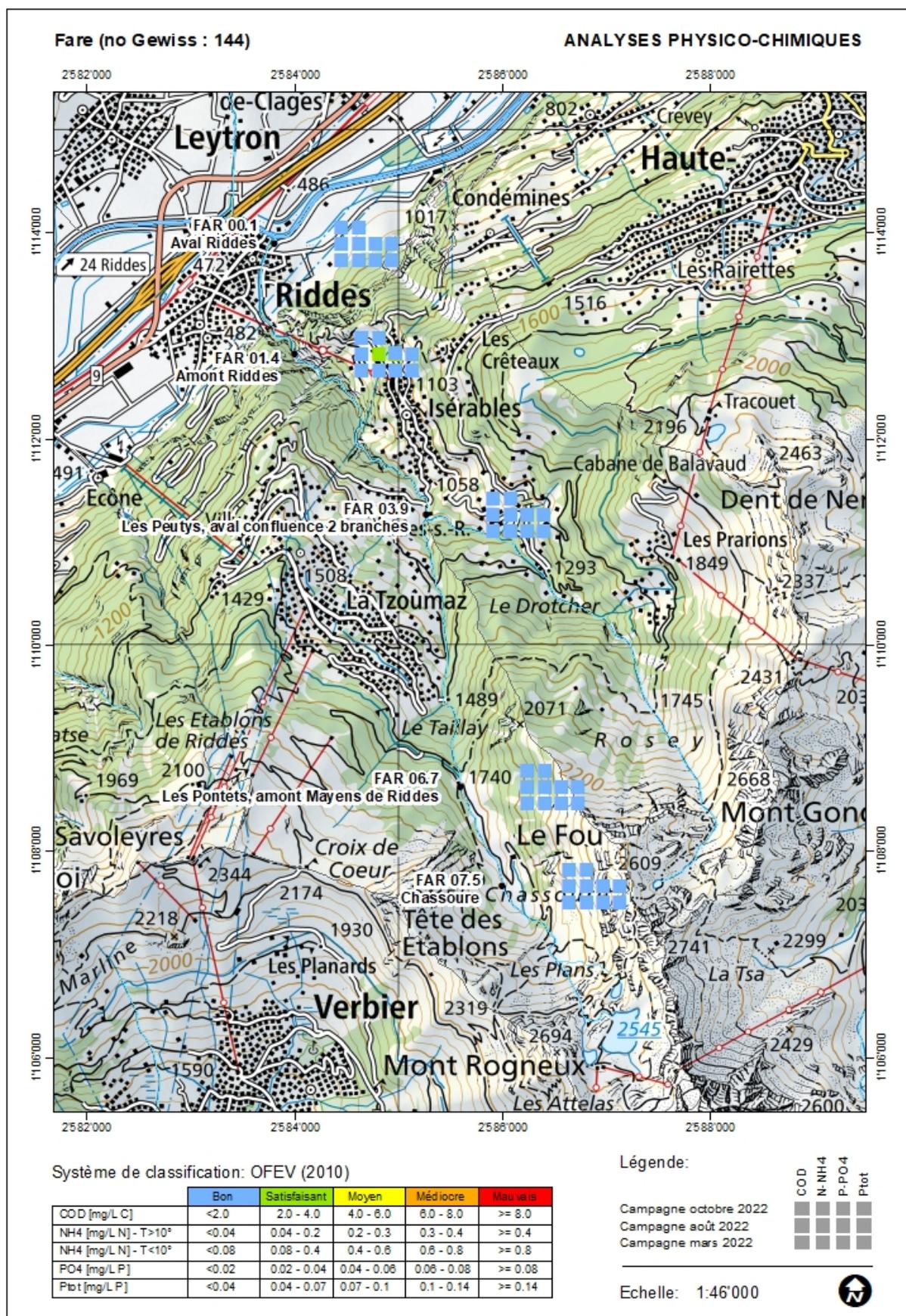


Figure 3 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la Fare en 2022 (le Ptot et le PO4 n'ont pas été analysés)

5. ÉTUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

Synthèse et conclusions

Les interprétations de l'étude des diatomées sont développées dans l'Annexe 4.

Les méthodes standards utilisées pour les rivières en Suisse ont été appliquées.

En amont, sur les stations à Chassoure (FAR 07.5) et aux Pontets (FAR 06.7), les densités habituelles de diatomées des rivières alpines de l'ordre de 105 cellules par cm² ont été trouvées. Plus en aval, où les conditions de croissance semblent meilleures, des densités de 106 cellules par cm² ont été observées.

La biomasse des peuplements est très bien corrélée à leur densité pour toutes les stations, ce qui indique que la composition des communautés (proportion de grosses et petites diatomées) est constante.

Les taux de fragmentation des diatomées sont faibles (< 60%), ce qui indique que la mortalité des diatomées est faible. La densité des peuplements est inversement proportionnelle à ces taux de fragmentation. Nous avons observé que les densités de diatomées sont plus élevées par plus fortes vitesses et plus forts débits des eaux, depuis les Peutys (FAR 03.9) jusqu'en aval. Cela suggère, qu'un manque d'eau en amont, à Chassoure (FAR 07.5) et aux Pontets (FAR 06.7) pourrait être la cause d'une mortalité plus élevée sur ces deux stations.

En mars, des formes tératologiques n'ont été trouvées qu'à Aval Riddes (FAR 00.1) sur des diatomées relativement résistantes. Cela indiquerait une certaine toxicité des eaux sur le linéaire aval de la rivière.

En octobre, les taux de formes tératologiques sont plus élevés et ce jusqu'aux Peutys (FAR 03.9). Ils ont été relevés sur des diatomées sensibles et souvent sujettes à des malformations. Cela pourrait être lié aux UV de haute montagne ou à des émissions naturelles d'eaux riches en métaux lourds ou bien en arsenic comme ailleurs dans les Alpes. Plus en aval, à Amont Riddes (FAR 01.4), comme en mars des malformations significatives ont été trouvées sur des diatomées plus résistantes : serait-ce une trace d'un impact des eaux d'épuration en provenance de la STEP d'Isérables ?

Avec 151 taxons relevés au cours des deux campagnes de prélèvements, globalement la diversité des diatomées est du même ordre que dans la plupart des rivières latérales du Rhône. Cette étude a permis d'observer 15 espèces nouvelles pour la flore rhéophile du Valais, la plupart très sensibles.

En mars de fortes proportions (> 60%) sont dues à plusieurs espèces pionnières du genre *Achnantheidium*, ce qui est lié à des perturbations hydrologiques hivernales. En octobre, à part aux Peutys (FAR 03.9), les proportions de diatomées pionnières sont moindres, ce qui indique qu'après l'été les conditions de croissance sont plus stables. Cette différence saisonnière se marque sur la biodiversité des peuplements : en octobre, lorsque les taux de diatomées pionnières sont moindres, les peuplements sont moins spécialisés qu'en mars, où parfois les peuplements sont composés de moins de 20 taxons.

La seule espèce invasive *Achnantheidium delmontii* a été observée à une très faible proportion ($\leq 0.6\%$).

Dans l'ensemble 27 espèces de la liste rouge sont présentes, mais ne forment qu'entre 0.4 et 2.7% de certaines communautés, ce qui est faible pour le Valais. La flore de diatomées est donc assez commune mais est formée majoritairement par des taxons très sensibles et sensibles.

Ces communautés de diatomées indiquent que les eaux sont de très bonne qualité en permanence (voire d'excellente qualité aux Pontets, FAR 06.7) selon l'indice intégré suisse DI-CH : en mars les valeurs trouvées sont < 1.72 , tandis qu'en octobre les valeurs sont un peu plus élevées dans presque toutes les stations mais < 2.6 . Comme d'habitude, l'indice trophique et l'évaluation du niveau saprobique sont un peu plus sévères que l'indice DI-CH. En mars, tant le niveau trophique que le niveau saprobique a tendance à augmenter légèrement d'amont en aval, tout en restant mésotrophe et légèrement β -mésosaprobe. Par contre en octobre les charges trophique et saprobique semblent légèrement plus élevées, voir nettement dès Amont Riddes (FAR 01.4) avec des eaux eutrophes et pleinement β -mésosaprobés.

Les algues macroscopiques sont assez abondantes. En l'amont, les espèces présentes (*Hydrurus foetidus* en mars ou *Ulothrix zonata* en octobre) sont indicatrices de faible niveau trophique et d'eau de très bonne qualité. En aval dès les Peutys (FAR 03.6), la présence des algues verte et rouge (*Cladophora glomerata* et *Bangia atropurpurea* toute l'année) indiquent une légère augmentation du niveau trophique des eaux. Ces indications correspondent à celles fournies par les diatomées.

En conclusion, la qualité des eaux correspondent aux objectifs écologiques légaux (OEaux 2017) sur toutes les stations étudiées d'amont en aval.

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 ». Les interprétations de l'étude de la faune benthique sont développées dans l'Annexe 5. La qualité des stations d'après les notes IBCH_2010 sont représentées à la Figure 4 et ceux de l'IBCH_2019 dans le Tableau 7 comparatif.

Du point de vue du peuplement du macrozoobenthos, la plupart des taxons appartiennent à des groupes ubiquistes avec toutefois la présence de familles plus exigeantes appartenant aux GI 9 et 8 (Chloroperlidae, Perlidae et Perlodidae – GI 9, Capniidae et Philopotamidae – GI 8). Certains taxons, moins fréquemment rencontrés dans les rivières en Valais, ont été recensés dans la Fare : familles de trichoptères Hydroptilidae, Philopotamidae et Sericostomatidae et familles de diptères Blephariceridae et Stratiomyidae.

L'abondance moyenne des macroinvertébrés benthiques recensés est supérieure à celle des autres affluents du Rhône étudiés les années précédentes. Sur le bassin versant de la Fare, elle est légèrement plus élevée en mars qu'en octobre.

Avec une moyenne de 22 taxons recensés dans la Fare sur les 2 campagnes, les résultats sont inférieurs à l'ensemble des bassins versants valaisans en termes de diversité taxonomique (niveau famille) qui est de 32.3 taxons en moyenne.

Selon la norme IBCH_2010, l'ensemble des prélèvements respectent les objectifs de qualité avec une bonne qualité (notes IBCH_2010 comprises entre 13 et 16). Relevons qu'une note de 16/20 est rarement rencontrée en Valais, ce qui classe la Fare parmi les meilleures rivières du Valais du point de vue du macrozoobenthos. D'ailleurs, la moyenne des notes obtenues est de 14.4, ce qui est supérieur à la moyenne 12.8 des bassins versants étudiés.

En regard des résultats de l'IBCH_2019, la moitié des prélèvements (5/10) obtient une bonne qualité (note IBCH_2019 comprise entre 0.69 et 0.75), l'autre moitié ayant une très bonne qualité (note IBCH_2019 comprise entre de 0.8 et 0.91). Cette amélioration de la note IBCH_2019 est essentiellement due à l'augmentation de la diversité, sachant que la plupart

des taxons supplémentaires ne sont toutefois représentés que par 1 seul individu. La moyenne de toutes les notes obtenues IBCH_2019 est de 0.79. Elle est légèrement supérieure en octobre avec une moyenne de 0.83, contre 0.75 en mars.

Les résultats obtenus avec l'IBCH_2010 et l'IBCH_2019 divergent donc légèrement mais les mêmes tendances se retrouvent, bien mises en évidence sur les Figures 5 et 6 de l'Annexe 5, sachant que l'IBCH_2019 apparaît plus fin pour caractériser les stations. La comparaison des classes de qualité obtenues avec IBCH_2010 et IBCH_2019 montre que les résultats IBCH_2019 reflètent effectivement mieux les classes effectives des stations. Alors que dans quelques cas (études précédentes) la méthode 2019 semblaient surestimer la qualité de certaines stations, elle apparaît correcte et robuste pour la Fare. Les notes et la qualité donnée par l'IBCH_2019 peuvent donc être retenues dans le cas présent.

Comme souvent en Valais, la qualité du milieu traduite par l'IBCH est relativement complexe à interpréter. Les notes IBCH (2010 et 2019) suggèrent toutefois un découpage du linéaire étudié en 3 tronçons caractéristiques :

- Les 2 stations amont de la Fare présentent toutes les deux une bonne qualité en mars et une très bonne qualité en octobre avec un GI maximal ;
- Les deux stations intermédiaires FAR 03.9 et FAR 01.4, à l'exception de FAR 01.4 en mars, possèdent les diversités les plus élevées (25 à 26 taxons) et les meilleures notes IBCH (15 à 16 pour IBCH_2010 et 0.85 à 0.91 pour IBCH_2019) ; toujours à l'exception de FAR 01.4 en mars, des individus du groupe GI 9 ont été observés dans les 2 stations ;
- La station tout en aval FAR 00.1 montre une qualité quasi similaire en mars et en octobre pour le GI, la diversité et les notes (seule l'abondance diverge), et possède la moins bonne note, que ce soit avec l'IBCH_2010 ou l'IBCH_2019 ; elle se maintient toutefois en bonne qualité.

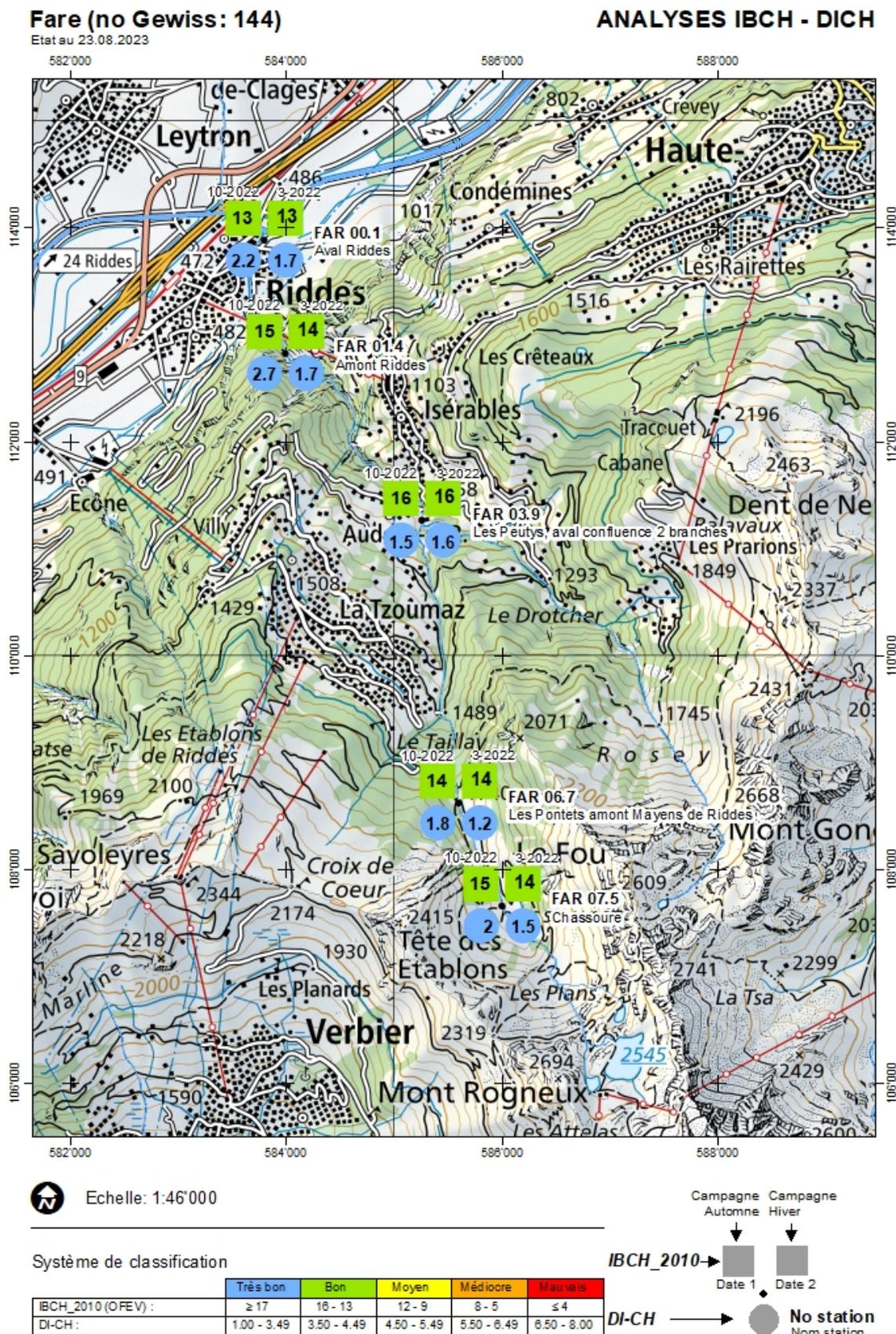


Figure 4 : Résultats des analyses IBCH_2010 et indices diatomiques sur la Fare (2022)

7. SYNTHÈSE PAR STATION

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

8. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS

Les résultats physico-chimiques et des diatomées concordent relativement bien et indiquent une bonne à très bonne qualité globale sur les mois de mars et octobre. Seuls 3 prélèvements en octobre montre une petite baisse, mais qui restent toujours classés en bonne qualité, (physico-chimie pour FAR 03.9 et diatomées pour FAR 01.4 et FAR 00.1, saprobie et trophie).

Les résultats des diatomées qui peuvent être excellents aux Pontets FAR 06.7), sont sans doute la conséquence d'une alimentation par des sources. Les faibles densités relevées à l'amont (Graphique 1, à Chassoure FAR 07.45 et aux Pontets FAR 06.7) sont dues à la létalité des diatomées, dont la cause pourrait être un certain manque d'eau sur ces deux stations.

Au mois de mars, les résultats physico-chimiques et diatomées ne correspondent toutefois pas forcément aux notes IBCH_2010 et IBCH_2019 obtenues qui classent systématiquement la qualité en catégorie légèrement inférieure, à l'exception de la note IBCH_2019 sur FAR 03.9, sachant que la note IBCH_2010 ne dépasse pas la classe « bonne ». L'IBCH_2019 semble donc plus proche de la réalité. Les correctifs apportés à la méthode IBCH voulaient mieux correspondre à la qualité des eaux et au degré de trophie, ce qui ne se traduit que partiellement ici avec 4 résultats sur 10 qui sont classés en-dessous et 2 au-dessus.

Rappelons toutefois que les analyses physico-chimiques ne permettent pas toujours de déceler une atteinte au milieu. La dilution dans le milieu naturel masque aussi souvent les rejets polluants, sachant de plus que le monitoring s'effectue sur des prélèvements ponctuels (prise d'un échantillon en instantané).

Les moins bonnes notes liées à la macrofaune benthique en mars résultent de la plus faible diversité de taxons, liées certainement aux conditions naturelles de la rivière.

Seul le croisement de l'ensemble des résultats permet de déceler d'éventuelles atteintes. Il est donc essentiel de maintenir le programme d'analyses tel qu'habituellement pratiqué avec les différentes méthodes qui se complètent, et d'interpréter l'ensemble des résultats en regard les uns des autres.

Tableau 6 :
Confrontation
des différents
résultats obtenus
sur le bassin
versant de la
Fare en 2022

	Période / station	Physico-chimie	Diatomées saprobie	Diatomées trophie	Note IBCH_2010 (qualité selon norme IBCH_2010)	Note IBCH_2019 (qualité selon norme IBCH_2019)
Mars 2022	FAR 07.5		(I)-II	1.5		
	FAR 06.7		I-II	1.58		
	FAR 03.9		(I)-II	1.65		
	FAR 01.4		(I)-II	1.74		
	FAR 00.1		(I)-II	1.62		
Octobre 2022	FAR 07.5		(I)-II	1.6		
	FAR 06.7		I-II	1.59		
	FAR 03.9	COT	(I)-II	1.71		
	FAR 01.4		II	2.18		
	FAR 00.1		II	2.04		

Légende :

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

9. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS BIOLOGIQUES ANTÉRIEURS

9.1. Diatomées

Une étude des diatomées de la Fare a été réalisée en 2002-2003 partiellement aux mêmes stations (ETEC 2003). La comparaison entre les résultats obtenus maintenant et ceux d'il y a 20 ans n'est pas très aisée pour deux raisons :

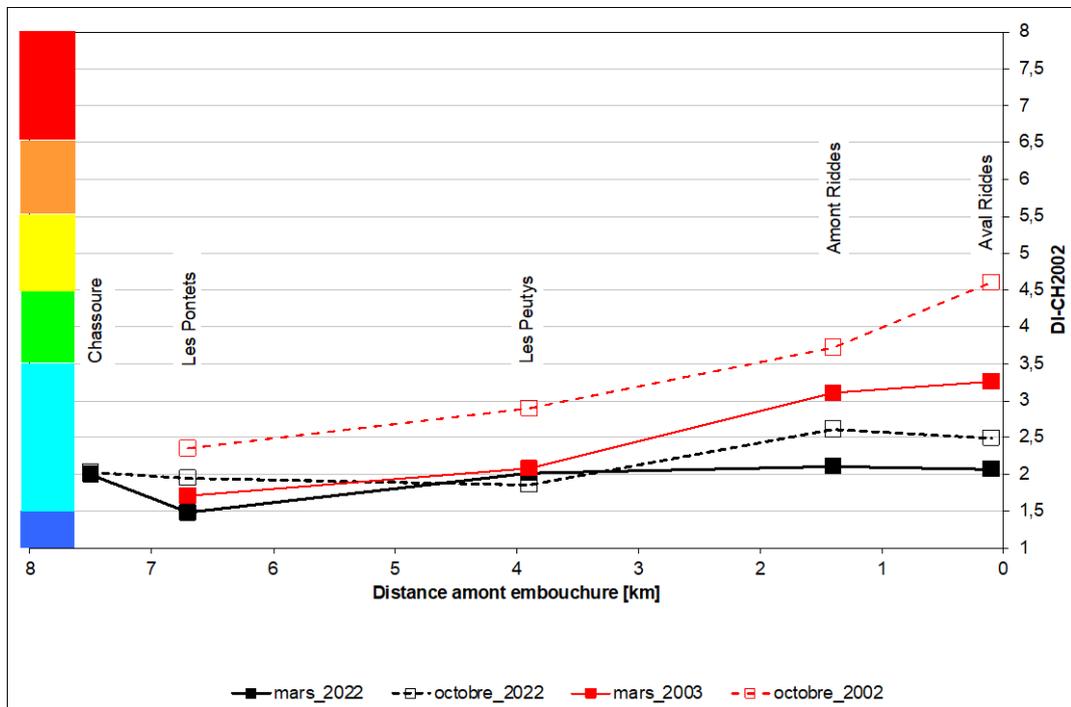
- Au cours de ces 20 dernières années, la recherche taxonomique chez les diatomées a fortement progressé et bien des espèces que nous relevons alors se sont révélées être des groupes de plusieurs espèces indépendantes. Beaucoup de ces taxons ont été décrits comme espèces nouvelles ou certains anciens taxons qui avaient été mis en synonymie ont été réhabilités. Dans les Alpes c'est en particulier le cas d'*Achnantheidium lineare* et *A. sublineare* qui étaient à l'époque confondus avec *Achnantheidium minutissimum*. C'est aussi le cas de *Gomphonema pumilum* var. *elegans*, *G. angustivalva* et *G. micropumilum* (3 taxons très sensibles) qui étaient tous confondus sous le nom de *Gomphonema pumilum* (espèce sensible). De ce fait, la biodiversité d'alors semble moindre, alors que ces taxons étaient probablement déjà présents. La seule manière de le savoir serait de reprendre les préparations microscopiques originales d'époque et de refaire les analyses ;
- Alors que maintenant nous utilisons en Suisse l'indice intégré DI-CH avec son étalonnage de 2006, (HÜRLIMANN & NIEDERHAUSER 2007) à l'époque, l'indice DI-CH avait été utilisé avec son étalonnage de 2002. Pour mieux comparer les valeurs de diagnostic, d'après les résultats actuels, nous avons aussi calculé les valeurs du DI-CH avec son étalonnage de 2002. Par ailleurs, à l'époque, l'indice trophique n'était pas calculé, par contre l'indice français IBD avait été calculé, ce que nous ne faisons plus actuellement. Seule la méthode d'estimation des niveaux saprobiques (méthode des espèces différentielles selon H. Lange-Bertalot) est quasiment la même qu'en 2003, mais dont les limites des classes de qualité est devenue plus sévère.

Dans le rapport de 2003, p. 24, la biodiversité des diatomées est présentée. En tout dans 10 stations, 73 espèces avaient été trouvées au cours des dénombrements de 500 individus (flore dominante), alors qu’actuellement pour le même nombre de stations (en bonne partie les mêmes) 99 taxons ont été observés au cours du même type de dénombrement. Cette large vingtaine de plus s’explique par la première remarque ci-dessus et au fait qu’à Chassoure (dont la station n’a pas été analysée en 2002-2003), une très forte biodiversité de plus de 50 taxons a été relevées actuellement. Sinon dans les autres stations les nombres de taxons dominants sont comparables (17 à 32 également). On peut donc estimer que globalement la biodiversité des diatomées est stable au cours de ces 20 dernières années dans le bassin versant de la Fare.

Plus loin dans le chapitre 5.2, toujours en p. 24 du rapport de 2003, les spécificités alpines de la flore sont évoquées avec 5 espèces caractéristiques. Ces 5 espèces sont encore présentes (dont *Achnanthes biasoletiana* = synonyme ancien d'*Achnantheidium pyrenaicum*). Par contre, en plus de ces 5 espèces, il convient d’ajouter deux taxons fréquents dans les Alpes qui étaient déjà connus en 2003 : *Fragilaria pinnata* var. *pinnata* et *Diatoma moniliformis* (cette dernière présente déjà en 2002-03). En outre il faut ajouter quelques nouvelles espèces parfois dominantes, qui ont aussi un caractère alpin prononcé : *Achnantheidium lineare*, *A. sublineare* & *A. tirolensis*.

En p. 27, les résultats des calculs de l’indice suisse DI-CH de qualité des eaux sont présentés. Ils avaient été réalisés selon l’étalonnage de 2002. Pour pouvoir comparer ces résultats avec ceux de 2023, nous avons donc recalculé les valeurs de l’indice également dans sa version de 2002 (ces valeurs se trouvent dans le tableau de l’Annexe 4 à la ligne 224). Ainsi les valeurs de 2002-03 et 2022 sont présentées graphiquement sur le Graphique 1 ci-dessous.

Graphique 1 :
Comparaison des
valeurs de
l’indice DI-CH
calculés selon
l’étalonnage de
2002, d’amont en
aval de la Fare en
2002-03 et 2022



En mars les valeurs sont quasiment identiques aux Pontets et aux Peutys. Plus en aval, tout en restant dans les eaux de bonne qualité, en 2002-03 une certaine dégradation est mesurée. Par contre en 2022, à cette saison, la qualité des eaux semble plutôt stable et fort bonne qualité. En octobre 2022 à l’amont jusqu’au Peutys il ressort qu’avec cet étalonnage les eaux

sont d'aussi bonne qualité qu'en mars. Par contre en 2002-03, dès l'amont les eaux semblent plus chargées. Vers l'aval en 2002-03, les eaux paraissaient nettement plus chargées mais de bonne qualité (DI-CH 2002 < 4,5) pour devenir nettement chargées à Aval Riddes où elles sont qualifiées de médiocre (> 4.5). En 2022, aux deux stations aval, on remarque aussi une dégradation de la qualité (DI-CH 2002 ≥ 2.5), mais très légère, toujours dans la classe des eaux de très bonne qualité. En moyenne les deux études indiquent que les eaux sont plus chargées en octobre qu'en mars. Les dégradations relevées en 2002-03 avaient été interprétées (p. 28) comme des impacts d'eaux usées, en particulier de la STEP d'Isérables, ou de purinage/fumures. Nous avons en 2022 aussi émis l'hypothèse d'un impact de cette station d'épuration. La moindre qualité des eaux relevée en 2002-03 est peut-être réelle, ce qui indiquerait une amélioration de la qualité des eaux de la Fare au cours de ces 20 dernières années. Mais il est aussi possible, que l'étude de 2002-03 soit plus pessimiste à cause des imprécisions taxonomiques d'époques, alors que l'on associait avec des espèces moins sensibles les différents taxons cités au premier point ci-dessus, qui se sont révélés très sensibles. Pour répondre à ces hypothèses, le seul moyen serait de reprendre les préparations microscopiques d'époque et d'en refaire l'analyse.

A la suite de la p. 27, les variations des groupes différentiels de résistance saprobique avait été présentées comme nous l'avons également fait dans ce rapport. Bien que l'estimation des niveaux saprobiques n'avait pas été expressément donnée, à partir du Graphique 1, on voit très bien qu'en altitude les eaux étaient oligo à β-mésosaprobies (classe I-II) pour devenir franchement β-mésosaprobies (classe II) voire fortement β-mésosaprobies ou même β à α-mésosaprobies (classe II-III de niveau critique) à Aval Riddes. Globalement en 2022, nous trouvons les mêmes résultats en altitude et progressivement une augmentation de charge saprobique vers l'aval, mais qui n'est pas de manière aussi marquée qu'en 2002-03. Il est intéressant de savoir que les fortes proportions de diatomées tolérantes et très tolérantes trouvées en 2002-03 doivent être correctes car dans ces deux groupes les espèces résistantes étaient déjà très bien connues et n'ont pas subi de révision taxonomique majeure. Ainsi par ce biais on peut penser, contrairement aux hypothèses formulées plus haut, que les charges plus élevées en 2002-03 étaient bien réelles et qu'en 20 ans la qualité des eaux de la Fare se sont bel et bien améliorées.

9.2. Faune benthique

Les données antérieures disponibles pour comparaison datent aussi de 2002/2003 (bassin versant de la Fare étudié dans son ensemble) et de 2011 (étude ponctuelle). Les campagnes IBCH_2010, qui ont été effectuées dans une fenêtre temporelle et une localisation similaire à 2022 (relevés IBCH en mars 2003 et octobre 2002) ont été retenues pour comparaison (4 stations). Afin d'obtenir une comparaison correcte, les notes des indices IBCH_2010 et IBCH_2019 ont été calculées pour les campagnes 2002/2003. Les résultats sont présentés séparément pour les campagnes d'hiver et d'automne (voir Tableau 7).

A noter que les campagnes hiver/automne 2002/2003 n'ont pas été réalisées la même année (octobre 2002 et mars 2003) contrairement à 2022 (mars et octobre 2022). Cette particularité peut influencer les résultats et l'interprétation doit rester prudente.

Pour les campagnes d'hiver (mars), une augmentation générale du nombre d'individus et de la diversité entre 2003 et 2022 s'observe sur 3 stations sur 4. La qualité reste globalement similaire entre les deux années avec l'IBCH_2010 (bonne qualité toutes stations confondues), mais avec une légère amélioration pour l'IBCH_2019 sur 2 stations : FAR 03.9 (passant de bonne à très bonne entre 2003 et 2022) et FAR 00.1 (passant de moyenne à bonne). La

station amont, FAR 06.7, fait exception avec une qualité IBCH_2019 qui baisse (de très bonne à bonne), une diversité plus faible en 2022 (2 taxons en moins) et une nette diminution de l'abondance (env. – 6'000 ind. en 2022 par rapport à 2003). A noter que pour FAR 06.7, la forte abondance recensée en 2003 était induite par la prolifération de Chironomidae et Limnephilidae qui représentaient env. 90% du peuplement.

Pour les campagnes d'automne (octobre), c'est une augmentation générale de la qualité, de la diversité, ainsi que des notes (IBCH_2010 et IBCH_2019) qui s'observe pour 3 stations sur 4. Fait exception la station amont FAR 06.7 qui reste quasiment identique entre 2002 et 2022. L'abondance est plus faible en 2022 par rapport à 2003 pour les stations FAR 03.9 (env. - 1'100 ind.) et FAR 01.4 (env. - 3'800 ind.). A noter que la forte abondance sur FAR 01.4 en octobre 2003 est induite par la prolifération d'oligochètes.

Avec une note IBCH_2010 moyenne de 14.4 sur les 4 stations communes prospectées (en mars et en octobre), la Fare est légèrement mieux notée en 2022 qu'en 2002/2003 (note moyenne de 14). Cette tendance se retrouve avec les notes IBCH_2019 qui atteignent une moyenne de 0.79 en 2022 contre 0.7 en 2002/2003.

L'interprétation de ces résultats doit rester prudente au vu des conditions parfois particulières, notamment liées aux périodes de prélèvement. Il est toutefois intéressant de constater que la Fare montre une tendance générale à une amélioration de la qualité qui concorde avec les interprétations des résultats donnés par les diatomées.

Tableau 7: Comparaison des résultats IBGN / IBCH_2010 / IBCH_2019 obtenus sur le bassin versant de la Fare en octobre 2002 et mars 2003 (bureau ETEC) et en 2022. Le nombre d'individus (nbr ind.), le groupe indicateur (GI), la diversité taxonomique (Σt), et la note IBCH_2010 / IBCH_2019 avec la couleur de la classe de qualité correspondante, sont présentés.

Campagne	Mars 2003 (ETEC)							Mars 2022 (biol conseils)						
Station	nbr ind.	GI taxon	GI IBCH_2010	GI IBCH_2019	Σt	Note IBCH_2010	Note IBCH_2019	nbr ind.	GI taxon	GI IBCH_2010	GI IBCH_2019	Σt	Note IBCH_2010	Note IBCH_2019
FAR 06.7	8'664	Chloroperlidae	9	9	21	15	0.80	2'695	Chloroperlidae	9	9	19	14	0.75
FAR 03.9	1'206	Taeniopterygidae	9	7	19	14	0.69	2'798	Taeniopterygidae	9	7	25	16	0.85
FAR 01.4	971	Taeniopterygidae	9	7	17	14	0.69	1'841	Taeniopterygidae	9	7	19	14	0.69
FAR 00.1	959	Taeniopterygidae	9	7	14	13	0.58	1'802	Leuctridae	7	6	21	13	0.69

Campagne	Octobre 2002 (ETEC)							Octobre 2022 (biol conseils)						
Station	nbr ind.	GI taxon	GI IBCH_2010	GI IBCH_2019	Σt	Note IBCH_2010	Note IBCH_2019	nbr ind.	GI taxon	GI IBCH_2010	GI IBCH_2019	Σt	Note IBCH_2010	Note IBCH_2019
FAR 06.7	2'600	Chloroperlidae	9	9	21	15	0.80	2'982	Perlodidae	9	9	20	14	0.8
FAR 03.9	1'644	Perlodidae	9	9	22	15	0.80	550	Perlodidae	9	9	25	16	0.91
FAR 01.4	5'056	Leuctridae	7	6	18	12	0.63	1'247	Philopotamidae	8	8	26	15	0.9
FAR 00.1	974	Leuctridae	7	6	17	12	0.63	2'607	Leuctridae	7	6	21	13	0.69

Légende : ■ très bon ■ moyen ■ mauvais
■ bon ■ médiocre - prélèvement non effectué

10. RÉSUMÉ - CONCLUSION

Depuis 1990, le Service 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 2022 s'est portée sur le bassin versant de la Fare.

La rivière est influencée par les prises d'eau liées à l'exploitation hydroélectrique (lac des Vaux avec de la mini hydraulique pour la branche principale et Grande Dixence SA pour la Fare de Rosey), mais aussi par les captages pour l'irrigation (prise de bisse) et l'eau potable (lac des Vaux couplé avec de la mini hydraulique). Le bassin versant comporte deux STEP dont une qui se déverse dans la Fare (STEP d'Isérables) et l'autre (Riddes) qui se rejette en dehors du bassin versant.

Sur le réseau hydrographique, en 2022, 5 stations en mars et en octobre ont été retenues pour qualifier le milieu en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements. Trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (mars, août et octobre) ; deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » ont été menées (mars et octobre).

Les résultats des analyses physico-chimiques, des diatomées et des macroinvertébrés benthiques indiquent que les exigences légales sont respectées dans toutes les stations étudiées. D'après le système modulaire suisse sur la qualité des eaux, la Fare présente une bonne à très bonne qualité des eaux.

La Fare subit toutefois quelques atteintes écomorphologiques en aval du village de Riddes et localement aux Peutys (FAR 03.9), du fait de l'aménagement des berges à l'aide d'enrochements et ponctuellement la présence de seuils artificiels aux Peutys.

La qualité biologique du milieu traduite par les diatomées et l'IBCH peut être résumé comme suit :

- Les 2 stations amont de la Fare FAR 07.5 et FAR 06.7 présentent toutes deux une bonne qualité en mars et une très bonne qualité en octobre avec un GI maximal ; la qualité physico-chimique et les diatomées indiquent une très bonne qualité ; une légère atteinte au niveau de l'aspect général est perceptible sur la station FAR 06.7, sans doute liée au très faible débit et à un écoulement lentique ;
- La station intermédiaire FAR 03.9 possède les meilleures notes IBCH (avec la présence d'individus du groupe GI 9) qui concordent avec les très bonnes qualités données par les diatomées et la physico-chimique (excepté le COT en octobre qui est toutefois en bonne qualité) ; la station présente une légère atteinte (ensablement du fond du lit et un colmatage moyen en octobre) ; la qualité de la station s'est légèrement améliorée en regard des résultats 2002-03 convertis en IBCH_2019 ;
- Les deux stations aval FAR 01.4 et FAR 00.1 montrent toutes deux une bonne qualité IBCH (très bonne sur FAR 01.4 en octobre ; la qualité physico-chimique est très bonne à l'exception du NH4 en août (bonne qualité), résultat sans doute dû à l'influence du rejet de la STEP d'Isérables.

La comparaison des différents résultats obtenus en 2022 permet de relever une assez bonne concordance. L'analyse des données issues des investigations antérieures (2002-03) tendent

à indiquer une légère amélioration de la qualité des eaux et du milieu durant ces 20 dernières années.

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

- Surveillance du débit résiduel en aval des captages ; restitution des éventuels surplus d'eau au plus proche des prises ;
- Intervention pour limiter le développement de le Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) qui s'est fortement implantée dans les gorges (station FAR 01.4) ;
- Maintien de la surveillance actuelle (monitoring de la qualité du milieu).

11. BIBLIOGRAPHIE

AFNOR, 2004. Qualité des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). NF T90-350. Paris.

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.

Agences de l'Eau, 1999. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Rapport de présentation SEQ-Eau. Les études de l'Agence de l'Eau n° 64.

Agences de l'Eau, 2000. Indice Biologique Global Normalisé I.B.G.N. NF-T90-350. Guide technique. Agence de l'eau 2ème édition, 37p.

BERNARD, R., PERRAUDIN KALBERMATTER R., BERNARD M., 1994. Observation de la qualité des eaux de surface du Canton du Valais. Le Rhône et neuf de ses affluents. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., campagne 1993, p. 197-240.

BERNARD, R. & STRAUB, F., 2010. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2009-2010 : La Navisence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 75 p. et 4 annexes.

BERNARD, R. & STRAUB, F., 2011. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2011 : Les Borgnes et Dixence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 84 p. et annexes.

BERNARD, R. & STRAUB, F., 2013. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2012-2013 : les Vièzes. Rapport Bureaux ETEC Sàrl, PhycoEco et BINA pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 70 p. et annexes.

BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A., 2015. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2014 : La Liène. Rapport des Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 68 p. et 4 annexes.

BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A., 2016. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2014-2015 : La Turtmäna. 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.

- biol conseils & PhycoEco & BINA, 2017. Observations de la qualité des eaux de surface ; campagne 2016 : La Prinste. Section protection des eaux. Canton du Valais. 22 p. et annexes.
- biol conseils & PhycoEco & BINA, 2017. Überwachung der Wasserqualität ; Kampagne 2016 : Die Dala. Sektion Gewässerschutz. Kanton Wallis. 22 s. und Anhänge.
- biol conseils & PhycoEco, 2018. Observations de la qualité des eaux de surface ; campagne 2017 : Le Rhône. Section protection des eaux. Canton du Valais. 30 p. et annexes.
- biol conseils & PhycoEco, 2019. Observations de la qualité des eaux de surface ; campagne 2018-2019 : Drance de Bagne et Drance jusqu'à Martigny. Section eaux de surface. Canton du Valais. 38 p. et annexes.
- biol conseils & PhycoEco, 2022. Observations de la qualité des eaux de surface ; campagne 2020 : la Morge et la Nétage. Service de l'environnement. Canton du Valais. 32 p. et annexes
- biol conseils & PhycoEco, 2023. Observations de la qualité des eaux de surface ; campagne 2021 : la Rèche et le canal de la Rèche. Service de l'environnement. Canton du Valais. 32 p. et annexes
- CORDONIER A., STRAUB F., ETEC, 2000. Observation de la qualité des eaux de surface. Etude pilote : Diatomées sur la Dranse de Bagnes. Service de la Protection de l'Environnement, Canton du Valais. 13 p. + annexes.
- CORDONIER A., 2000. Comparaison de plusieurs méthodes diatomiques pour diagnostiquer la qualité de l'eau des cours d'eau : application à la Dranse de Bagnes. Conférence lors du Congrès de la CILEF, Clermont-Ferrand, juillet 2000.
- CORDONIER A., 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, 1998. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 1997 : La Rèche. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais. 48 p. et annexes.
- ETEC, 2000. Etude statistique des données hydrobiologiques du Canton du Valais. Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais.
- ETEC & CORDONIER, A., 2000. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 1998-99 : La Dranse de Bagnes. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais. 45 p.
- ETEC & CORDONIER, A., 2001. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2000 : La Morge et la Nétage. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais. 49 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. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 52 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2006. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2005-2006 : La Dranse de Ferret. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 55 p. + annexes.
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Salentse. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 50 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Sionne. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 54 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2009. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2007-2009 : Le Rhône de Gamsen à Martigny. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 125 p. + annexes.
- HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT H. 2011. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp.
- HUET M., 1949. Aperçu des relations de la pente et des populations piscicoles des eaux courantes. Schweiz. Z : Hydrol., II (3-4) : 332-351
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007 : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.
- HÜRLIMANN, J. & STRAUB, F. 2017. NAWA TREND Biologie, 2e campagne (2015). Rapport technique diatomées et aspect général. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Document 1311-B-01.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique.
- KNISPEL S., KLEIN A., BERNARD M., BORNARD C., PERFETTA J., RATOUIS C., 2005. Qualité biologique des cours d'eau du bassin versant lémanique. Rapp. Comm. Int. proct. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 117-129
- LANGE-BERTALOT H., (unter Mitarbeit von A. Steindorf) 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28 : 633-677.
- LIEBMANN H., 1958. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band 1. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-640.
- LIECHTI P., 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p.
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 1979. Paramètres de la qualité des eaux. Direction de la prévention des pollutions. Neuilly-sur-Seine.

- NISBET M. et VERNEAUX J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Ann limno t. 6, fasc. 2, p. 161-190
- 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.
- OFEV (éd.) 2019. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau (IBCH_2019). Macrozoobenthos – niveau R. 1ère édition actualisée 2019 ; 1ère édition 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique no 1026 :58 p.
- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fliessgewässern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationberichte Heft 4/99, 516 p.
- STECK et al., 1999. Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes. Carte géologiques spéciales n° 123. Service hydrologique et géologique national.
- STRAUB, F., DERLETH-SARTORI, P. & LODS-CROZET, B. - 2014. Les diatomées (algues silicatées), indicatrices de la qualité des cours d'eau vaudois : synthèse 2005 à 2013. Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 94(1) : 73-106.
- 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.
- VUATAZ L., STUCKI P., FAUQUET L., BERNARD R., 2021. Rediscovery of *Stactobia eatoniella* McLachlan, 1880 (Trichoptera, Hydroptilidae) in Switzerland after more than seventy years. Alpine Entomology 5 2021, pp 55-60.

12. 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 (F. Straub, 10^{ème} édition, novembre 2021).
- Annexe 3 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur la Fare en 2022 ; présentation et interprétation de la qualité physico-chimique des eaux.
- Annexe 4 : Présentation et interprétation des résultats des analyses sur les peuplements de diatomées effectuées sur le bassin versant de la Fare en 2022 ; tableau des résultats bruts, voir fichier électronique.
- Annexe 5 : Présentation et interprétation des résultats de l'étude du macrozoobenthos effectuée sur le bassin versant de la Fare en 2022 ; 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 de prélèvement utilisée pour l'IBCH Les stations à échantillonner sur le bassin versant de la Fare sont situées à des altitudes comprises entre 1'840 m et 475 m d'altitude. La méthode IBCH de l'OFEV recommande pour les cours d'eau non soumis aux hautes eaux des fontes nivales et glaciaires un échantillonnage de mars (basse altitude) à juin (haute altitude) et un deuxième passage facultatif entre les périodes de mi-mai à mi-octobre. Le régime hydrologique de la Fare est de type nival alpin. En accord et sur recommandation du SEN, les campagnes d'échantillonnage ont été fixées en mars avant la fonte nivale et glaciaire et en octobre après les crues de la fin d'été.

Prélèvements physico-chimiques À la demande du SEN, les prélèvements d'eau pour la physico-chimie ont été ponctuels. Tous les échantillons d'eau ont été conservés en glacière avant d'être transmis le soir même au laboratoire du SEN. En complément, un suivi des produits phytosanitaires a été effectué par le SEN par échantillonnage automatique sur une station en aval de la Morge.

Mesures de débit Les débits ont été mesurés à l'aide d'un jaugeage chimique par intégration (salinométrie). Ces mesures instantanées ne sont toutefois qu'indicatives. Sur certaines stations, elles peuvent s'avérer peu fiables si le faciès de la rivière se prête mal à ce type de jaugeage (écoulement qui se divise en plusieurs bras, présence de mouilles qui ralentissent l'écoulement des eaux et donc le transport du sel) ou si le débit est trop élevé. Dans certains cas, le résultat du Salinomadd n'étant pas plausible, le débit a été estimé visuellement (méthode spécifiée dans le tableau des résultats).

Analyses physico-chimiques Seuls les principaux paramètres caractéristiques de la pollution organique des eaux ont été analysés (carbone organique, azote et phosphore). Les résultats bruts des analyses figurent à l'Annexe 3. L'unité des valeurs est précisée dans le Tableau 1. Des relevés de température de l'eau, conductivité, pH, oxygène dissous ont également été effectués sur le terrain avec une sonde portable. Ces valeurs sont introduites dans ce tableau général. Le fichier informatisé des analyses physico-chimiques, repris dans les fiches de synthèse, exprime les concentrations du carbone, de l'azote et du phosphore en mg ou µg de C, N ou P par litre. Compte tenu du degré d'imprécision des mesures de débit et du caractère ponctuel de l'approche (prélèvement instantané), le calcul des charges n'a pas été réalisé.

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

Les références pour les produits phytosanitaires sont exposées dans l'Annexe 3, avec les résultats et interprétations.

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 10 à 20 mg/l Cl ⁻	Ammonium NH ₄ ⁺ (mg N/l)		Ortho-P (mg P/l) PO ₄ ³⁻	Ptotal (mg P/l) Ptot
				T > 10°C	T < 10°C		
Très bonne	<2.0	<1.5	<0.02	<0.04	<0.08	<0.02	<0.04
Bonne	2.0 <4.0	1.5 <5.6	0.02 <0.05	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	0.05 <0.075	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	0.075 <0.1	0.3 <0.4	0.6 <0.8	0.06 <0.08	0.1 <0.14
Mauvaise	≥8.0	≥11.2	≥0.1	≥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	

Description IBCH et mises à jour 2019 La méthode retenue pour l'analyse de la qualité biologique est celle de l'IBCH (dérivé de la norme française d'Indice Biologique Global Normalisé), détaillée dans la partie Macrozoobenthos de la méthode d'appréciation des cours d'eau, niveau R (Stucki, 2010, 1^{ère} édition) qui a été actualisée en 2019 (OFEV, 2019.)

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, Epheméroptères, Trichoptères et Diptères, caractéristiques des cours d'eau de montagne.

Le calcul de l'IBCH se fonde :

- ⇒ sur le **Groupe Indicateur (GI)** ; les taxons sont organisés en 9 classes selon leur sensibilité aux différents paramètres de la 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 ; en 2019, une adaptation est intervenue en déclassant certains taxons qui induisaient une surestimation de la qualité ;
- ⇒ et sur la **diversité taxonomique** (nombre de taxons) comptabilisée dans la liste faunistique ; en 2019, la méthode a introduit une valeur de correction (IBCH-Q) qui tient compte des différents types de régimes des cours d'eau (régimes d'écoulement selon Aschwanden & Weingartner, 1985) ; cette valeur peut être déterminée sur la couche SIG « Typologie des cours d'eau ».

Mise à jour de la notation IBCH La note obtenue était comprise en 2010 entre 1 et 20 (minimum et maximum). Depuis 2019, l'actualisation propose une échelle métrique entre 0 et 1. Cette note donne une appréciation de la qualité biologique globale de la station (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.

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

¹ Aptitude à héberger une faune abondante et diversifiée.

Tableau 3 : Note IBCH et interprétation de la qualité biologique globale.

IBCH selon norme 2010 (IBCH_2010)	≥ 17	16 - 13	12 - 9	8 - 5	≤ 4
IBCH selon norme 2019 (IBCH_2019)	≥ 0.8	0.6 - < 0.8	0.4 - < 0.6	0.2 - < 0.4	≤ 0.2
Qualité biologique globale (IBCH_2010)	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Polluée
Qualité biologique globale (IBCH_2019)	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

ANNEXE 2 :

: DIATOMÉES ET QUALITÉ DES EAUX DE RIVIÈRES : MÉTHODES DU BUREAU PHYCOECO (F. STRAUB, 10ÈME ÉDITION, NOVEMBRE 2021).

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

F. Straub, 10e édition novembre 2021

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	3
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.....	6
2.9. Taux de formes tératologiques.....	7
2.10. L'indice de perturbation physique (DIPI)	9
2.11. L'Indice Diatomique Suisse (DI-CH)	9
2.12. Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau.....	11
2.13. Le diagnostic du niveau trophique de l'eau	13
2.14. Diatomées et valeur patrimoniale des milieux naturels.....	13
2.15. Utilisation d'échantillons historiques de diatomées.....	14
2.16. Adaptation à la station.....	15
3. Bibliographie	16
4. Annexes	19

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.

Je remercie tout particulièrement Joachim Hürlimann pour les nombreuses discussions que nous avons eues au sujet de ces méthodes. Mes remerciements sont aussi adressés à Soizic Morin pour les commentaires et compléments qu'elle m'a fournis pour le paragraphe 2.9 sur la tératologie, également pour toutes les corrections et propositions faites sur l'ensemble du texte.

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 4.15 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 les détails voir les annexes I et II).

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 d'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.

Après oxydation, les suspensions sont filtrées sur membrane en téflon de porosité de 3 µm et nettoyées successivement avec de l'eau déminéralisée, du savon liquide, de l'eau déminéralisée et de l'alcool à 70°.

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 aspects généraux de qualité d'eau (aspect visuel, annexe III) sont relevés sur une grille d'analyse, qui reprend en un peu plus détaillés, les critères retenus par le module proposé dans le Système modulaire gradué de la Confédération. Pour cela j'ai conservé la grille de relevé conçue par le Bureau AquaPlus, de Zoug, car nous l'utilisons depuis 1990 et pour que la valorisation de des résultats puisse être constante dans notre banque de données. 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 principale 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 principale 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, 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 : oligotrophie, 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".

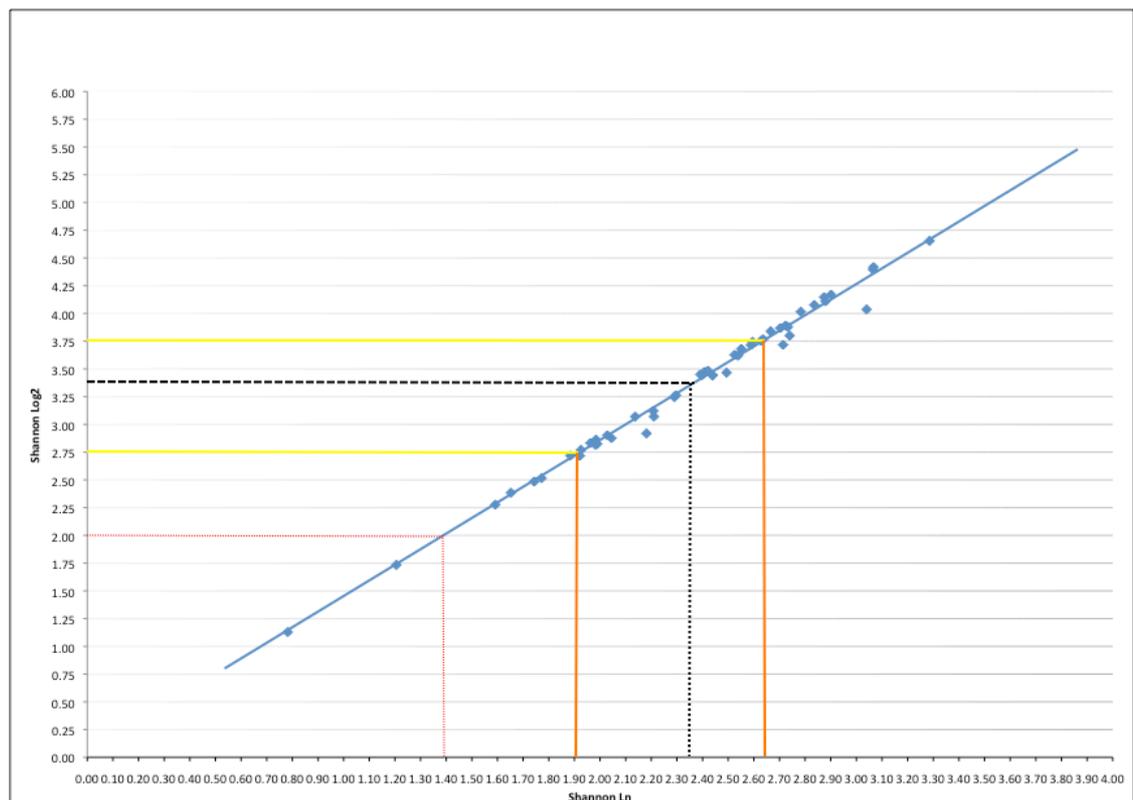


Figure 1 : correspondance entre les valeurs de l'indice de Shannon calculé en log2 et en ln

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 :

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

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. Hürli-mann, com. orale).

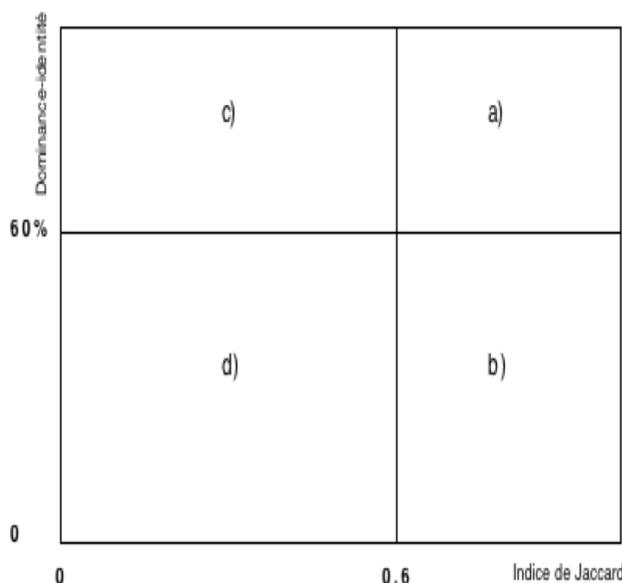


Figure 2 : cadre du diagramme de similitude servant à comparer deux communautés sur la base de l'indice de Jaccard et de la dominance-identité.

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 dérive 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

Les formes tératologiques sont des malformations des valves. Elles peuvent avoir des causes naturelles (forte irradiation UV p. ex. en arctique ou en montagne d'après CREMER & WAGNER 2004, chocs thermiques, carence en silice, densité cellulaire élevée, etc.), mais aussi anthropique (eaux usées, concentrations élevées en ammoniacque et nitrites, métaux lourds, micropolluants, salinité élevée, radioactivité, résidus de combustion des hydrocarbures, etc. (d'après ESGUERRA & al. 2006, FALASCO & al. 2009, LAVOIE & al. 2017, OLENICI & al. 2020)). Ce taux est exprimé en % de l'ensemble des diatomées non fragmentées. Dans les tableaux des résultats bruts livrés en annexes des rapports, figurent les espèces trouvées également sous formes monstrueuses (surlignées en rose). Les causes de ces malformations sont de deux ordres. Lorsqu'elles sont héréditaires, tous les individus de l'espèce présentent la même déformation. Lorsqu'elles sont environnementales, seuls certains individus en portent la trace. Dans les populations naturelles, il est rare de trouver de telles formes, si bien qu'un taux de 1% de monstruosité semble déjà significatif (STRAUB & JEANNIN 2006). 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 (STRAUB & al. 2014). Cela rejoint les observations de MORIN & al. 2012 sur les proportions de 0.27 à 0.94% relevées dans 202 échantillons provenant de cours d'eau classés selon un gradient croissant de pollution métallique. Pour relever les formes tératologiques, 5 sortes de malformations ont été définies (fig. 3) avec les diatomistes suisses. Ils sont basés sur des critères relativement bien visibles en microscopie optique.

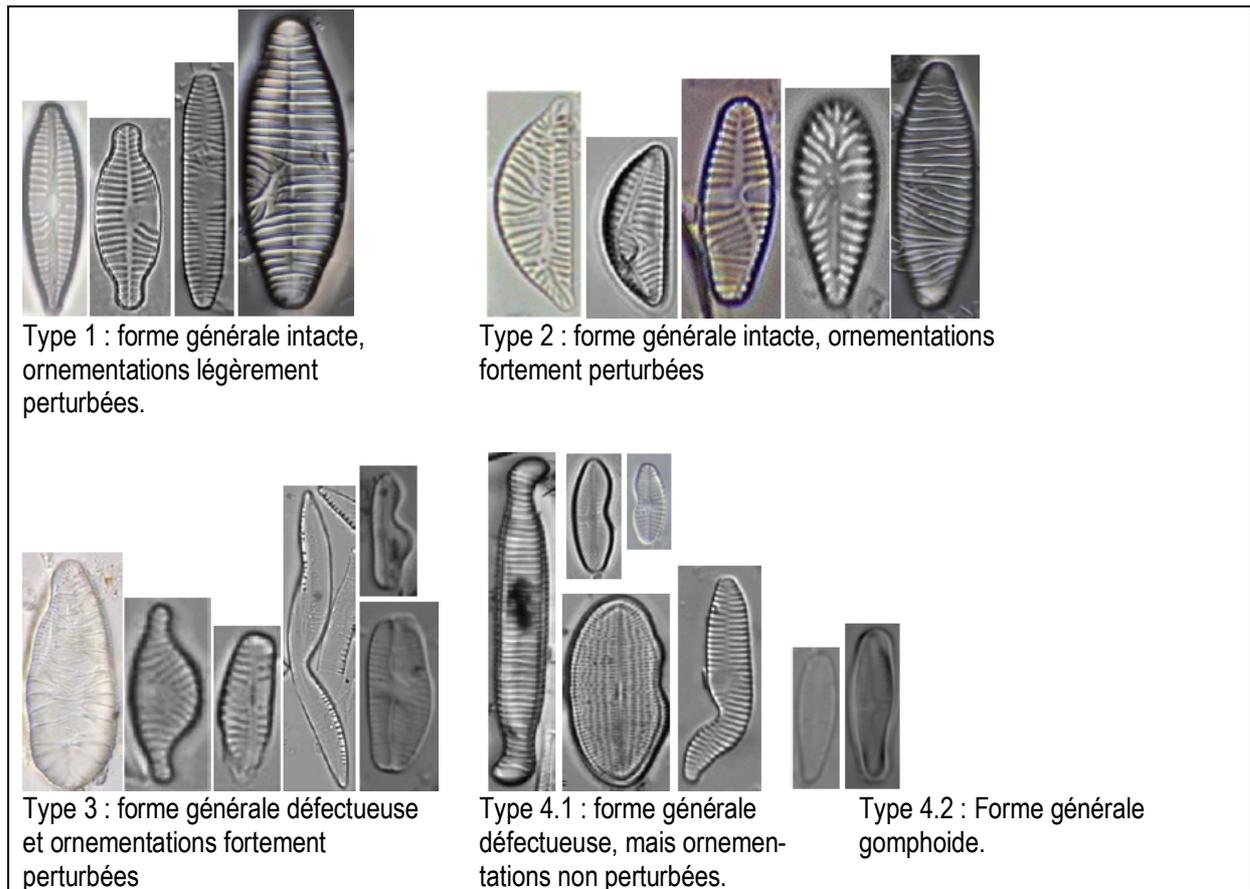


Figure 3 : Types tératologiques (perturbations de la morphologie des valves).

Attention : les valves ne sont pas représentées à la même échelle. Les clichés proviennent d'AquaPlus AG, PhycoEco, Falasco & al. 2009, Rimet & Ector 2006, ainsi que Rimet & al. 2006.

Cependant les conditions favorisant l'apparition des formes tératologiques sont peu connues. Une étude de la tératologie dans 42 stations d'épuration du canton de Zurich (bassins secondaires de décantation, exutoires, prélèvements d'avril 1989) a montré que la proportion peut être très élevée. Des fréquences relatives jusqu'à 13.2% ont été trouvées (moyenne de 2.2%, $n = 42$). Parmi ces 42 échantillons, seulement 6 ne présentaient aucune forme tératologique ou seulement un taux $< 0.5\%$ (proportions mesurées lors de l'atelier annuel sur les diatomées de l'association suisse pour l'étude des microphytes SAM/ASEM, qui s'est tenu à La Chaux-de-Fonds en 2012). Des proportions $>10\%$ ont été retrouvées en aval d'une manufacture de produits chimiques sur le bassin Adour-Garonne, France (S. Morin, communication personnelle), ce qui est rare comme proportion.

Soizic Morin me signale par ailleurs qu'elle a trouvé des proportions $>10\%$ en aval d'une manufacture de produits chimiques sur le bassin Adour-Garonne (France), ce qui est rare comme proportion.

La valeur indicative de ces types n'a pas encore été totalement évaluée, bien que l'on trouve en particulier les types 2 et 3 plutôt dans des eaux très polluées. Le type 4.2, que l'on a retenu plus récemment pourrait être lié au stress lié au manque de place dans des peuplement très denses d'espèces d'*Achnanthes*. Pour les rapports officiels, une classification en 5 classes d'abondance (somme de types 1 à 4, sans 4.2) a été retenue, classification issue du dénombrement des 42 échantillons de stations d'épuration et de notre expérience personnelle : sans (0%), peu (0% à $< 0.5\%$), moyen ($> 0.5\%$ à $< 1.0\%$), beaucoup ($\geq 1.0\%$ à $< 5\%$) et énormément ($\geq 5\%$).

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 Battagazzore 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 & NIEDERHÄUSER, 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 & NIEDERHÄUSER 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 (DFI 2017, annexe 2, art. 1), plus particulièrement les teneurs en azote, phosphore, matières organiques et chlorures.

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, chlore, 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'OFEV et par la loi suisse (DFI 2017, annexe 1, art. 1, al. 1b);
- 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'OFEV a donc été choisie comme indice diatomique de pollution générale pour nos travaux, 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 de la matière organique 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 & LANGE-BERTALOT 1986-1991, LANGE-BERTALOT 1993, HÜRLIMANN & 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 de 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 les tableaux de végétation que nous livrons en annexe de nos travaux. 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>
<p><u>I : oligosaprobie</u></p> <p>Non chargé à peu chargé 95% < saturation O₂ < 105% DBO5 moyen < 2 mg/l</p>	<p>* très sensibles ≥ 90 % sensibles + tolérants + très tolérants ≤ 10 %</p>	Très bon
<p><u>I-II : oligo-β-mésosaprobie</u></p> <p>Peu chargé Déficit d'O₂ < 15 %</p>	<p>* très sensibles ≥ 50% sensibles + tolérants + très tolérants ≤ 50 %</p>	Très bon
<p><u>II : β-mésosaprobie</u></p> <p>Modérément chargé Déficit d'O₂ < 30% DBO5 moyen < 4 (6) mg/l</p>	<p>très sensibles ≤ 10%, sensibles ≥ 50% tolérants + très tolérants < 50%</p>	Bon Moyen
<p><u>II-III : β-α-mésosaprobie</u></p> <p>Charge critique Déficit d'O₂ < 50% DBO5 moyen < 7 (10) mg/l</p>	<p>0% < sensibles ≤ 50%, ≤ 50% tolérants + très tolérants < 90%</p>	Médiocre
<p><u>III : α-mésosaprobie</u></p> <p>fortement pollué Déficit d'O₂ < 75% DBO5 moyen < 13 mg/l</p>	<p>sensibles ≤ 10%, tolérants ≤ 50% très tolérants < 50%</p>	Mauvais
<p><u>III-IV : α-méso-polysaprobie</u></p> <p>très fortement pollué Déficit d'O₂ < 90% DBO5 moyen < 22 mg/l</p>	<p>10% < sensibles + tolérants < 50% très tolérants > 50%</p>	Mauvais
<p><u>IV : polysaprobie</u></p> <p>excessivement pollué Déficit d'O₂ > 90% DBO5 moyen < 22 (15) mg/l</p>	<p>sensibles + tolérants ≤ 10% très tolérants ≥ 90%</p>	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 en 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 indiciaire proposée par SCHMEDITJE *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 SCHMEDITJE <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 SCHMEDITJE <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 SCHMEDITJE *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 moyenne 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 & 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.

2.16. Adaptation à la station

Dans l'ordonnance suisse sur la protection des eaux (DIF 2017) il est précisé dans l'annexe 1, art.1 que les communautés des eaux superficielles doivent :

- être d'aspect naturel et typiques de la station, et pouvoir se reproduire et se réguler d'elles-mêmes ;
- présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques à chaque type d'eau peu ou non polluée.

Pour tenter d'évaluer l'intégrité des communautés de diatomées à ce point de vue nous avons retenu provisoirement les critères présentés ci-dessous (HÜRLIMANN & STRAUB 2017), critères que nous avons complétés récemment (HÜRLIMANN & STRAUB 2020) et qui sont en cours d'évaluation. Cette méthode n'est pas officiellement adoptée, elle n'a pas été soumise à critique et n'a pas été publiée scientifiquement.

Critères de diagnostic de l'adaptation à la station :

	Alpes (Préalpes et Alpes centrales)	Plateau (y compris le Jura)
	ADAPTATION à LA STATION	ADAPTATION à LA STATION
ÉCOLOGIE	STAO1	STAO1
DI-CH	atteinte, si le DI-CH ≤ 2.0	atteinte, si le DI-CH < 4.5
Espèces d'eau polluées	atteinte, si la proportion des espèces de valeur D " ≥ 5.5 " $< 10\%$	atteinte, si la proportion des espèces de valeur D " ≥ 5.5 " $< 15\%$
Espèces d'eau propre	atteinte, si la proportion des espèces de valeur D " < 2.5 " $> 20\%$	atteinte, si la proportion des espèces de valeur D " < 2.5 " $> 10\%$
COMMUNAUTÉS	STAO2	STAO2
Équitabilité	atteinte, si l'équitabilité > 0.4	atteinte, si l'équitabilité > 0.4
Nombre d'espèces*	atteinte, si la flore principale > 18 , sinon "incertitude"	atteinte, si la flore principale > 18 , sinon "incertitude"
% de l'espèce dominante	atteinte, si aucun taxon n'a une proportion $> 50\%$ pas atteinte, si un taxon de valeur $D \geq 5$ a un $\% > 50$ incertaine, lorsqu'un taxon a un $\% > 50 = D\text{-Wert } 3 \text{ bis } 4.5$ atteinte, lorsqu'un taxon a un $\% > 50 = D\text{-Wert } \leq 2.5$	atteinte, si aucun taxon n'a une proportion $> 50\%$ pas atteinte, si un taxon de valeur $D \geq 5$ a un $\% > 50$ incertaine, lorsqu'un taxon a un $\% > 50 = D\text{-Wert } 4 \text{ bis } 4.5$ atteinte, lorsqu'un taxon a un $\% > 50 = D\text{-Wert } \leq 3.5$
NEOPHYTES	STAO3	STAO3
% total de néophytes	pas atteinte, lorsque la somme des néophytes $\geq 10\%$ incertaine, lorsque la somme des néophytes $\geq 2\%$ et $< 10\%$ atteinte, lorsque la somme des néophytes $< 2\%$	pas atteinte, lorsque la somme des néophytes $\geq 10\%$ incertaine, lorsque la somme des néophytes $\geq 2\%$ et $< 10\%$ atteinte, lorsque la somme des néophytes $< 2\%$
*	la flore principale est celle qui est relevée au cours du dénombrement de 500 valves	

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.
- CREMER, H. & WAGNER, B. (2004). Planktonic diatom communities in High Arctic lakes (Store Koldewey, Northeast Greenland). *Canadian Journal of Botany* 82(12): 1744-1757.
- 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.
- DFI 2017. 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.
- 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 regulate 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)*. 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. & STRAUB, F. 2017. *NAWA TREND Biologie, 2e campagne (2015). Rapport technique diatomées et aspect général*. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Document 1311-B-01.
- HÜRLIMANN, J. & STRAUB, F. 2020. *Gebietsfremde Algen in der Schweiz. Grundlagen und Situationanalyse*. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Ittigen, 58 p.
- 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.
- LAVOIE, I., HAMILTON, P. B., MORIN, S., KIM TIAM, S., KAHLERT, M., GONÇALVES, S., FALASCO, E., FORTIN, C., GONTERO, B., HEUDRE, D., KOJADINOVIC-SIRINELLI, M., MANOYLOV, K., PANDEY, L. K. & TAYLOR, J. C. 2017. Diatom teratologies as biomarkers of contamination: Are all deformities ecologically meaningful? *Ecological Indicators* 82: 539-550.
- 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.
- MORIN, S., CORDONIER, A., LAVOIE, I., ARINI, A., BLANCO, S., DUONG, T. T., TORNÉS, E., BONET, B., CORCOLL, N., FAGGIANO, L., LAVIALE, M., PÉRÈS, F., BECARES, E., COSTE, M., FEURTET-MAZEL, A., FORTIN, C., GUASCH, H. & SABATER, S. 2012. Consistency in diatom response to metal-contaminated environments. In: H. Guasch, A. Ginebreda and A. Geislinger (eds). *Emerging and Priority Pollutants in Rivers*. Springer, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry 19: 117-146.
- 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.
- OLENICI, A., BACIU, C., BLANCO, S. & MORIN, S. 2020. Naturally and Environmentally Driven Variations in Diatom Morphology: Implications for Diatom-Based Assessment of Water Quality. In: Cristóbal, G., Blanco, S. & Bueno, G. (eds). *Modern Trends in Diatom Identification*, Springer, Developments in Applied Phycology 10 : 39-50.
- 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.
- RIMET, F., HEUDRE, D., MATTE, J.-L. & MAZUER, P. – 2006. *Qualité de l'eau des rivières du bassin houiller en 2006 évaluée au moyen des diatomées - note sur l'utilisation exclusive des diatomées dans le cadre d'études de bassin versant*. Direction régionale de l'environnement, Lorraine, 57 p.
- RIMET, F. & ECTOR, L. – 2006. Impacts d'un hydrocarbure, le fluoranthène, sur les assemblages de diatomées benthiques et la morphologie de leur frustule en microcosme, *Diatomania* 10, 42-47.
- SCHIEFELE S., 1987. *Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Lands-hut*. 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 II : 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

Annexe III : Aspect visuel : critères d'évaluation et de diagnostic

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.

Annexe II

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

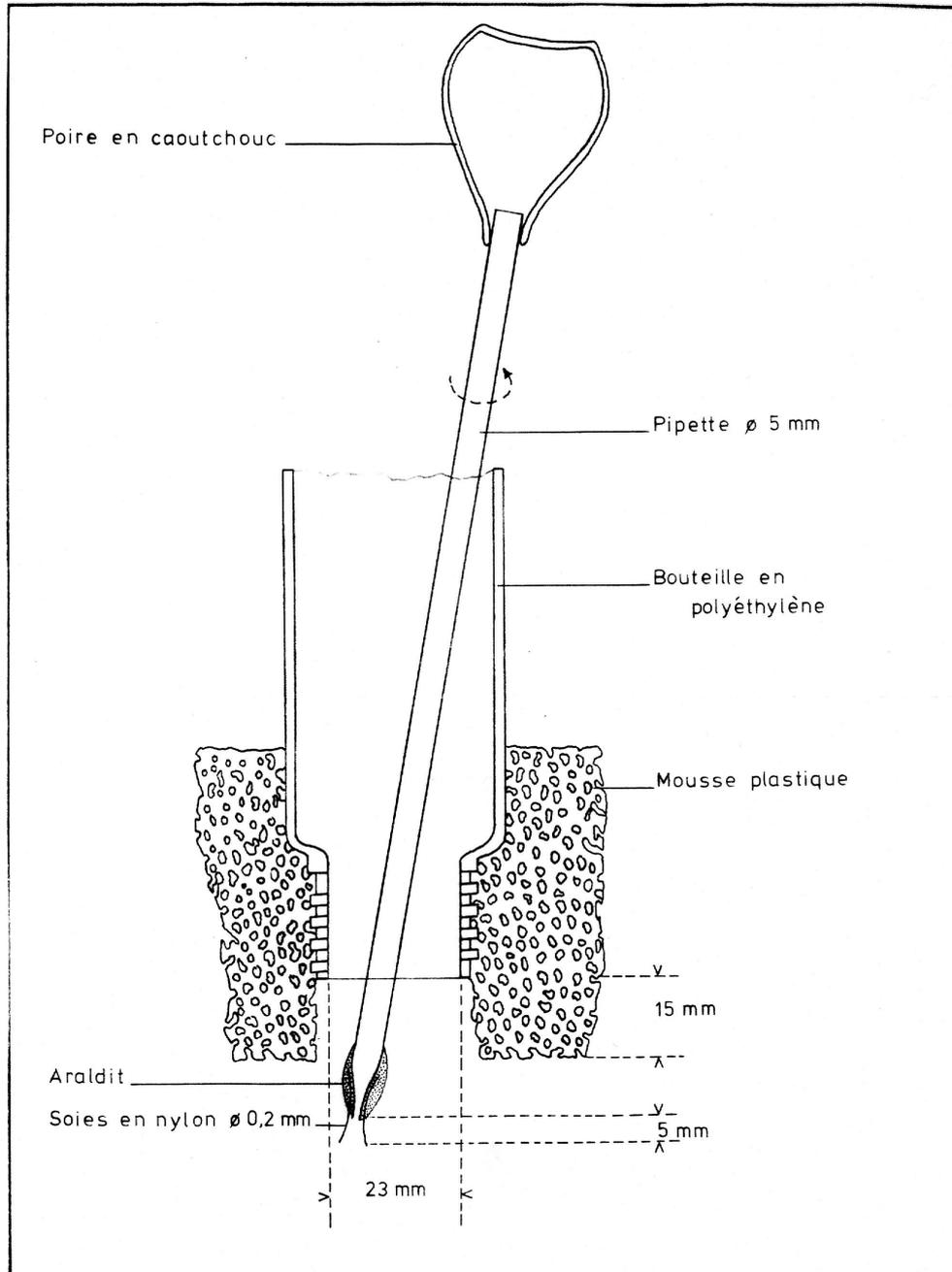


Figure 4 : Appareil à gratter l'épilithon d'après DOUGLAS 1958. Echelle 1:1.

Référence :

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

Annexe III (exemple de fiche remplie)

Aspect visuel: critères d'évaluation et de diagnostic					
Annexe I	La Ronde	Station 1' = canal	02.10.2018		
Procédure					
1. L'aspect visuel est apprécié sur le terrain selon la table A.					
2. A chaque descripteur est attribué un certain nombre de points, selon que son état est estimé comme "non naturel", p.ex. "peu d'écume": 1 point, "fréquence de taches de sulfures de fer >30%: 25 points.					
3. Addition du nombre total de points du tableau A et évaluation à l'aide du tableau B.					
Tab. A. Echelle d'appréciation des descripteurs de l'aspect visuel des eaux courantes. X = cette catégorie d'expression du préjudice est sautée ou l'expression maximale du préjudice est déjà atteinte.					
Préjudice	sans	peu	modéré	fort	
Points attribués à chaque descripteur	0	1	5	25	
Descripteurs évalués					
- Turbidité artificielle	sans	légère	modérée	forte	
- Coloration artificielle	sans	X	légère	distincte	
- Ecume (mousse stable)	sans	peu	moyennement	beaucoup	
- Odeur(d'eau usée, de purin)	sans	X	légère	forte	
- Déchets anthropiques	sans	peu	moyennement	beaucoup	
- Détritus/Vase (organiques) : fin	sans/ peu	X	moyennement	beaucoup	
- Détritus (organique) : grossier	sans / peu	moyennement	beaucoup	X	
- Quantité de sédiment (minéral)	sans / peu	moyennement	beaucoup	X	
- Colonies de bactéries, protozoaires ou champignons visibles à l'oeil nu	sans	X	isolées / peu	abondantes	
- Fréquence des taches de sulfure de fer par pierre	0%	<10%	10 - 30%	>30%	Total des points
- Huiles et hydrocarbures surnageants	sans	x	moyennement	beaucoup	
Somme des points par degré de préjudice	0	0	15	50	65
Remarques :					
Tab. B. Echelle d'évaluation de l'aspect visuel des eaux courantes					
● Somme des points du tab. A	0	1 - 4	5 - 24	25 - 124	≥125
● Préjudice	sans	léger	modéré	fort	excessif
● Nécessité de traitement	non	non	oui Epuraton nécessaire	oui Mesures nécessaires	oui Mesures imme- diates nécessaires
Conception : AquaPlus Elber Hürlimann Niederberger					
Modifié : PhycEco Oct. 2008					

ANNEXE 3 :

**TABLEAU DES RÉSULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES EFFECTUÉES SUR LA FARE EN 2022 ;
PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX**

Tableau 1 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques effectuées dans la Fare en 2022



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

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

					ANALYSES IN SITU						ANALYSES EN LABORATOIRE											
	Lieu - Station	Code	Altitude	Date	Débit	temp.	Cond.	pH	O2	O2	Cond. Labo	pH	MES	Cl	COT	COD	Ptot	PO4	NH4	NO2	NO3	
																						m
La Fare	Chassoure	FAR 07.5	1'840	22.03.22	20	0.2	164	8.4	11.5	96	168	7.6	9.9	1.7	1.2	0.66	0.006	0.000	0.005	0.000	0.41	
	Les Pontets	FAR 06.7	1'760	22.03.22	8	5.4	397	7.6	10.0	96	405	7.7	3.8	2.5	1.1	0.58	0.006	0.000	0.007	0.000	0.37	
	Les Peutys	FAR 03.9	1'060	22.03.22	61	3.9	708	8.2	11.4	97	711	8.1	7.8	9.7	1.0	0.68	0.005	0.000	0.007	0.000	0.52	
	Amont Riddes	FAR 01.4	570	23.03.22	155	3.3	892	8.0	12.5	98	901	8.2	8.8	21.4	1.3	0.74	0.017	0.006	0.014	0.000	1.01	
	Aval Riddes	FAR 00.1	475	23.03.22	148	3.2	781	8.0	12.7	98	788	8.1	10.0	17.8	0.9	0.63	0.012	0.002	0.008	0.000	0.71	
	Chassoure	FAR 07.5	1'840	03.08.22	34	8.6	150	7.7	9.0	95	151	7.9	0.0	1.0	1.0	0.62	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.29
	Les Pontets	FAR 06.7	1'760	03.08.22	19	8.1	215	7.7	9.0	92	218	7.9	0.0	1.1	1.5	0.49	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.25
	Les Peutys	FAR 03.9	1'060	03.08.22	137	11.0	601	8.2	9.3	95	602	8.2	4.2	3.7	0.8	0.54	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.38
	Amont Riddes	FAR 01.4	570	03.08.22	165	14.4	794	8.3	9.2	96	793	8.3	6.1	11.9	0.9	0.69	0.032	0.018	0.126	0.013	0.73	
	Aval Riddes	FAR 00.1	475	03.08.22	113	15.0	770	8.0	9.1	95	765	8.4	5.1	10.1	0.9	0.57	0.016	0.010	0.000	0.000	0.70	
	Chassoure	FAR 07.5	1'840	18.10.22	20	8.2	146	8.5	9.3	96	152	8.0	0.0	0.7	0.9	1.07	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.00	
	Les Pontets	FAR 06.7	1'760	18.10.22	8	6.7	245	8.5	10.3	102	251	8.1	0.0	0.0	1.1	1.12	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.00	
	Les Peutys	FAR 03.9	1'060	18.10.22	55	8.8	762	8.1	9.9	96	774	8.3	2.7	7.1	2.6	1.16	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.16	
	Amont Riddes	FAR 01.4	570	18.10.22	150	10.3	983	8.2	10.2	96	970	8.4	4.8	17.1	1.3	1.22	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.65	
	Aval Riddes	FAR 00.1	475	18.10.22	175	9.8	717	8.3	10.5	97	713	8.3	2.2	12.2	1.2	1.15	n.a.	n.a.	0.000	0.000	0.39	

Moyenne de 2 valeurs (Salinomad + easyflow)

Débit estimé visuellement, le résultat du Salinomad n'étant pas plausible

Débit sans doute sous estimé

Valeur la plus juste entre Salinomad et easyflow

T < 10°C 10 mg/l
T > 10°C < Cl <
en aout 20 mg/l

Très bon
Bon

Moyen
Médiocre

Mauvais

3. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

3.1. Résultats physico-chimiques du mandat confié à biol conseils et interprétation

Les résultats figurent dans le Tableau 1. La représentation cartographique (Figure 2 du rapport principal) indique pour chaque station la qualité des eaux à l'aide des quatre paramètres principaux retenus (DOC, NH₄, PO₄ et Ptot) en mars et octobre 2022.

3.1.1. Débits

Les résultats des mesures de débit figurent dans le Tableau 2 et sur la Figure 1. Les débits en mars sur les stations FAR 07.5 et FAR 06.7, et en octobre sur toutes les stations ont été estimés visuellement car les valeurs du Salinomadd n'étaient pas plausibles.

Pour l'ensemble des stations, on observe une variation saisonnière du débit correspondant au régime hydrologique naturel théorique (régime nival-alpin) avec les hautes eaux en août (débits les plus hauts, à l'exception de la station tout en aval FAR 00.1). Les débits en mars et octobre sont quasi identique.

Tableau 2 :
 Débits mesurés
 sur la Fare

Période	Débit l/s				
	Stations FAR 07.5	FAR 06.7	FAR 03.9	FAR 01.4	FAR 00.1
Mars 2022	20	8	61	155	148
Août 2022	34	19	137	165	113
Octobre 2022	20	8	55	150	175

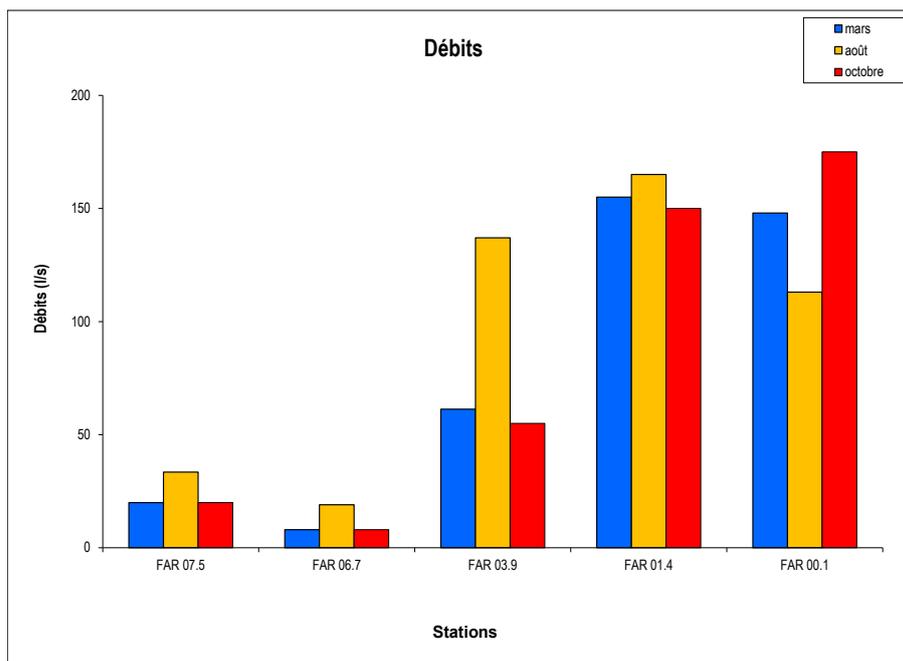
Moyenne de 2 valeurs (Salinomadd + easyflow)

Débit estimé visuellement, le résultat du Salinomadd n'étant pas plausible

Débit sans doute sous estimé

Valeur la plus juste entre Salinomad et easyflow

Figure 1 :
 Débits mesurés
 dans la Fare en
 2022



Résultats Lors des trois campagnes, on remarque une nette baisse du débit d'amont en aval entre la station FAR 07.5 et la station FAR 06.7 (Les Pontets). Cette diminution laisse supposer qu'il existe des infiltrations dans le substrat (FAR 07.5 se localise sur une roche cristalline imperméable, puis la rivière coule ensuite sur des roches meubles et/ou sédimentaires) ou que les deux captages d'eau potable localisés à proximité du cours d'eau juste en amont de la station FAR 06.7 (1'758 m et 1'756 m d'altitude) ont une influence sur le débit. A noter qu'une prise d'eau (bisse) est située juste en aval de la station Les Pontets.

Comme observé lors de la précédente campagne (en 2002-2003), les débits sont faibles. Les débits les plus élevés sont, comme en 2002-2003, observés en août.

En août, la baisse de débit entre les deux stations aval (FAR 01.4 et FAR 00.1) est induite par la prise de bisse « Pied du Mont » qui se localise en aval de FAR 01.4 à 550 m.

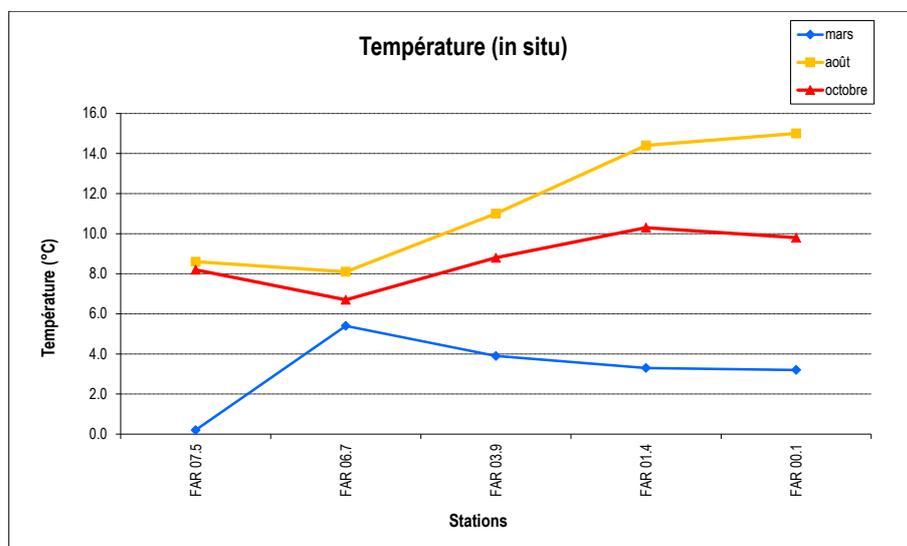
3.1.2. Température

Les températures de l'eau mesurées *in situ* sont en cohérence avec les variations saisonnières : plus basses en période hivernale et plus élevées en période estivale. Elles sont comprises entre 0.2°C et 15.0°C (Figure 2), les plus hautes en août (entre 8.1°C et 15.0°C), les plus froides en mars (entre 0.2°C et 5.4°C) et octobre (entre 6.7°C et 10.3°C).

En août et en octobre, la tendance générale de la température montre une légère baisse entre les 2 stations amont (FAR 07.5 et FAR 06.7), puis une augmentation régulière pour se stabiliser à FAR 01.4 et FAR 00.1.

En mars, la température des eaux sur la station amont (FAR 07.5) est très froide (0.2°C). Elle augmente à la station FAR 06.7 (avec la valeur la plus élevée de mars : 5.4°C), puis baisse légèrement d'amont en aval. Les températures sont stables pour les deux stations aval FAR 01.4 et FAR 00.1, avec respectivement 3.3°C et 3.2°C. La baisse de température sur FAR 03.9 est sans doute induite par l'arrivée de la Fare de Rosey (affluent rive droite, confluence juste en amont de la station). Relevons la température relativement constante aux différentes saisons sur la station Les Pontets (FAR 06.7), ce qui laisse supposer l'influence d'apports de sources qui possèdent une température généralement constante sur l'ensemble de l'année.

Figure 2 :
 Températures
 mesurées *in situ*
 dans la Fare en
 2022.



3.1.3. pH

Les mesures réalisées *in situ* ont un gradient de variation similaire à celles réalisées en laboratoire et montrent un pH qui fluctue entre 7.6 et 8.5 (mesures labo, entre 7.6 et 8.4), indiquant des eaux légèrement alcalines. De petites fluctuations sont observées entre les 3 périodes de prélèvement, mais n'excèdent pas une différence supérieure à 0.9 (peu significatif). On observe toutefois une baisse du pH entre les 2 stations amont uniquement en mars avec 8.4 pour FAR 07.5 et 7.6 pour FAR 06.7, alors que le pH est similaire sur les 2 stations sur les campagnes d'août et octobre.

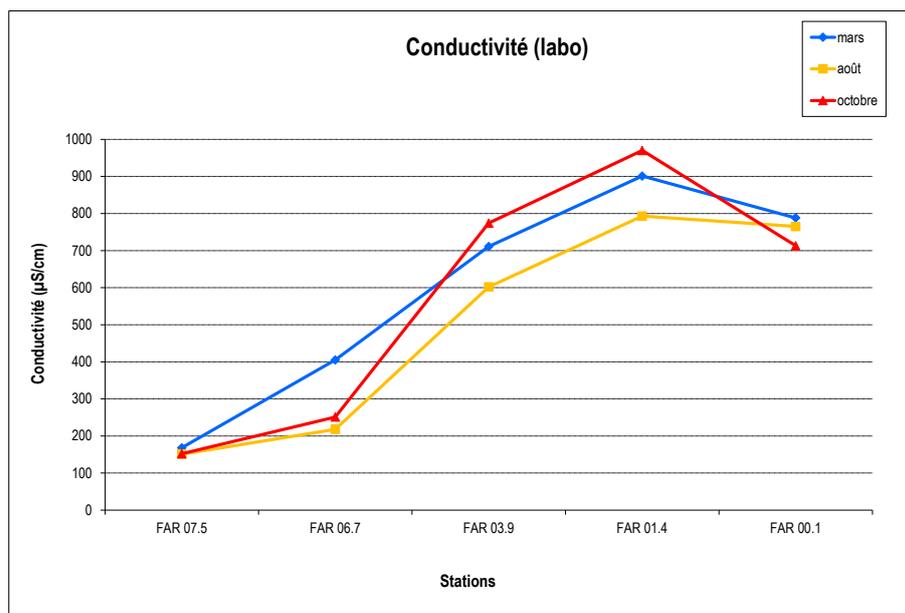
3.1.4. Conductivité

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

Les mesures effectuées *in situ* et au laboratoire sont très similaires pour les trois campagnes. Les mesures effectuées *in situ* sont présentées sur la Figure 3. Comprises entre 146 et 983 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (entre 151 et 970 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en labo), elles correspondent à des eaux modérément à très fortement minéralisées.

De manière générale sur les 3 campagnes, la conductivité modérée en tête de bassin (< 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) augmente d'amont en aval passant de moyenne (< 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) à très forte (> 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) entre FAR 06.7 et FAR 03.9. Cette observation avait déjà été faite lors de la campagne 2002-2003. Cette forte augmentation a pour origine la Fare de Rosey qui est excessivement minéralisée du fait de la géologie du bassin versant. La situation est connue (discussion avec l'ancien Président qui nous a indiqué une forte minéralisation de la Fare sise sur le territoire d'Isérables). Une légère baisse de la conductivité à la dernière station, qui reste toutefois élevée, peut s'expliquer par un apport d'eau moins minéralisée (éventuellement déversement du réservoir d'eau potable en amont du village de Riddes).

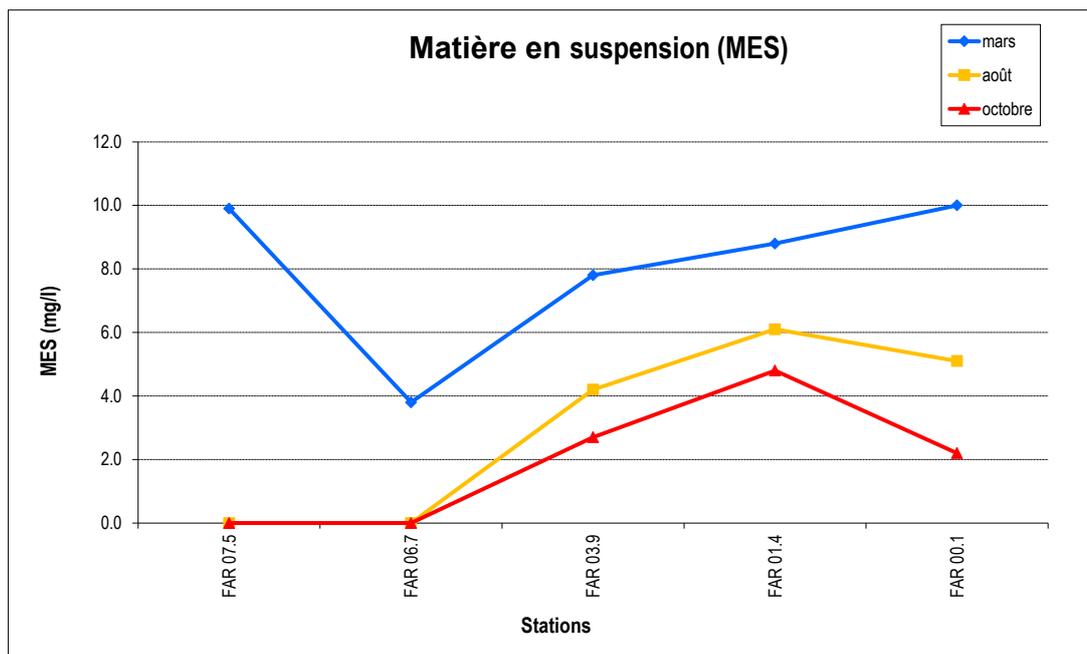
Figure 3 :
Conductivité
mesurée *in situ*
sur la Fare en
2022



3.1.5. Matières en suspension (MES)

Les concentrations en MES (Figure 4) sont faibles (≤ 10 mg/l) à très faibles (≤ 5 mg/l), soit une bonne à très bonne qualité (selon le SEQ-Eau français) sur l'ensemble des stations étudiées. Les valeurs plus élevées sont relevées lors de la campagne réalisée en mars, certainement occasionné par la fonte des neiges (concentration plus haute relevée sur la station en tête de bassin versant (FAR 07.5 avec encore présence de neige sur la station). En août et en octobre, les concentrations en MES sont nulles sur les deux stations amont, augmentent légèrement d'amont en aval, puis diminuent à l'embouchure, certainement dû à un apport d'eau ou un trop plein de réservoir d'eau potable.

Figure 4 :
 Concentrations
 en MES
 mesurées sur la
 Fare en 2022

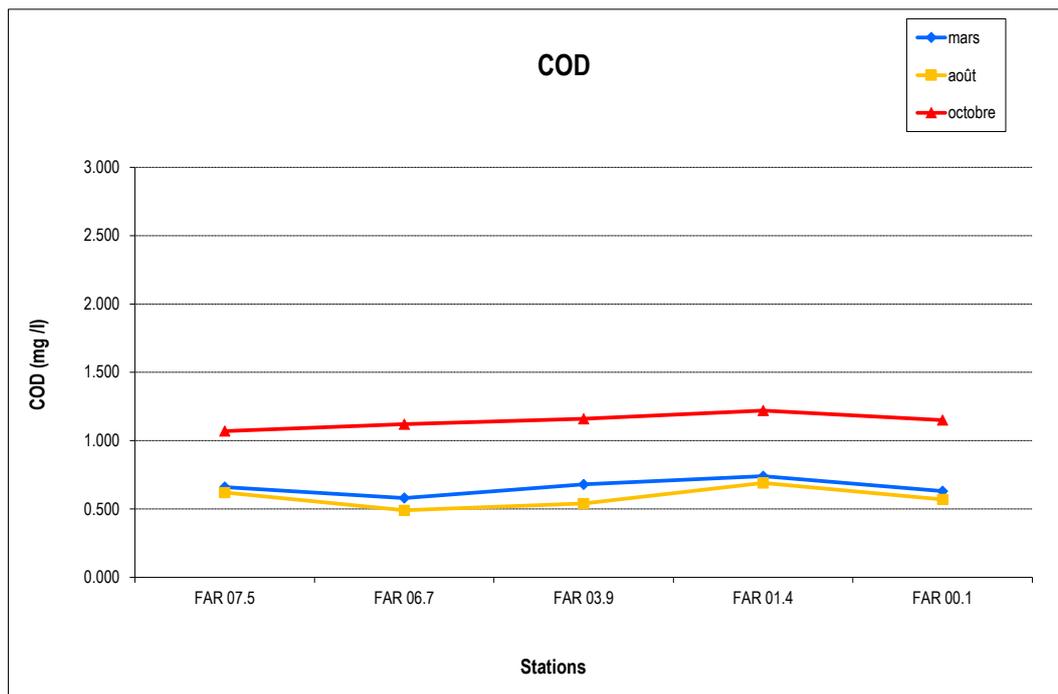


3.1.6. Matière organique (COD, TOC)

COD ou DOC
 (Carbone
 Organique
 Dissous)

Les valeurs du COD ne dépassent pas 1.5 mg/l sur l'ensemble des stations, ce qui correspond à des eaux faiblement chargées en matière organique. La qualité de l'eau, qui satisfait aux exigences légales, est considérée comme très bonne. De manière général, les concentrations en COD tendent à légèrement augmenter de l'amont vers l'aval sur les 3 périodes de prélèvements. Font exceptions la station tout en aval (FAR 00.1) qui montre une valeur légèrement moins élevée et la station tout en amont (FAR 07.5) qui, en août et en octobre, possède une concentration un peu plus élevée. Les campagnes de mars et d'août obtiennent des valeurs très similaires (variant respectivement de 0.58 à 0.74 mg/l et de 0.49 à 0.69 mg/l), alors que la campagne d'octobre présente des valeurs un peu plus élevées (entre 1.07 et 1.22), très certainement influencées par la décomposition de la matière végétale tombée dans l'eau (feuilles en particulier).

Figure 5 :
Concentrations
en DOC
mesurées sur la
Fare en 2022

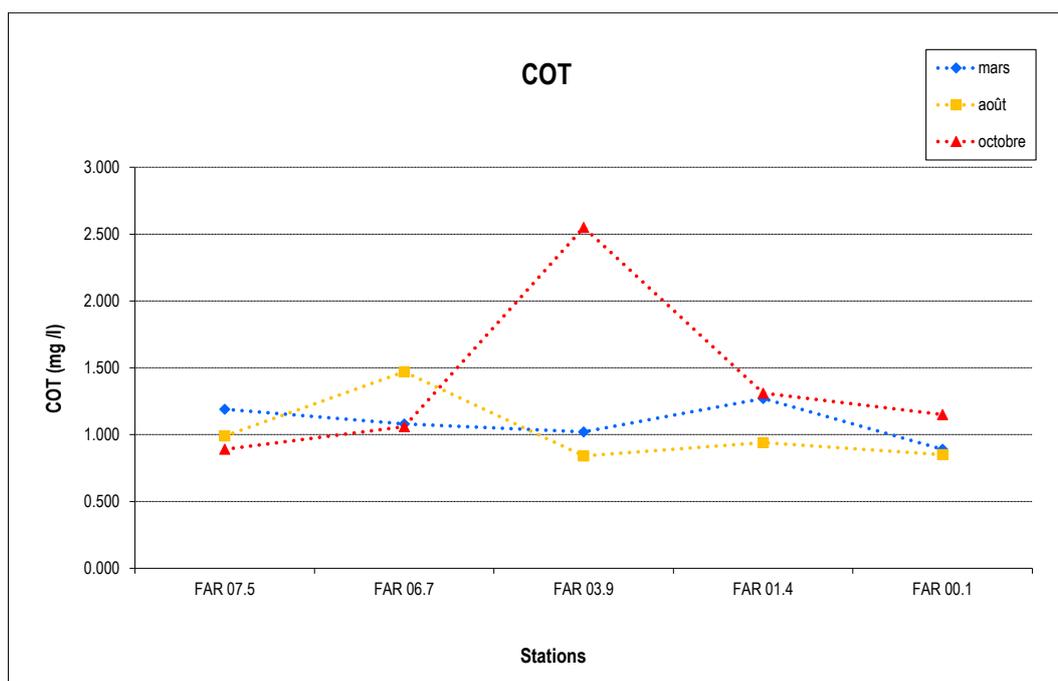


COT ou TOC
(Carbone
Organique Total)

Les concentrations en COT sont similaires à celles du COD (delta de variation ≤ 1 mg/l) sauf pour la station FAR 03.9 (Les Peutys) en octobre avec une différence un peu plus élevée de 1.4 mg/l. Sur l'ensemble des 3 campagnes, les valeurs COT sont très légèrement supérieures au COD mais ne dépassent pas 2 mg/l, à l'exception en automne de la station FAR 03.9 avec 2.55 mg/l. Ces valeurs correspondent à une très bonne qualité d'eau (sauf FAR 03.9 en octobre en classe « bonne qualité ») et répondent aux exigences légales.

La faible différence entre le COD et le COT indique que le carbone est essentiellement présent dans le cours d'eau sous forme dissoute.

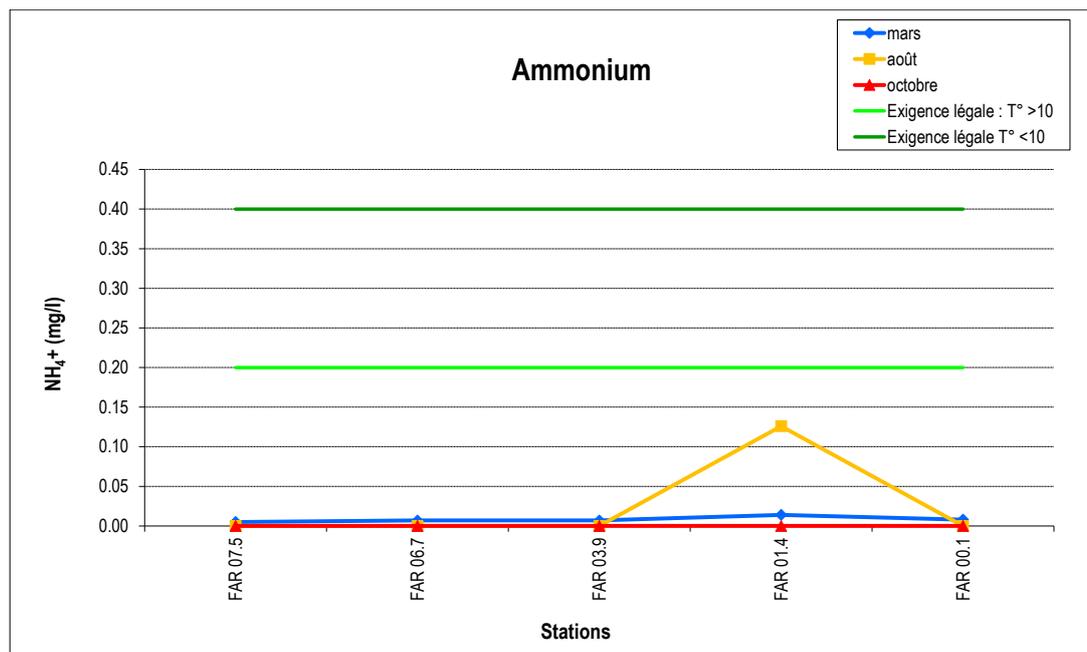
Figure 6 :
Concentrations
en COT
mesurées sur la
Fare en 2022



3.1.7. Formes azotées (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-)

NH_4^+ (ammonium) Pour les trois campagnes, la qualité de l'eau est considérée comme très bonne ($T^\circ > 10^\circ\text{C}$ en août, $T^\circ < 10^\circ\text{C}$ en mars et octobre) sur toutes les stations, à l'exception de FAR 01.4 en août qui du fait d'une concentration légèrement supérieure se classe en catégorie bonne, résultat sans doute dû à l'influence du rejet de la STEP d'Isérables. Hormis cette station Amont Riddes, notons qu'en août et en octobre, l'ensemble des prélèvements ont une valeur nulle (indiquée 0 mg N/l), les concentrations étant inférieures à la limite de détection de 0.005 mg N/l.

Figure 7 :
Concentrations en ammonium mesurées sur la Fare en 2022



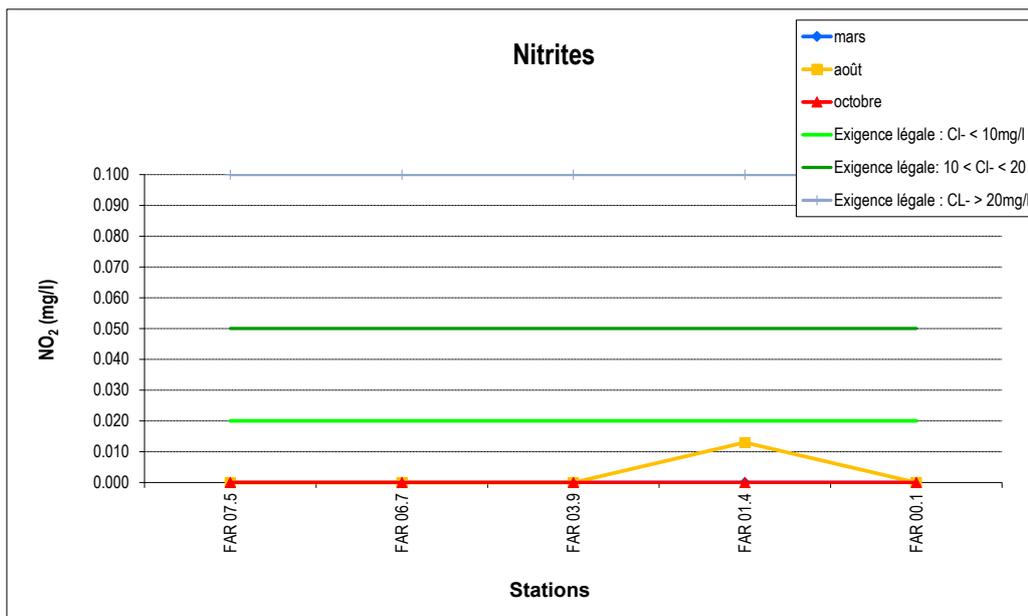
NO_2^- (nitrites) Les nitrites sont la forme intermédiaire de l'oxydation des NH_4^+ . L'EAWAG (1991) détermine pour les eaux courantes des valeurs limites de nitrites en tenant compte de la concentration en chlorures (Cl^-), car la toxicité des nitrites diminue en leur présence. Le module chimie (LIECHTI 2010) propose donc d'adapter les classes de qualité en fonction de la teneur en chlorures :

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

Pour toutes les stations étudiées de la Fare, les concentrations en NO_2^- sont nulles (indiquées 0 mg N/l), car inférieures à la limite de détection de 0.008 mg N/l, sauf sur la station Amont Riddes (FAR 01.4) en août pour laquelle une valeur a été mesurée.

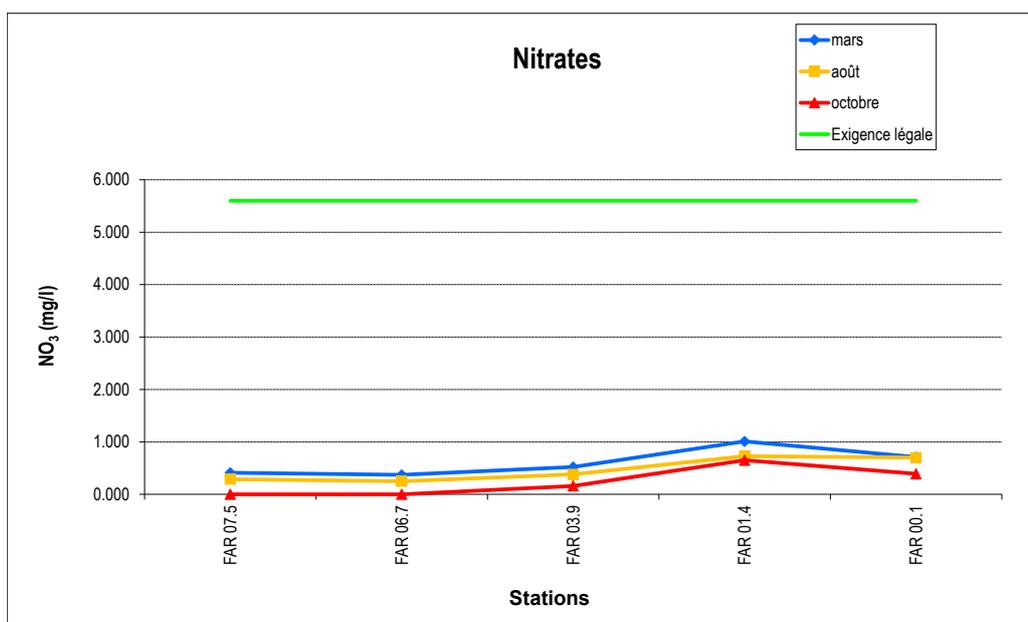
La qualité de l'eau est considérée comme très bonne.

Figure 8 :
Concentrations
en nitrites
mesurées sur la
Fare en 2022



NO₃⁻ (nitrates) Les nitrates sont la forme finale de l'oxydation de l'ammoniac. La qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre est toujours très bonne pour toutes les campagnes (concentration ne dépassant pas 1.01 mg N/l). Globalement similaire pour les trois périodes de campagne, les concentrations en NO₃⁻ augmentent très légèrement d'amont en aval avec toutefois une petite baisse tout en aval (FAR 00.1). Toutefois, une valeur > 1 mg/l N peut témoigner d'une pollution anthropique tel qu'un écoulement des eaux usées ou d'un lessivage des sols (SMG Nutriments) et a été relevé sur la station amont Riddes FAR 01.4 en octobre. Ceci peut être éventuellement corrélé avec la présence du rejet de la STEP d'Isérables qui se déverse plus en amont.

Figure 9 :
Concentrations
en Nitrates
mesurées sur la
Fare en 2022

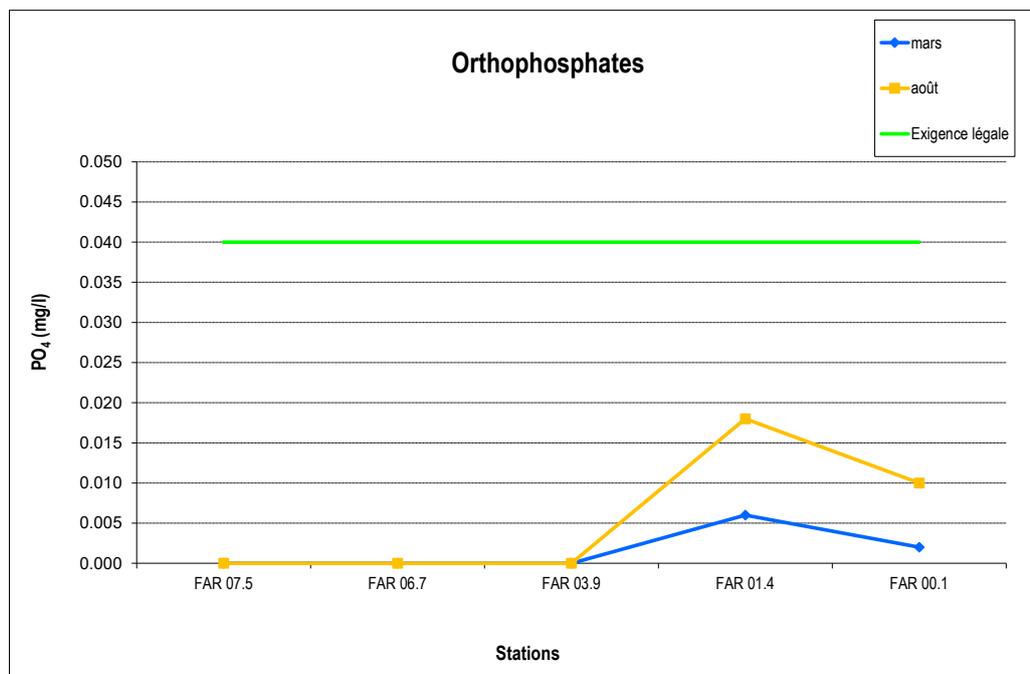


Bilan azoté Les différentes formes d'azote cumulées montrent une charge très faible sur l'ensemble du bassin versant (valeur max observée < 1.1 mg/l N).

3.1.8. Phosphore (PO₄³⁻, P_{tot})

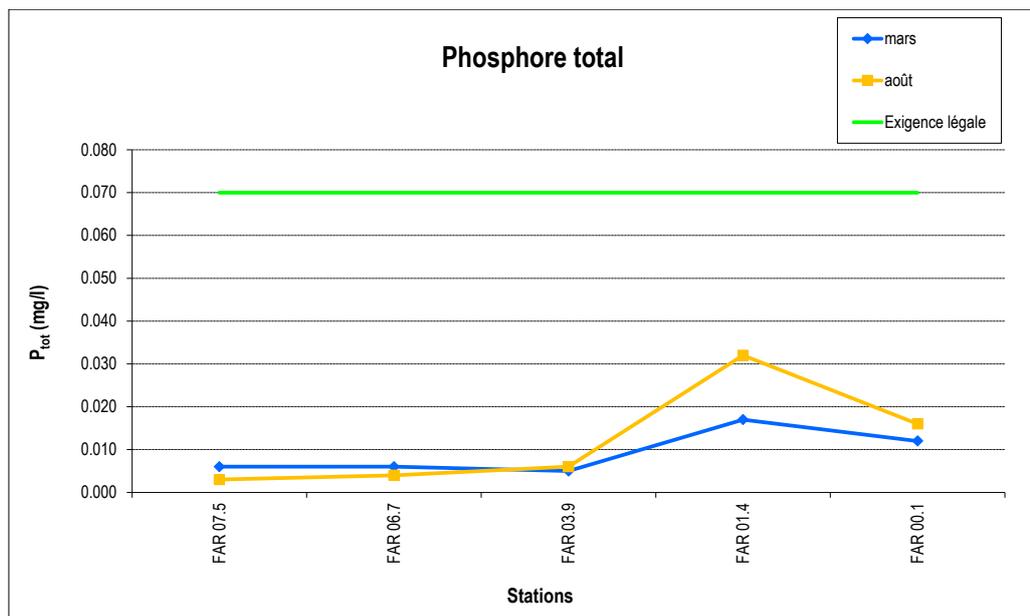
PO₄³⁻ (orthophosphate) Les concentrations en orthophosphate (phosphore d'origine anthropique, directement assimilable par les plantes) se classent en très bonne qualité (Figure 8) et ne dépassent pas les exigences légales. Les valeurs sont majoritairement très faibles avec 60% de valeur nulle (indiquées 0 mg N/l), car inférieures à la limite de détection de 0.004 mg/L. A noter qu'aucune analyse PO₄³⁻ n'a été réalisée sur les échantillons prélevés en automne.

Figure 10 :
 Concentrations en orthophosphates mesurées dans la Fare en 2022, avec exigences légales



P_{tot} (phosphore total) Pour les trois campagnes, les concentrations en phosphore total sont très faibles et montrent une très bonne qualité sur toutes les stations (Figure 9). A noter qu'aucune analyse P_{tot} n'a été réalisée sur les échantillons prélevés en automne.

Figure 11 :
 Concentrations en phosphore total mesurées dans la Fare en 2022, avec exigences légales



ANNEXE 4 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES SUR LES PEUPELEMENTS DE
DIATOMÉES EFFECTUÉES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA FARE EN 2022 ; TABLEAU DES RÉSULTATS
BRUTS, VOIR FICHER ÉLECTRONIQUE**

4. ÉTUDE 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 la Fare se trouvent dans le tableau Excel livré séparément ([1]).

Dans la colonne B de ce tableau figurent les espèces et variétés de diatomées classées en fonction de leur résistance saprobique (colonne C). Dans les colonnes D à I apparaissent respectivement les valeurs indicatrices et les valeurs de pondération des indices DI-CH₂₀₀₂, DI-CH₂₀₀₆ et trophique selon SCHMEDTJE & al. 1988. Les valeurs de l'ancien indice DI-CH₂₀₀₂ sont données pour faciliter la comparaison avec les premières études des diatomées des rivières valaisannes. La colonne J signale la présence de formes monstrueuses de diatomées (tératologie). Dans les colonnes K à U pour chaque espèce, figurent les données de la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996, HOFMANN et al. 2011). Ces indications servent à juger de la valeur patrimoniale des peuplements de diatomées. Dans la colonne V les espèces invasives sont signalées. Dans les colonnes suivantes, on trouve les fréquences relatives des diatomées formant les communautés à chaque station pour les deux campagnes de prélèvements.

Au bas des colonnes (dès la ligne 206) se trouvent les sommes des catégories d'espèces et les valeurs des différents indices qui servent aux diagnostics de qualité des eaux. Tout en bas dès la ligne 324, figurent les algues macroscopiques.

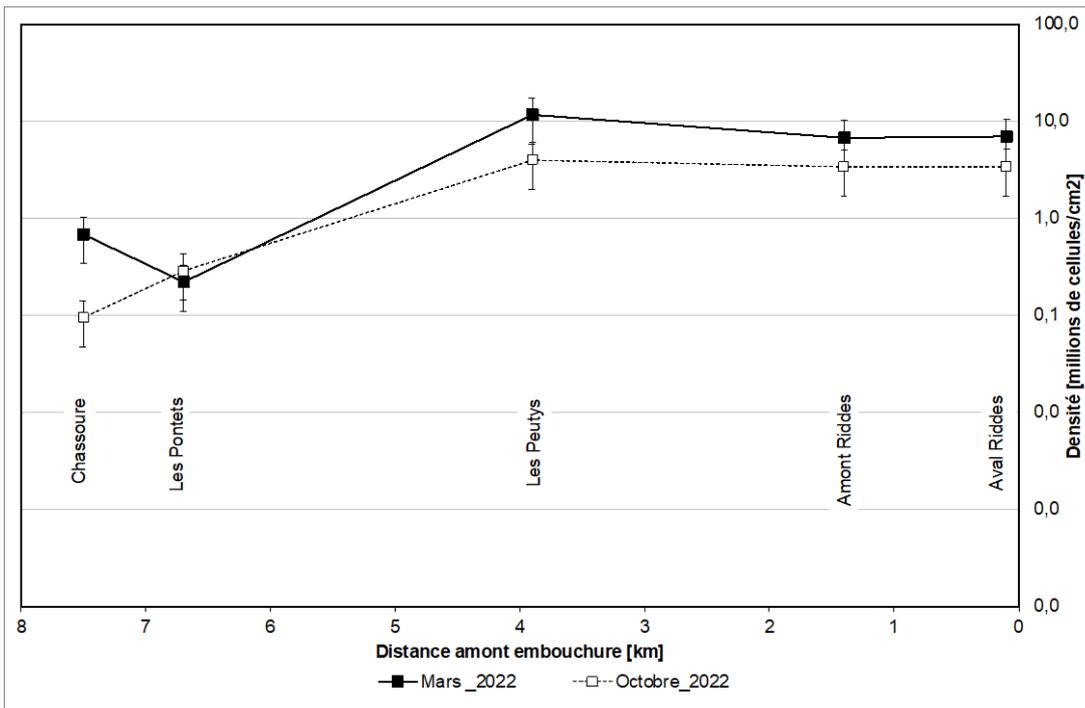
4.2. Etat des communautés de diatomées

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

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

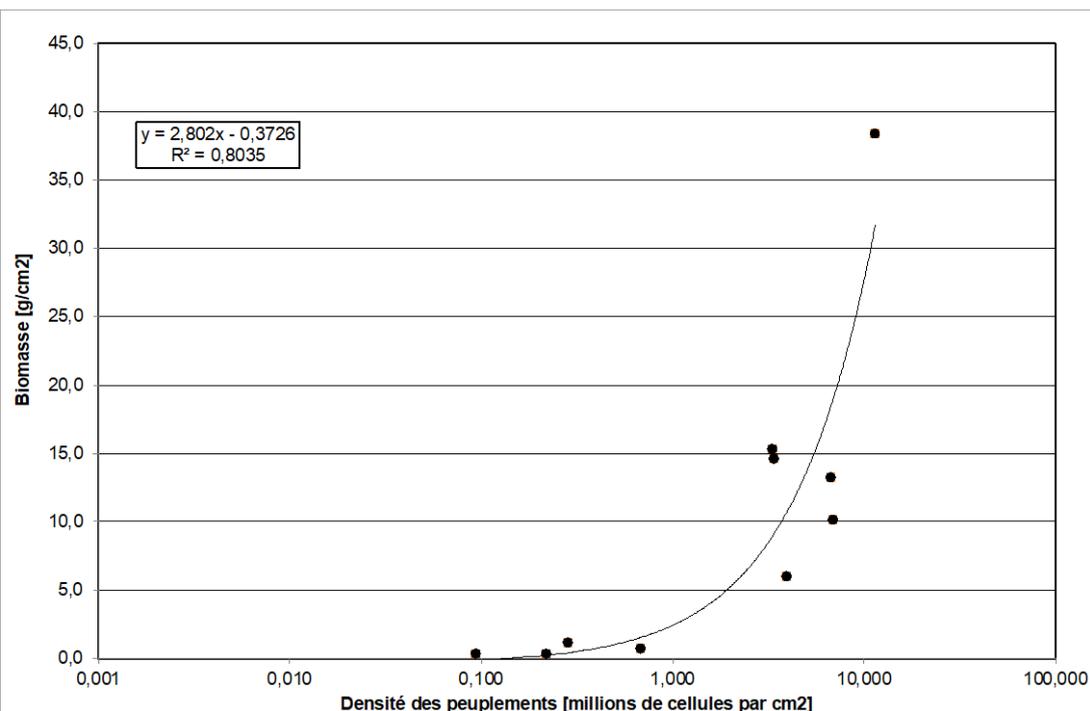
D'amont en aval de la Fare, les variations de densité sont comparables aux deux saisons. A part à Chassoure (FAR 07.5), les différences ne sont statistiquement pas significatives, bien que globalement il semble qu'en mars la densité des peuplements soit un peu plus forte qu'en octobre. A Chassoure en mars, la densité est plus élevée qu'en octobre. Sinon, dans les deux stations situées en amont, les densités sont de l'ordre de 10⁵ cellules par cm². Plus en aval, dès les Peutys (FAR 03.9), les peuplements sont plus fournis, avec des densités de l'ordre de 10⁶ cellules par cm². Cette différence de peuplements d'amont en aval se retrouve dans plusieurs rivières latérales du Rhône, lorsqu'en amont, soit les débits sont moindres qu'en aval ou que l'agitation de l'eau est plus forte qu'en aval. En valeurs absolues, les densités de peuplements mesurées dans la Fare sont en moyenne 10 fois plus élevées que dans bien des rivières du Valais, ce qui suggère que dans cette rivière, les perturbations hydrologiques sont en moyenne moindres.

Graphique 1 :
 Répartition des densités de diatomées épilithiques d'amont à l'aval de la Fare. Valeurs hivernales en trait plein, valeurs automnales en traitillé. Attention : l'échelle des densités est logarithmique.



Biomasse La biomasse est très bien corrélée à la densité des peuplements par une fonction linéaire qui explique le 89,6% de la variance entre les deux grandeurs ($R^2 = 0.80$) comme on peut le voir sur le Graphique 2. Cette corrélation indique qu'à toutes les stations, tant en automne qu'en hiver, les peuplements sont composés par le même type d'espèces : en l'occurrence une majorité de diatomées de petites tailles (principalement les espèces pionnières) et de tailles moyennes. Cela suggère que les conditions écologiques de la rivière sont relativement constantes de haut en bas (niveaux trophiques, activité hydrologique).

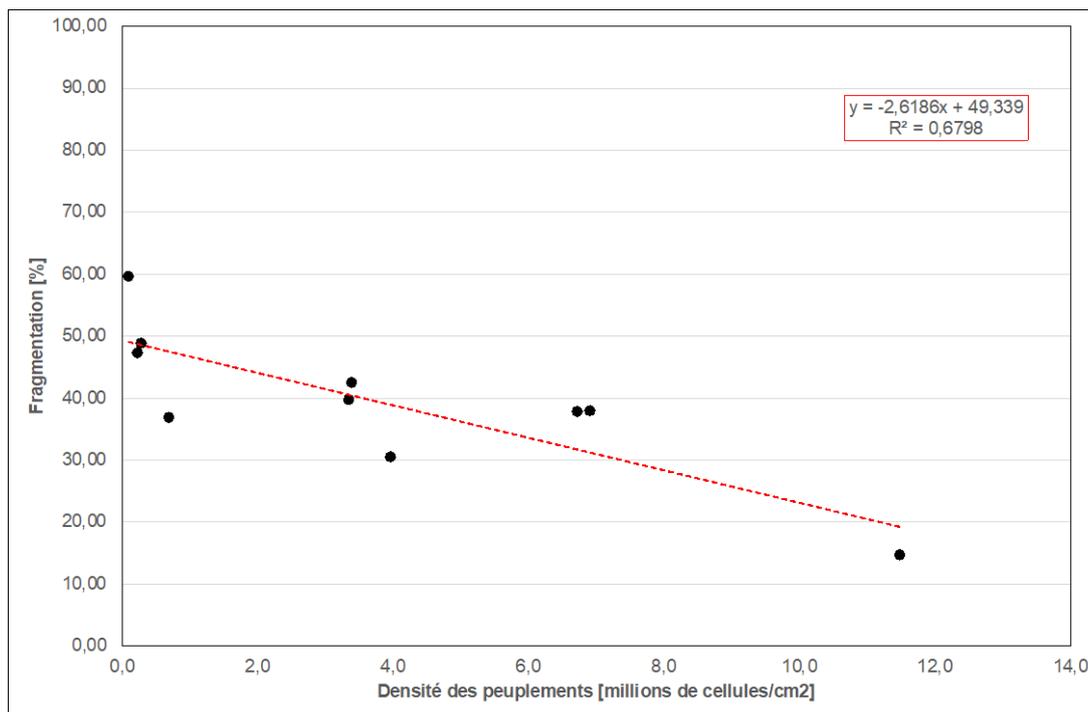
Graphique 2 :
 Distribution des valeurs calculées de biomasses en fonction des densités des peuplements de diatomées. Attention : l'échelle des densités est logarithmique.



Taux de fragmentation Le taux de fragmentation des diatomées, qui est un indicateur de létalité des diatomées varie selon les prélèvements de 14.7 à 59.7% (Graphique 3).

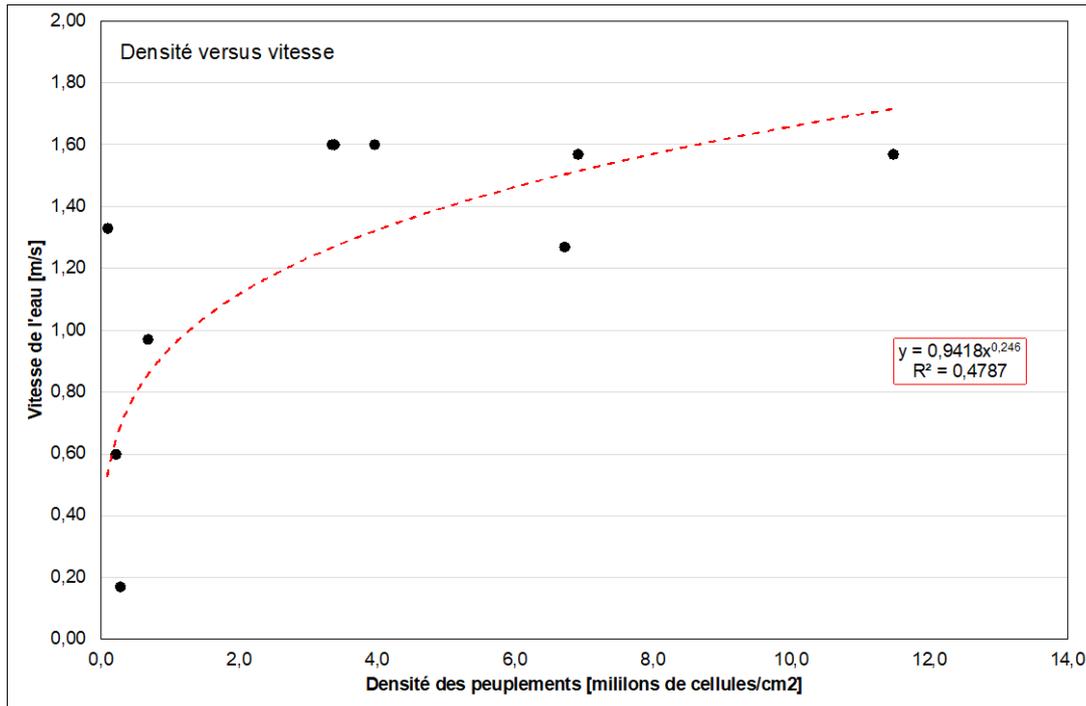
Dans aucun cas, le taux > 60.0%, théoriquement significatif de létalité anormale, n'a été observé. Cependant, il faut remarquer tout de même que la densité des peuplements de diatomées diminue régulièrement en fonction des taux de fragmentation. Une fonction linéaire explique le 82,4% ($R^2 = 0,68$) de la variance entre les deux grandeurs qui semblent fortement liées. Les faibles densités relevées à l'amont (Graphique 1, à Chassoure FAR 07.45 et aux Pontets FAR 06.7) sont donc dues à la létalité des diatomées, dont la cause pourrait être un certain manque d'eau à ces deux stations.

Graphique 3 :
Variation de la densité des peuplements en fonction des taux de fragmentation des diatomées.



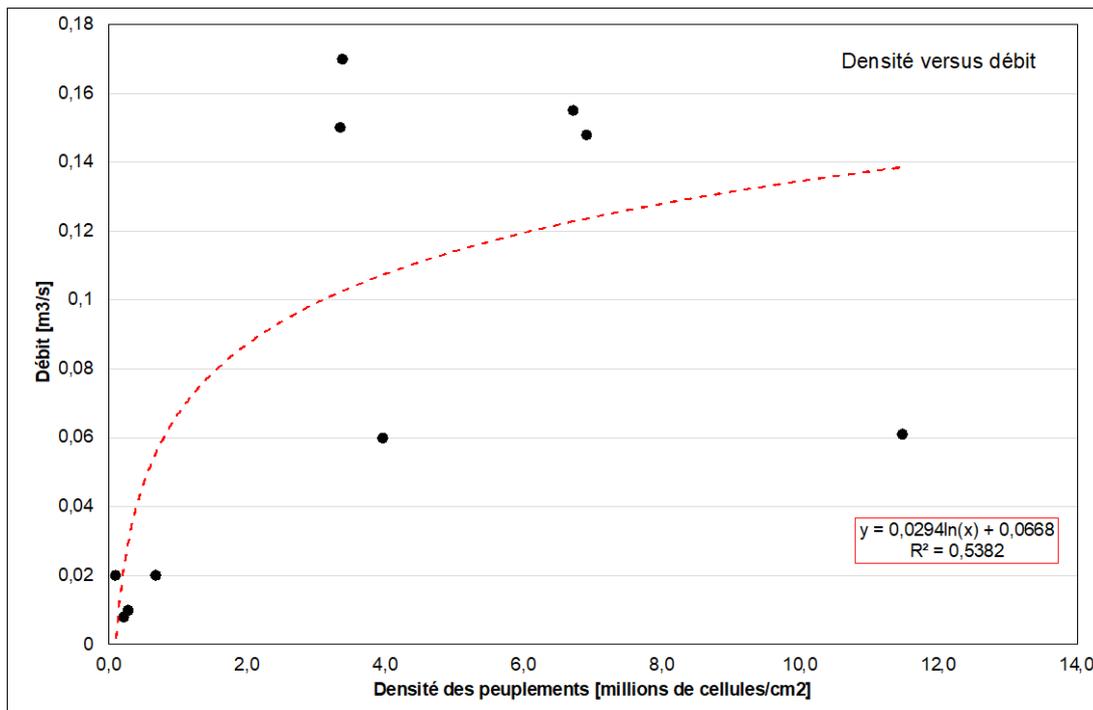
Vitesse Comme on peut le voir sur le Graphique 4, la densité des peuplements augmente avec la vitesse moyenne de l'eau selon une fonction de puissance qui indique une bonne corrélation de 69,2%. Cette corrélation est peu habituelle dans les rivières latérales du Rhône, car souvent au contraire la densité diminue lorsque la vitesse est élevée.

Graphique 4 :
 Variation de la densité des peuplements en fonction de la vitesse de l'eau.



Débit Le Graphique 5 montre que la densité des peuplements augmente aussi dans le même sens en fonction du débit. Graphiquement la dispersion des points suggère que la corrélation entre ces deux valeurs est moins bonne qu'avec la vitesse. Mais la fonction logarithmique qui lie ces deux dernières valeurs, indique avec un coefficient de régression R^2 , qu'elle expliquerait 73,4% de la variance. Le sens de cette corrélation n'est pas non plus habituel dans les rivières valaisannes.

Graphique 5 :
 Distribution de la densité des peuplements de diatomées en fonction des débits mesurés aux endroits des prélèvements.



Comparaison vitesse et débit L'étude de l'impact de ces deux paramètres (qui sont proportionnels à l'agitation de l'eau) sur les variations de densité des peuplements, suggère qu'un manque d'eau en amont de la Fare serait responsable d'une létalité des diatomées (fragmentation) plus importante qu'en aval, d'où les moindres densité et biomasse à ces endroits. Plus en aval, avec des débits plus élevés, les conditions de croissance de diatomées semblent meilleures, manifestées par de plus fortes densités et des taux de fragmentation moindres.

Tératologie La répartition des formes monstrueuses est donnée au Graphique 6. Selon des indications non publiées jusqu'à présent, la communauté scientifique admettait que des taux supérieurs à 1% pouvaient être significatifs de perturbations du développement de diatomées à cause de la toxicité ou de l'exposition aux UV. Suite à de nouvelles discussions et observations personnelles (STRAUB & al. 2014), nous pouvons supposer qu'en rivières, des taux de 0.5% peuvent déjà suspecter ce genre de nuisance, en particulier si certains types de malformations sont observés ou touchent des espèces habituellement résistantes.

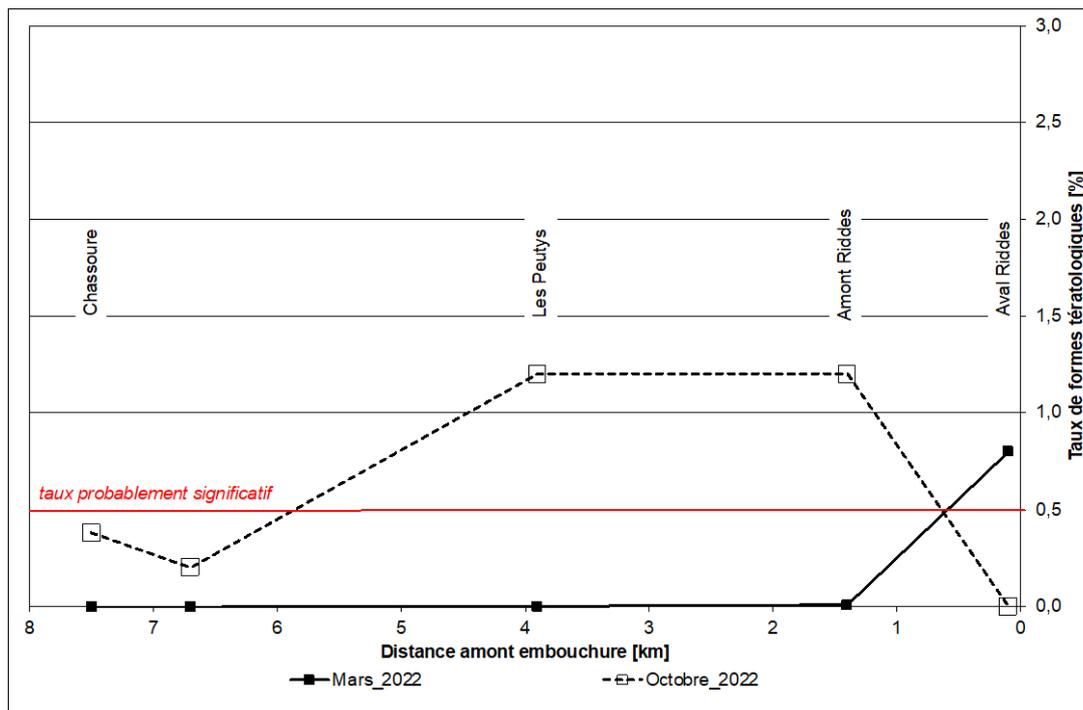
En mars, 0,8% de formes tératologiques ont été trouvées à Aval Riddes (FAR 00.1). L'espèce affectée est principalement la pionnière sensible *A. pyrenaicum* ainsi qu'un individu de *Fragilaria ulna*, une espèce plus résistante. A Amont Riddes (FAR 01.4), quelques individus hors dénombrement (abondance < 0,01%) avec malformations ont été trouvés parmi les espèces sensibles et très sensibles *Fragilaria capucina* var. *austriaca*, *Diatoma polonicum* et *Diatoma moniliformis*.

En octobre, l'abondances des formes tératologiques est plus élevée dès Chassoure (FAR 07.5), mais particulièrement aux Peutys (FAR 03.9) et à amont Riddes (FAR 01.4). où les taux sont nettement significatifs de perturbations dans le développement des diatomées. Dans les trois stations amont, ces perturbations affectent principalement plusieurs espèces pionnières du genre *Achnantheidium*, mais aussi l'espèces très sensible *Fragilaria pinnata* et l'espèce sensible *Diatoma moniliformis*. Plus en aval à Amont Riddes, les espèces affectées sont plus résistantes : *Diatoma vulgaris* et *Fragilaria ulna*.

Les malformations observées chez toutes ces espèces sont assez fréquentes même en absence de pollution. Chez les espèces pionnières du genre *Achnantheidium* qui vivent en colonies serrées, les malformations sont souvent dues à des problèmes de promiscuité. Chez les espèces très sensibles et sensibles des genres *Fragilaria* et *Diatoma*, des malformations sont fréquentes même en absence de pollution. Dans les Alpes, elles pourraient être liées à des sources naturelles de métaux lourds, d'arsenic, de radioactivité ou encore à une exposition plus élevée aux UV qu'en plaine. Cela pour les stations amont.

Pour ce qui est des stations situées autour de Riddes, les malformations touchent des espèces plus résistantes. Dans ces cas, comme cela a souvent été observé dans le cours inférieur de rivières latérales du Rhône, il est possible que des apports plus ou moins sauvages d'eaux usées ou d'eaux d'épuration peuvent en être la cause.

Graphique 6 :
Répartition des
taux de formes
tétralogiques le
long dans la Fare.
Sur plusieurs
stations, des taux
> 0,5% sont peut-
être significatifs
de perturbations
toxiques ou
d'autres
nuisances
affectant le bon
développement
des diatomées.



Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore

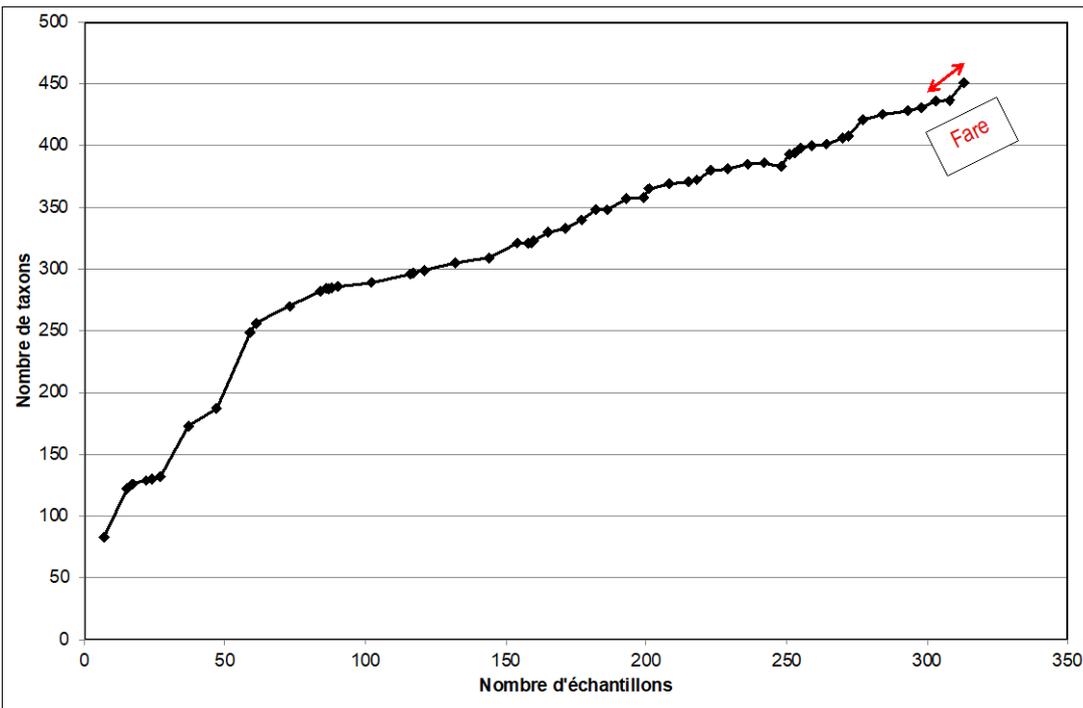
La progression des découvertes floristiques dans les rivières valaisannes, réalisées par PhycoEco, est donnée sur le Graphique 7.

Dans les 10 échantillons prélevés dans la Fare, 151 taxons de diatomées ont été trouvés, nombre qui en moyenne est légèrement plus élevé que dans les flores trouvées dans les autres rivières latérales du Rhône. Ce nombre représente 33,5% de la flore des rivières valaisannes répertoriée actuellement dans la banque de données de PhycoEco (en tout, 451 taxons pour 313 échantillons du Rhône et 24 cours d'eau latéraux). Avec ces nouvelles campagnes, 15 taxons nouveaux pour la flore des rivières valaisannes ont été recensés, la plupart d'entre eux très sensibles et caractéristiques de l'arc alpin.

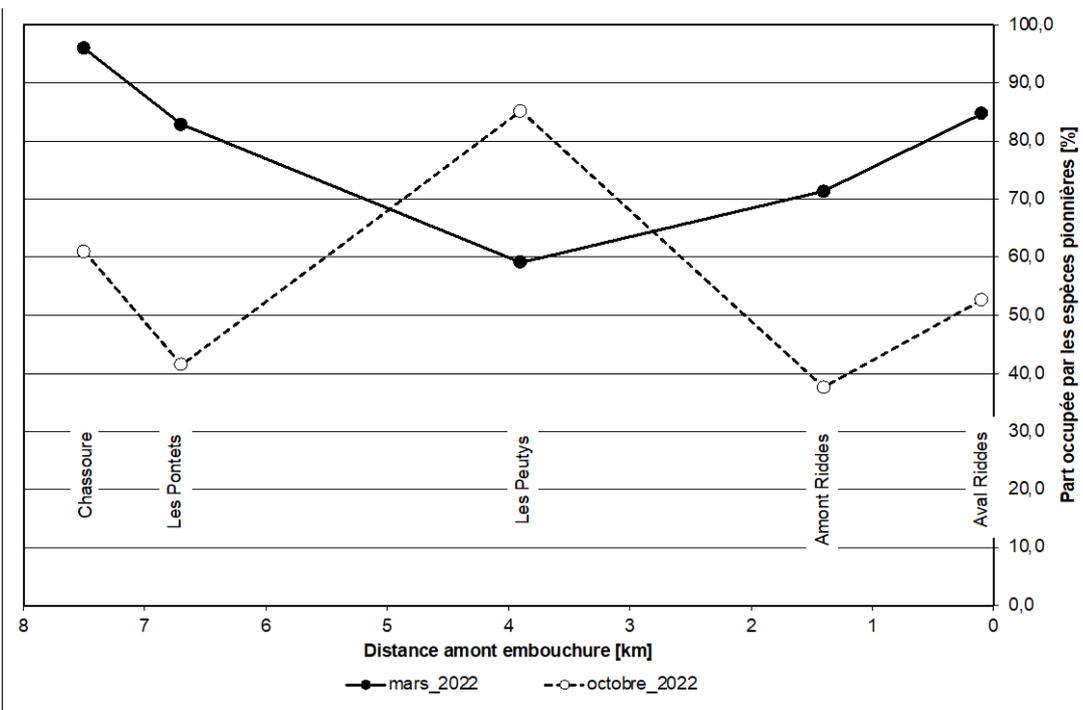
Comme en général dans les rivières valaisannes, les communautés de la Fare sont en bonne partie composées par des espèces pionnières dont la présence fait suite à des perturbations hydrologiques et à l'instabilité des fonds des rivières (Graphique 8), lorsque les communautés de diatomées se reconstituent. Ces diatomées pionnières sont principalement représentées par plusieurs espèces coloniales d'*Achnanthydium* sensibles ou très sensibles aux polluants.

En mars des taux $\geq 60\%$ sont significatifs de perturbations typiques en hiver avec le gel et le dégel. Elles paraissent très fortes à fortes en amont, moindres aux Peutys (FAR 03.9) et augmentant de nouveau vers l'aval. En octobre par contre les taux sont en moyenne plus faibles, les perturbations auraient été moindres, à part aux Peutys à l'inverse de ce qui a été observé en mars. Les observations contradictoires réalisées aux Peutys indiqueraient que les conditions hydrologiques de cette station sont particulières et se différencient des autres stations, sans qu'on puisse à ce stade en donner la cause. Ces remarques concernant les perturbations sont à prendre avec réserve, car il n'y a pas de lien direct entre les abondances des espèces pionnières et les mesures de vitesse ou de débit (qui sont les seules mesures hydrologiques effectuées en routine, mais qui à elles seules ne recouvrent pas la notion de perturbation).

Graphique 7 :
 Progression cummulative des mentions floristiques de diatomées en rivières valaisannes au cours des études menées par PhycoEco et indication du nombre de taxons nouveaux trouvés dans la Fare.

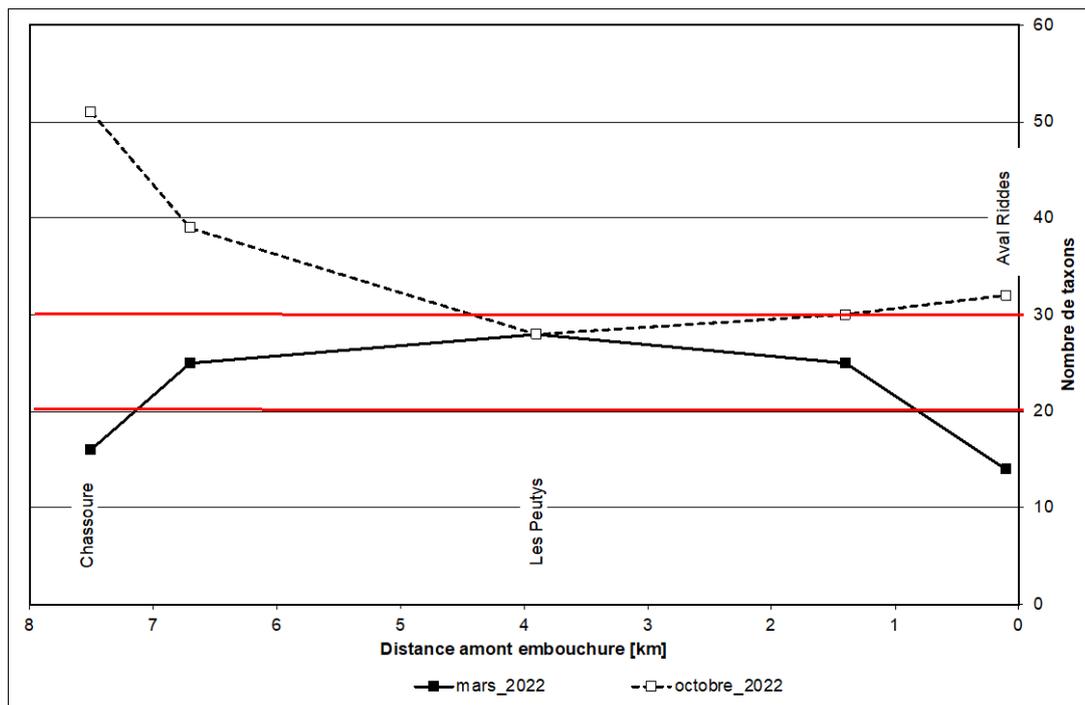


Graphique 8 :
 Proportions des communautés occupées par des espèces pionnières.



Etant donné la part importante de diatomées pionnières en hiver, la flore dominante (obtenue après dénombrement de 500 individus par échantillon) est relativement faible à cette saison, comme dans la moyenne de ce qu'on trouve dans les rivières suisse ou moindre en particulier tout à l'amont à Chassoure (FAR 07.5) et à Aval Riddes FAR 00.1 (Graphique 9).

Graphique 9 :
Distribution de la flore dominante de diatomées dans la Fare. En rouge, intervalle moyen du nombre de taxons trouvé dans la majorité des stations situées sur les rivières suisses (en général eutrophisées mais en bon état) et qui y forme le 99 % des peuplements.



Dans les Alpes en altitude, ces faibles proportions ne sont pas liées à des pollutions mais sont typiques de perturbations hydrologiques. En octobre par contre, alors que la proportion de diatomées pionnières est moindre, la flore dominante est plus diversifiée en particulier tout en amont, comme dans bien d'autres rivières alpines non polluées.

La biodiversité structurale indiquée par l'indice de Shannon (calculé en \log_2) suit d'amont en aval et aux deux saisons à peu près les mêmes variations. En mars certaines valeurs ≤ 2.7 sont nettement moindre que dans la plupart des rivières suisses : elles correspondent aux maxima des abondances des diatomées pionnières. Ces faibles diversités ne sont donc pas dues à d'éventuellement pollutions. En octobre, sur la plupart des stations, des indices ≥ 2.64 montrent que les communautés sont bien diversifiées. Aux Peutys par contre, l'indice de Shannon de 2,04 est plus faible à cause de la forte proportion de diatomées pionnières.

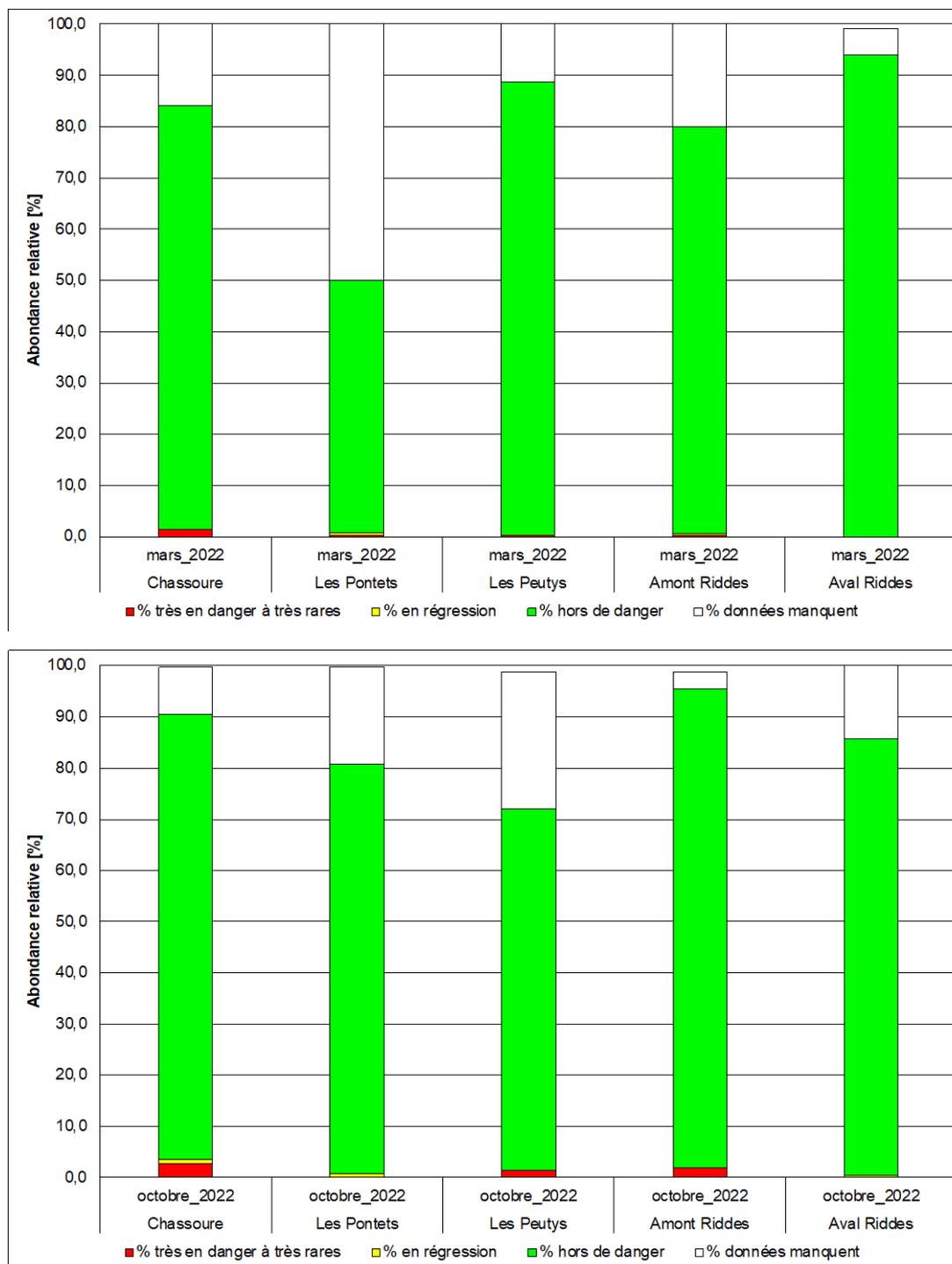
Comme ailleurs en Suisse, la diatomée invasive *Achnanthes delmontii* a été observée irrégulièrement mais d'amont en aval de tout le cours d'eau, avec cependant des abondances relatives $\leq 0,6\%$. Cette espèce est la plus fréquente des diatomées invasives observées en Suisse (HÜRLIMANN & STRAUB 2020), mais avec ces faibles abondances, elle ne met pas en péril les peuplements autochtones de la rivière.

Par contre l'espèce nuisible *Didymosphenia geminata*, observée à plusieurs endroits au Valais ces dernières années, ne semble pas avoir colonisé la Fare, comme d'ailleurs ni la Morge et ni la Nétage en 2020.

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

Les abondances relatives de ces catégories dans les communautés sont données au Graphique 10.

Graphique 10 :
Taux de représentation (en % de cellules) des catégories de raréfaction selon la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996) dans les communautés de mars et octobre 2020 d'amont en aval de la Fare.
 Ce graphique donne une idée de la variabilité de la valeur patrimoniale des peuplements et fait ressortir particulièrement ceux qui méritent d'être protégés.



L'abondance des taxons en danger, rares et en régression est en moyenne plus faible que dans d'autres rivières du Valais. Ces espèces forment tout au plus 3,5% des communautés, avec des abondances maximales à Chassoure (FAR 07.5), mais certaines peuvent aussi être présentes en aval. Leur abondance est plus forte en octobre qu'en mars.

Tout de même, les 27 espèces suivantes ont été recensées (les quatre espèces les plus abondantes sont indiquées en caractères gras) :

- Catégorie 2 très en danger : *Eunotia arcus*, *Navicula mediocostata* ;
- Catégorie 3 en danger : *Achnanthes peetersenii*, ***Achnantheidium sieminskae***, *Sellaphora stroemii* ;
- Catégorie G probablement en danger : ***Cymbella excisiformis***, *Cymbopleura anglica*, *Fragilaria amphicephaloides*, *Fragilaria capucina* var. *austriaca*, *Gomphonema montanum*, *Gomphonema tergestinum*, *Navicula striatola*, *Nitzschia alpina*, *Pinnularia rupestris*, *Surirella helvetica* ;
- Catégorie R très rare : *Epithemia goeppertiana*, ***Nitzschia pumila*** ;
- Catégorie V en régression : *Adlafia suchlandii*, *Cymbella cymbiformis* var. *cymbiformis*, *Cymbella helvetica*, *Delicata delicatula*, *Diploneis elliptica*, *Fragilaria tenera*, *Gomphonema lateripunctatum*, *Navicula oppugnata*, ***Psammothidium subatomoides***, *Sellaphora bacillum*.

Une partie des communautés est aussi formée par des taxons dont on ne connaît pas encore les degrés de raréfaction. Il s'agit principalement des taxons très sensibles *Achnantheidium lineare*, *Achnantheidium sublineare* et plusieurs espèces du groupe de *Gomphonema pumilum*. Tous ces taxons, vu leur sensibilité, indiquent des eaux de très bonne qualité. De ce fait, ils participent aussi à mettre en évidence la valeur patrimoniale de certaines stations en particulier en altitude. Ces taxons sont plus abondants en hiver qu'en automne.

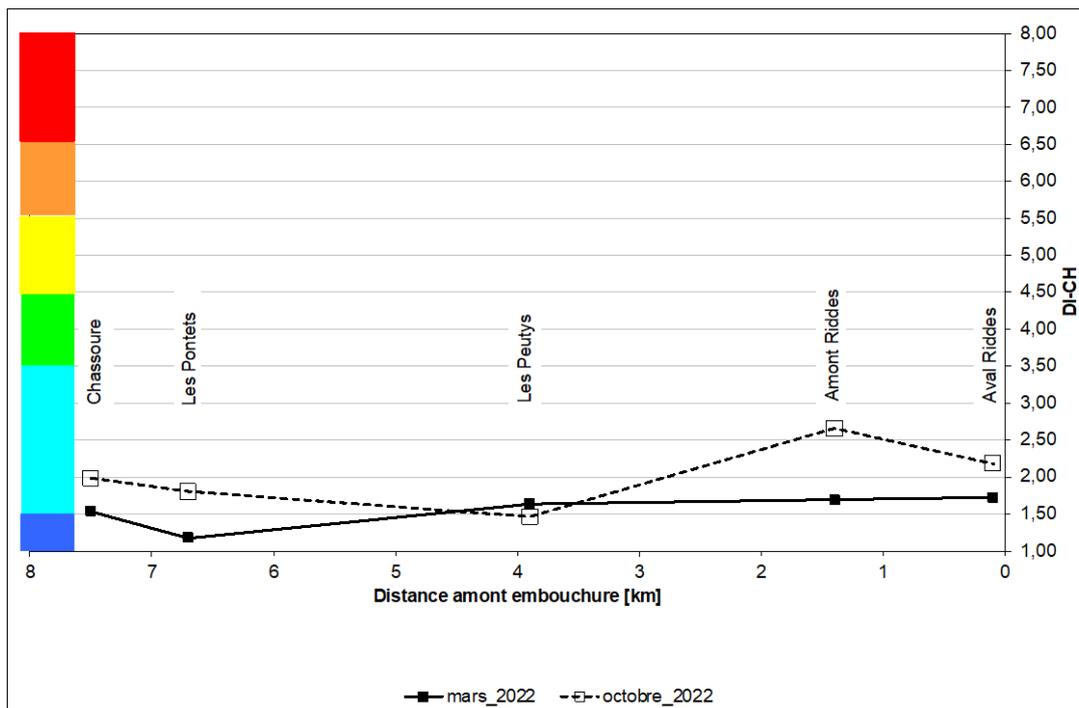
Conclusion Malgré certaines faibles densités de diatomées trouvées en amont, nous avons tout de même pu réaliser les analyses dans la norme. Par contre, à cause de l'importance des diatomées pionnières en hiver (et en octobre aux Peutys (FAR 03.9), les diagnostics de qualité d'eau présentés ci-dessous sont peut-être parfois légèrement optimistes.

4.3. Diatomées et qualité biologique des eaux

Mise en garde Les indications de qualité biologique des eaux ne sont valables que par rapport aux paramètres qui ont servi à l'étalonnage des méthodes classiques de mesure. Ces paramètres sont ceux de pollution habituelle d'origine domestique et agricole, c'est-à-dire liés aux taux de matières organiques et aux taux d'engrais (phosphates, nitrates, potassium). La qualité des eaux ne se borne pas à ces paramètres, mais doit être complétée par d'autres aspects (légalité), comme l'analyse présentée au paragraphe 4.2 tend à le montrer, en particulier par rapport aux variations de densité, aux taux de fragmentation des diatomées et aux taux de formes tératologique.

Etat de santé global (légal) Les valeurs de l'indice DI-CH₂₀₀₆ (HÜRLIMANN ET NIEDERHÄUSER 2007) calculées à partir de la composition des communautés de diatomées sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 11. D'après les valeurs $\leq 1,72$ de cet indice, les eaux de la Fare sont de très bonne, voire d'excellente qualité aux Pontets (FAR 06.7) en mars et très stable d'amont en aval. En octobre par contre, aux deux stations amont, l'eau paraît un peu plus chargée (probablement par l'influence du bétail) avec des valeurs $\geq 1,80$. Aux Peutys (FAR 03.9), l'eau serait de nouveau de très bonne qualité mais vu l'importance des diatomées pionnières, le diagnostic est peut-être un peu optimiste. A la station Amont Riddes (FAR 01.4), une charge plus élevée de 2,66, non négligeable, est relevée : cette charge provient-elle des rejets de la STEP d'Isérables ? La marque de cette charge reste visible jusqu'à Aval Riddes (FAR 00.1).

Graphique 11 :
 Variations des valeurs de l'indice intégré de pollution DI-CH2006 (Système modulaire gradué suisse) d'amont en aval de la Fare.



Selon l'acceptation de la loi suisse, le bleu est l'indication des eaux de très bonne qualité (excellentes si DI-CH ≤ 1.5), 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.

Niveau trophique et saprobique

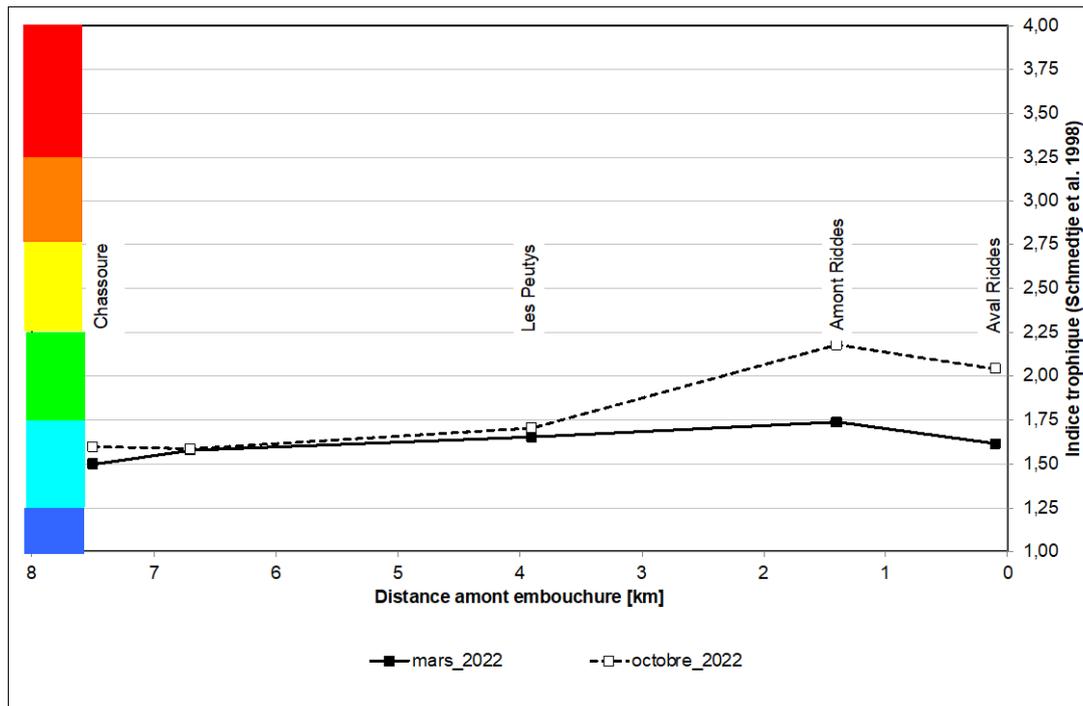
Le Tableau 1 résume les qualités trophique et saprobique calculées à partir des assemblages de diatomées, en séparant les deux périodes de prélèvement pour mieux mettre en évidence les quelques différences observées. Avec ces chiffres, on peut constater comme avec le DI-CH, la très bonne qualité des eaux d'amont en aval en mars. En octobre, si en amont la qualité des eaux est aussi très bonne, aux deux stations aval, la légère dégradation est marquée tant par l'augmentation de nutriments (trophie) que des matières organiques (saprobie).

Tableau 1 : Indications d'indices trophiques et de niveaux saprobiques des eaux de la Fare

Stations	Mars 2020		Octobre 2020	
	Trophie	Saprobie	Trophie	Saprobie
Chassoure FAR 07.5	1.50	(I)-II	1.60	(I)-II
Les Pontets FAR 06.7	1.58	I-II	1.59	I-II
Les Peutys FAR 03.9	1.65	(I)-II	1.71	(I)-II
Amont Riddes FAR 01.4	1.74	(I)-II	2.18	II
Aval Riddes FAE 00.1	1.62	(I)-II	2.04	II

L'indice trophique représente la quantité d'engrais présente dans l'eau (phosphates, nitrates, potassium essentiellement). Ces engrais proviennent directement des eaux usées, du lessivage des terres agricoles et de l'oxydation des matières organiques déversées par les égouts ou provenant de l'érosion des sols. Ces valeurs sont distribuées sur le Graphique 12.

Graphique 12 :
 Distribution des valeurs de l'indice trophique d'amont en aval de la Fare.
 En regard : correspondance approximative avec les plages de couleur du Système modulaire gradué de la Confédération.

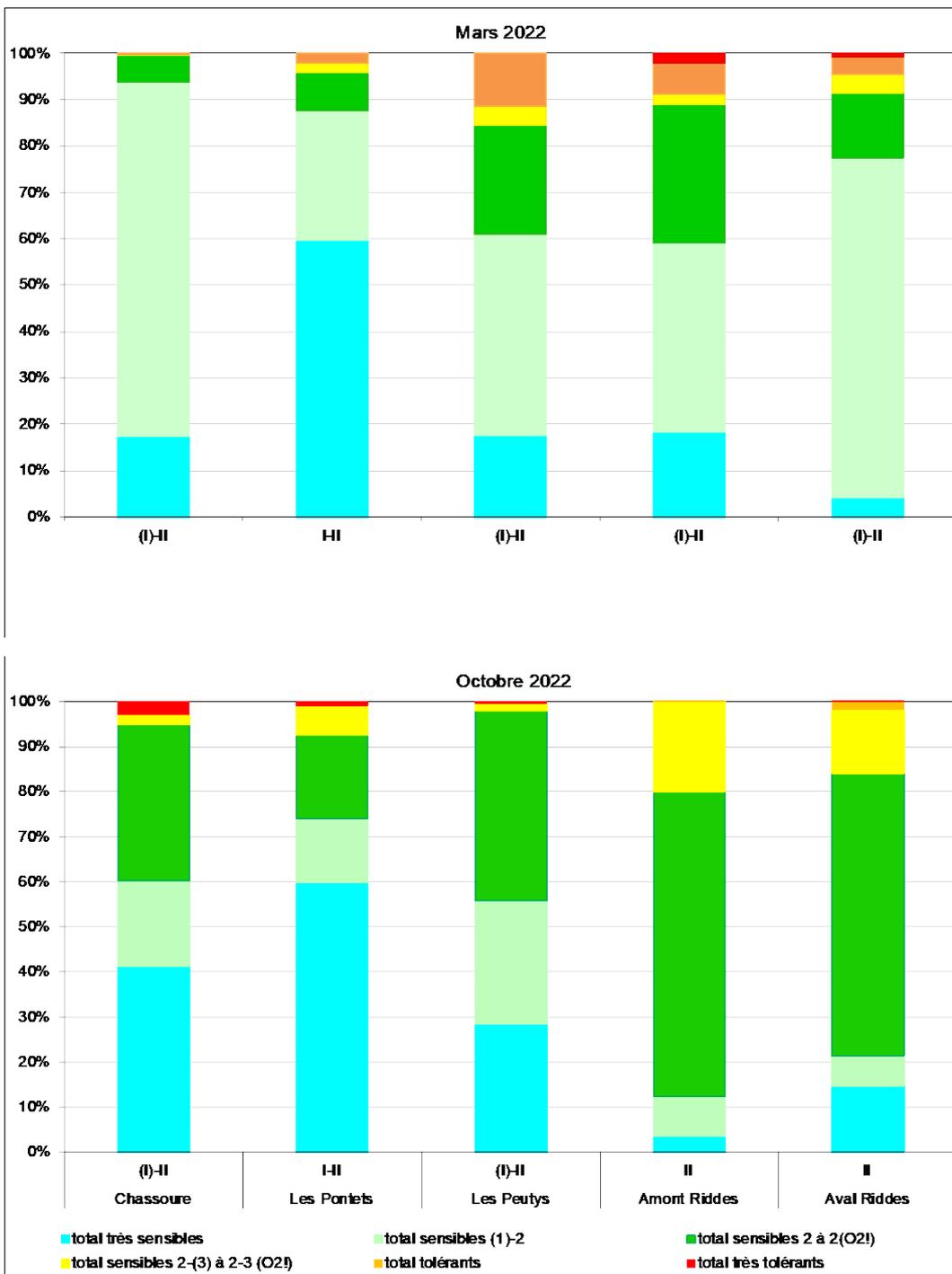


Comme d'habitude les valeurs de cet indice donnent en moyenne des indications un peu plus sévères que le DI-CH au sens des classes de qualité des eaux : l'indication moyenne en mars est la mésotrophie le long de tout le cours d'eau avec une légère augmentation vers l'aval. En octobre l'indication est la même aux trois stations amont, mais dès Amont Riddes (FAR 01.4) les eaux semblent plus chargées et passeraient à l'état eutrophe. Comme souvent dans les rivières latérales du Rhône, ces valeurs suivent cependant la même tendance que les valeurs de DI-CH : c'est surtout en octobre que ce parallèle est observé.

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 Horst Lange-Bertalot. Ces indications (Graphique 13) précisent le diagnostic fourni par les valeurs de DI-CH et de l'indice trophique. Les niveaux saprobiques sont évalués à partir de l'abondance des groupes de résistance aux matières oxydables dans les communautés.

En mars à l'amont, à Chassoure (FAR 07.5) et aux Pontets (FAR 06.7), les charges saprobiques sont faibles, de niveaux légèrement β -mésosaprobe à oligo-mésosaprobies. La différence entre les deux stations est mieux visible sur cette représentation que sur les graphes précédents : aux Pontets, la dominance des espèces très sensibles tranche avec la composition dominée par les espèces un peu moins sensibles (1)-2 à Chassoure, qui marquent à cet endroit une charge organique un peu plus élevée qu'en aval. Puis dès les Peutys (FAR 03.9), bien que le diagnostic montre aussi une légère β -mésosaprobie, on voit que les proportions de diatomées plus résistantes sont plus élevées, ce qui indique une légère augmentation de la charge saprobique.

Graphique 13 :
 Compositions des communautés de diatomées par groupes de résistance envers les matières oxydables d'amont en aval de la Fare lors des deux campagnes de prélèvements. Chiffres romains : classes de qualités saprobiques selon la notation de LIEBMANN 1958.



Tout en aval, la charge saprobique semble à peine baisser à nouveau parallèlement à la légère diminution du niveau trophique, variation qui ne se marque pas sur les valeurs de l'indice DI-CH. En octobre, les variations d'amont en aval sont comparables mais avec des charges saprobiques moyennes qui semblent un peu plus élevées (bien que numériquement les qualités saprobiques correspondent en amont également aux classes I-II ou (I)-II). Par contre aux deux stations aval, les charges saprobiques sont de pleine β-mésosaprobie (classe II), indiquées par des proportions plus élevées de diatomées plus résistantes. Cette

augmentation des charges est aussi enregistrée par la variation du DI-CH et celle de l'indice trophique.

Conclusion sur la qualité biologique des eaux indiquée par les diatomées

Les eaux de la Fare sont de très bonne à bonne qualité (voire excellente aux Pontets FAR 06.7) selon l'indice DI-CH, mais légèrement eutrophes et β -mésosaprobies en aval. Les charges trophique et saprobique sont légèrement plus élevées en octobre qu'en mars. Cependant la qualité des eaux correspond aux objectifs écologiques légaux (OEAUX). Comme d'habitude le diagnostic obtenu à partir du DI-CH semble un peu optimiste par rapport aux indications fournies par l'indice trophique et l'estimation des niveaux saprobiques.

4.4. Algues macroscopiques

Au cours des prélèvements, des algues macroscopiques ont été observées, leurs densités estimées et récoltées pour identification au microscope. Leurs occurrences sont rassemblées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Occurrences d'algues macroscopiques dans les stations de la Fare
• vues qu'au microscope, + présentes, ++ abondantes, +++ très abondantes

	<i>Phormidium</i> spp.	<i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Chrysonobula holmesii</i>	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	<i>Bangia atropurpurea</i>	<i>Auburnella hermannii</i>
23 mars 2022							
Chassoure FAR07.5		+++	+++				
Les Pontets FAR06.7		++					
Les Peutys FAR03.9				+++		+++	
Amont Riddes FAR01.4	+			+++		+++	
Aval Riddes FAR00.1	•	+		+++		+++	
18 octobre 2022							
Chassoure FAR07.5	+++				++		
Les Pontets FAR06.7	+++				++		•
Les Peutys FAR03.9				++		++	•
Amont Riddes FAR01.4				+++		+++	•
Aval Riddes FAR00.1				+++		+++	+

En mars en amont, la rivière est colonisée par les deux espèces d'algues jaune-doré *Hydrurus foetidus* et *Chrysonobula holmesii* (Chrysophycées), algues électives d'eaux froides très légèrement marquées par les déjections du bétail. Dès les Peutys et plus en aval, l'algue verte *Cladophora glomerata* (Chlorophycée) et l'algue rouge *Bangia atropurpurea* (Rhodophycée) dominant largement le peuplement. Ces deux espèces indiquent une certaine augmentation du niveau trophique de l'eau, augmentation plus marquée que l'indication trophique fournie par les diatomées. Parallèlement on voit apparaître l'algue bleue *Phormidium* sp. (Cyanophycée) qui en principe forme le soubassement stable du périphyton sur les galets. Cette présence modeste, indique qu'en hiver le périphyton est instable.

En octobre, suite à la période estivale, les Chrysophycées ont disparu. En amont, *Phormidium sp.* s'est bien développé en parallèle de la colonisation par l'algue verte *Ulothrix zonata*, typique d'eaux oligotrophes et oligo à β -mésosaprobies. Cette indication correspond à celle fournie par les diatomées.

Plus en aval comme en mars, les espèces *Cladophora glomerata* et *Bangia atropurpurea* liées à une certaine eutrophisation sont aussi très présentes. Cette indication correspond à celle obtenue avec les diatomées. Les quelques touffes peu visibles de l'autre algue rouge *Audouinella hermanii* indiquent tout de même que les eaux sont de bonne qualité. Ce qui est étrange, c'est l'absence de l'algue bleue *Phormidium sp.* sur ce tronçon aval en fin d'été. Il est possible qu'au cours du prélèvement seules les grosses touffes de macroalgues aient été récoltées, sans prendre leur base en général colonisée par les algues bleues.

4.5. Bibliographie partielle (voir bibliographie complète en fin de rapport)

- 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.
- Hofmann, G., Werum, M. & Lange-Bertalot, H. 2011. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp.
- 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>)
- Hürlimann, J. & Straub, F. 2020. *Gebietsfremde Algen in der Schweiz. Grundlagen und Situationanalyse*. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Ittigen, 58 p.
- 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.
- Straub, F., Derleth-Sartori, P. & Lods-Crozet, B. - 2014. Les diatomées (algues silicatées), indicatrices de la qualité des cours d'eau vaudois : synthèse 2005 à 2013. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 94(1): 73-106.

4.6. Fichier annexé

- [1] **Tableau Excel des résultats bruts détaillés des analyses des communautés de diatomées prélevées dans la Fare en mars et en octobre 2022.**

ANNEXE 5 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU MACROZOOBENTHOS
EFFECTUÉE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA FARE EN 2022 ;**

RÉSULTATS DÉTAILLÉS, VOIR BD-HYDROBIO

5. MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DE LA FARE

Les résultats des analyses biologiques sont implémentés dans la base de données du canton « BD-hydrobio ».

La qualité des stations d'après les notes IBCH_2010 et les indices diatomiques est représentée à la Figure 4 du rapport principal.

5.1. Substrats

La diversité des substrats rencontrés sur les stations de la Fare est bonne (7 substrats ou plus). Sur les 10 types de substrats théoriques, les stations en possèdent 7 à 9 (Tableau 1), majoritairement minéraux. Bien que souvent faibles ou peu abondants, les substrats organiques sont représentés par des litières ou racines, plus rarement des bryophytes, sur chaque station, à l'exception de la station FAR 06.7 (Les Pontets) qui présente en mars légèrement plus de bryophytes que de litières.

Tableau 1 : Diversité et qualité des substrats aux différentes stations de la Fare. Les atteintes d'origine artificielles ou inconnues sont indiquées en gras.

Stations	Nombre de substrats		Substrat dominant	Remarques
	Mars	Oct.		
FAR 07.5	9	9	Pierres - galets	beaucoup d'hydrurus (algues brunes) en mars léger ensablement
FAR 06.7	9	9	Pierres - galets	beaucoup d'hydrurus en mars (moins que station amont) léger ensablement présence légère de boues en mars et moyen en octobre présence moyenne de taches de sulfure de fer en octobre macrodéchets isolés (piquets de déneigement, tuyaux)
FAR 03.9	8	9	Pierres - galets	ensablement des fonds, important en automne colmatage en automne causé par ensablement
FAR 01.4	7	8	Pierres - galets	macrodéchets isolés (plastiques, tissus) beaucoup de plantes envahissantes sur les rives (<i>Buddleja davidii</i> et <i>Reynoutria japonica</i>)
FAR 00.1	7	7	Pierres - galets, sables	macrodéchets isolés en octobre (plastiques) beaucoup de plantes envahissantes en automne (<i>Reynoutria japonica</i>)

Cinq principaux types d'atteintes d'origine anthropique ont été relevés :

- Un ensablement a été observé sur les 3 stations amont (FAR 07.5, FAR 06.7 et FAR 03.9) en mars et en octobre, probablement lié aux apports de MES (fonte glaciaire en mars et/ou crues estivales) ;
- La présence de boues est constatée sur la station FAR 06.7, en faible quantité en mars et quantité moyenne en automne, certainement liée au faible débit combiné au

substrat constitué de sédiment limoneux ; toutefois, l'augmentation observée en automne peut également être influencée par le pâturages en amont ;

- Des taches de sulfure de fer ont été relevées en automne sur la station FAR 06.7 ; elles sont liées à des conditions anthropiques, dues à un débit très faible (écoulement quasiment stagnant), conditions qui ne permettent pas une bonne décomposition de la matière organique ;
- Un colmatage des substrats a été constaté sur la station FAR 03.9 en automne, lié à l'ensablement des substrats ; il est certainement renforcé par l'endiguement du lit ;
- Des macrodéchets (plastiques) ont été vus lors des 2 périodes de campagne dans 3 stations : FAR 06.7, FAR 01.4 et FAR 00.1.

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, sauf 11 taxons : 2 éphéméroptères (Baetidae et Heptageniidae), 2 plécoptères (Leuctridae et Nemouridae), 1 trichoptère (Rhyacophilidae), 3 diptères (Limoniidae, Psychodidae et Chironomidae), les hydracariens et les oligochètes.

Les répartitions et les abondances sont liées aux variations spatiales ou saisonnières (cf. liste faunistique détaillée dans le Tableau 2).

La Figure 1 présente l'abondance des différents taxons trouvés dans la Fare (toutes stations et campagnes confondues) ; la Figure 2 visualise le nombre de prélèvements IBCH dans lesquelles les taxons ont été observés (toutes stations et campagnes confondues).

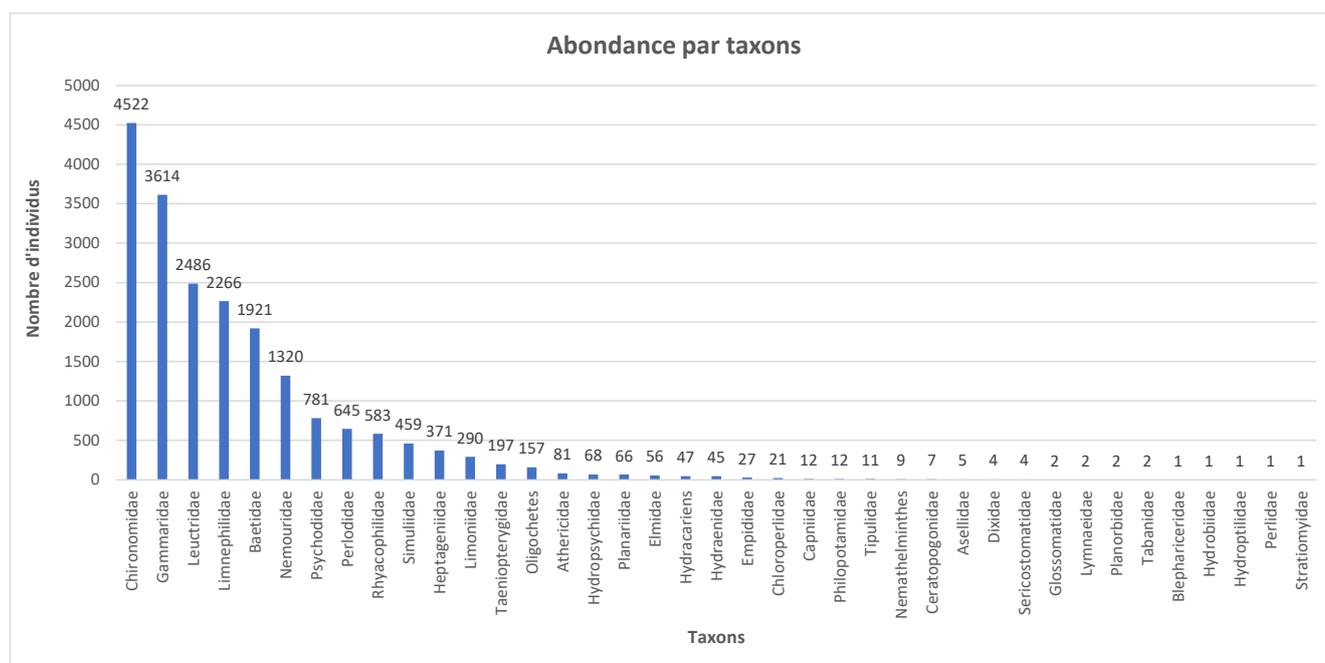


Figure 1 : Nombre total d'individus recensés par taxon dans les stations étudiées de la Fare en mars et en octobre 2022, du plus abondant au moins abondant.

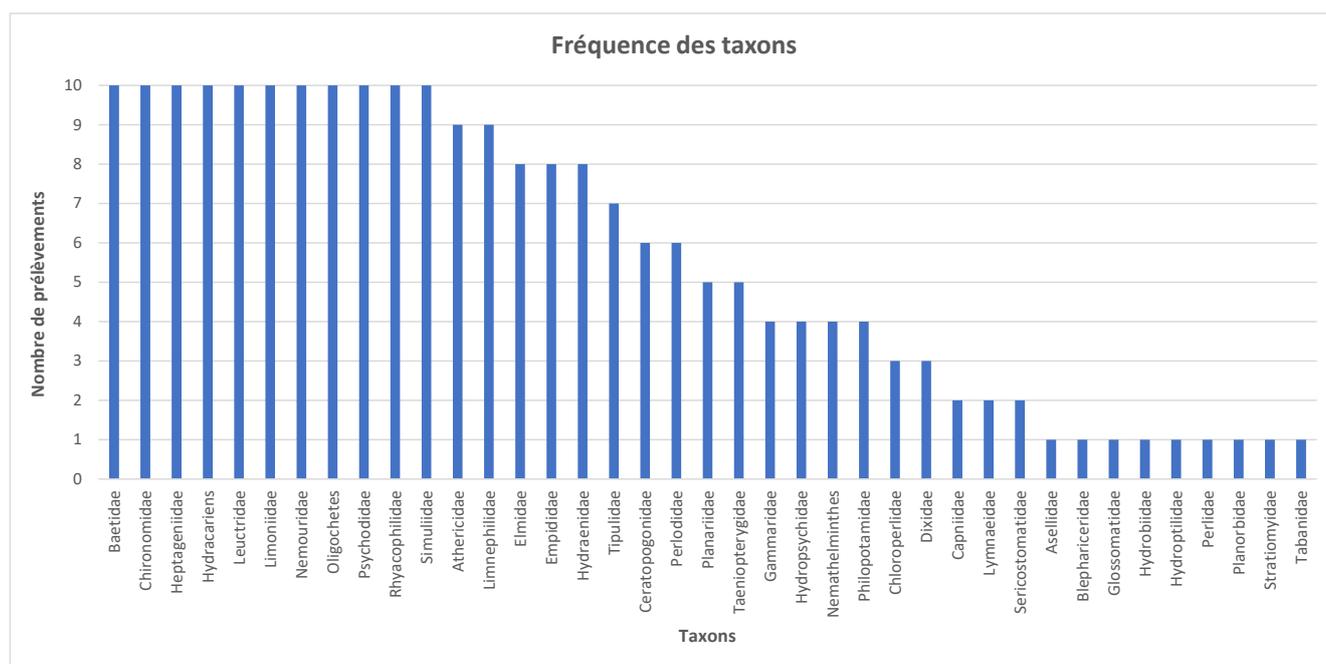


Figure 2 : Nombre de prélèvements IBCH dans la Fare dans lesquels chaque taxon a été rencontré en mars et/ou en octobre 2022.

7 des 10 taxons les plus abondants (> 450 individus par taxon ; Figure 1) sont présents dans tous les prélèvements. Les 10 taxons sont quant à eux trouvés dans au moins 4 prélèvements sur 10 (Figure 2), toute campagne confondue. Bien qu'il s'agisse principalement de groupes ubiquistes s'adaptant facilement aux variations des paramètres biotiques et abiotiques du milieu, certains groupes (5 sur 10) sont un peu plus exigeants (Leuctridae, Nemouridae et Rhyacophilidae), voire très exigeant (Perlodidae). Ces taxons ont été recensés dans la plupart des rivières valaisannes étudiées jusqu'à présent.

Les 3 taxons appartenant au groupe indicateur le plus élevé (GI 9) ont été observés dans au moins 3 stations. Les plus fréquemment récoltés sont les Perlodidae (6 prélèvements sur 16, avec 152 individus au total) et les Perlidae (6 prélèvements ; 40 individus), viennent ensuite les Chloroperlidae (3 prélèvements ; 19 individus).

Certains taxons, moins fréquents dans les prélèvements IBCH des rivières en Valais, ont été recensés dans la Fare : citons les familles de trichoptères Hydroptilidae, Philopotamidae et Sericostomatidae, et les familles de diptères Blephariceridae et Stratiomyidae.

5.2.2. Variations spatiales

Certains taxons sont présents seulement en amont de la Fare (3 stations amont) : il s'agit des Capniidae, Chloroperlidae, Perlodidae et Planariidae. A contrario, les Gammaridae, et les Hydropsychidae ne se retrouvent qu'en aval (2 stations aval).

On observe une augmentation de l'abondance de certains taxons d'amont en aval : il s'agit des Baetidae et Simuliidae. A l'inverse, les Perlodidae, les Limnephilidae, les Heptageniidae et, dans une moindre mesure, les Nemouridae, montrent une diminution de leur abondance d'amont en aval, alors que les Psychodidae ont tendance à coloniser principalement le secteur intermédiaire.

Les autres taxons ne montrent pas de variation spatiale claire, et sont probablement surtout influencés par les conditions locales des stations. Notons que 9 taxons n'ont été observés seulement dans une seule station : les Perlidae, les Hydroptilidae, les Glossosomatidae, les Blephariceridae, les Stratiomyidae, les Tabanidae, les Planorbidae, les Hydrobiidae et les Asellidae.

5.2.3. Variations temporelles

Aucun taxon représenté dans la plupart des stations n'a été récolté qu'en mars ou qu'en octobre, à l'exception des Dixidae observés seulement en octobre pour les 3 stations aval.

Plusieurs taxons ont tendance à être plus abondants en mars : citons les Nemouridae, Limoniidae, Chironomidae et Psychodidae. A l'inverse, certains taxons tendent à être plus abondants en octobre, en particulier les Heptageniidae et les Oligochètes. Pour les autres taxons, il semble que les conditions locales ou hydrologiques soient plus importantes que les facteurs saisonniers pour expliquer leur abondance.

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

5.3.1. Abondance totale

Le nombre total d'individus par station (Figure 3 et Tableau 2) varie entre 550 individus (FAR 03.9 en octobre) et 2'982 individus (FAR 06.7 en octobre). En mars, l'abondance augmente d'amont en aval jusqu'à FAR 03.9 puis baisse sur les 2 dernières stations avec un nombre d'individus quasi identique (env. 1'800 ind.). En automne, cette augmentation d'amont en aval est observée sur les 2 stations amont (FAR 07.5 et FAR 06.7), puis à partir de FAR 03.9 (station avec une forte chute et une très faible abondance) jusqu'à l'aval.

L'abondance moyenne sur l'ensemble des stations est de 2'010 individus. Elle est bien supérieure à l'abondance moyenne des affluents du Rhône (1'200 individus toutes campagnes confondues selon BERNARD et al, 1994).

Sur l'ensemble des stations, l'abondance moyenne de la faune benthique est plus élevée en mars (2'210 individus) qu'en octobre (1'810 individus). Toutefois en chiffre absolu, FAR 06.7 présentait une abondance un peu plus élevée en octobre avec 287 individus en plus.

Figure 3 :
Abondance de la faune benthique dans chaque station de la Fare en mars et octobre 2022.

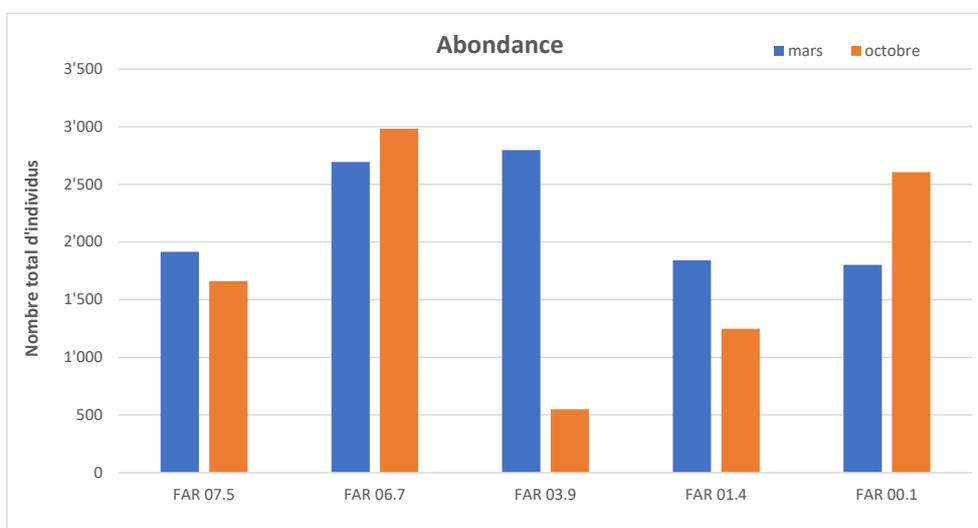


Tableau 2 : Faune benthique recensée dans la Fare en mars et en octobre 2022.

Station	FAR 07.5		FAR 06.7		FAR 03.9		FAR 01.4		FAR 00.1	
	22.03.2022	18.10.2022	22.03.2022	18.10.2022	22.03.2022	18.10.2022	23.03.2023	18.10.2022	23.03.2022	18.10.2023
PLECOPTERES										
Capniidae	10	2								
Chloroperlidae	8	6	7							
Leuctridae	230	85	450	700	600	22	200	63	44	92
Nemouridae	130	350	70	62	320	65	250	7	54	12
Perlidae								1		
Perlodidae	250	130	120	140	2	3				
Taeniopterygidae	50	60			47	26	14			
TRICHOPTERES										
Glossomatidae					2					
Hydropsychidae							9	55	1	3
Hydroptilidae								1		
Limnephilidae	350	450	700	450	230	55	1	28	2	
Philopotamidae		2			1			8		1
Rhyacophilidae	10	6	3	16	120	60	120	130	70	48
Sericostomatidae						2		2		
EPHEMEROPTERES										
Baetidae	47	170	24	170	220	90	650	60	430	60
Heptageniidae	60	110	30	90	5	22	8	6	2	38
COLEOPTERES										
Elmidae		3	3	17	3	8		1	7	14
Hydraenidae			4	6	10	15	1	3	4	2
DIPTERES										
Athericidae		3	11	1	12	10	6	21	8	9
Blephariceridae					1					
Ceratopogonidae	1	1		2	1	1			1	
Chironomidae	700	100	1100	1200	620	29	300	210	210	53
Dixidae						1		1		2
Empididae	1	3		6	10	2	2		1	2
Limoniidae	15	13	21	12	100	12	42	10	63	2
Psychodidae	47	60	130	31	380	90	9	1	32	1
Simuliidae	2	70	10	1	100	18	200	4	26	28
Stratiomyidae						1				
Tabanidae								2		
Tipulidae		1	1	1	5			1	1	1
AMPHIPODES										
Gammaridae							14	600	800	2200
ISOPODES										
Asellidae									5	
GASTEROPODES										
Hydrobiidae								1		
Lymnaeidae						1		1		
Planorbidae					2					
TRICLADES										
Planariidae		2	1	60	1	2				
AUTRES TAXONS										

Station	FAR 07.5		FAR 06.7		FAR 03.9		FAR 01.4		FAR 00.1	
	22.03.2022	18.10.2022	22.03.2022	18.10.2022	22.03.2022	18.10.2022	23.03.2023	18.10.2022	23.03.2022	18.10.2023
Oligochaeta	1	32	1	9	3	6	3	28	40	34
Nemathelminthes	1					4	2			2
Hydracharina	3	3	9	8	3	5	10	2	1	3
Nb total d'individus	1916	1662	2695	2982	2798	550	1841	1247	1802	2607
Groupe Indicateur - GI IBCH_2019	9	9	9	9	7	9	7	8	6	6
Taxon Indicateur IBCH_2019	Chloroperlidae	Chloroperlidae	Chloroperlidae	Perlodidae	Taeniopterygidae	Perlodidae	Taeniopterygidae	Philopotamidae	Leuctridae	Leuctridae
Diversité	19	23	19	20	25	25	19	26	21	21
Note IBCH_2010	14	15	14	14	16	16	14	15	13	13
Note IBCH_2019	0.75	0.86	0.75	0.8	0.85	0.91	0.69	0.9	0.69	0.69
Qualité selon norme IBCH_2010	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne
Qualité selon norme IBCH_2019	bonne	très bonne	bonne	très bonne	très bonne	très bonne	bonne	très bonne	bonne	bonne

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 naturelles¹ (Agence de 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 (dans 8 à 10 prélèvements sur 10) : Leuctridae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Limoniidae, Chironomidae ;
- D'autres sont abondants à très abondants principalement dans les stations amont : Chloroperlidae, Perlodidae, Limnephilidae et dans une moindre mesure Heptageniidae ;
- A l'inverse, certains sont abondants à très abondants principalement dans les stations aval : Gammaridae et Simuliidae.

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.

Tableau 3 : Taxons les plus abondants dans la Fare en mars et octobre 2022 selon les critères de fréquences (classes d'abondance 3 et 4) proposés par l'Agence de l'Eau (2000). Les taxons non concernés par les classes 3 et 4 ne sont pas indiqués.

Station	FAR 07.5		FAR 06.7		FAR 03.9		FAR 01.4		FAR 00.1		
	Date	22.03.2022	18.10.2022	22.03.2022	18.10.2022	22.03.2022	18.10.2022	23.03.2023	18.10.2022	23.03.2022	18.10.2023
PLECOPTERES											
Chloroperlidae		+	+								
Leuctridae		++	++	++	++	++	+	++	+	+	++
Nemouridae		++	++	++	+	++	++	++		+	
Perlodidae		++	++	++	++						
Taeniopterygidae		+	+			+	+				
TRICHOPTERES											
Hydropsychidae									+		
Limnephilidae		+	+	++	+	+					
Philopotamidae									+		
Rhyacophilidae		++	+		++	++	++	++	++	++	++
EPHEMEROPTERES											
Baetidae			+		+	+	+	++		+	
Heptageniidae		+	++	+	++		+				+
DIPTERES											
Chironomidae		++	+	++	++	++		+	+	+	
Limoniidae		++	++	++	++	++	++	++	++	++	
Psychodidae		+	+	++	+	++	++			+	
Simuliidae			++			++	+	++		+	+
AMPHIPODES											
Gammaridae									++	++	++
TRICLADES											
Planariidae					+						

+ abondance élevée ; ++ abondance très élevée ;

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

Epidiidae, Athericidae, Stratiomyidae et Tabanidae non mentionnés dans le tableau 4 de la méthode IBGN, non indiqués

5.3.3. Diversité taxonomique (nombre de taxons)

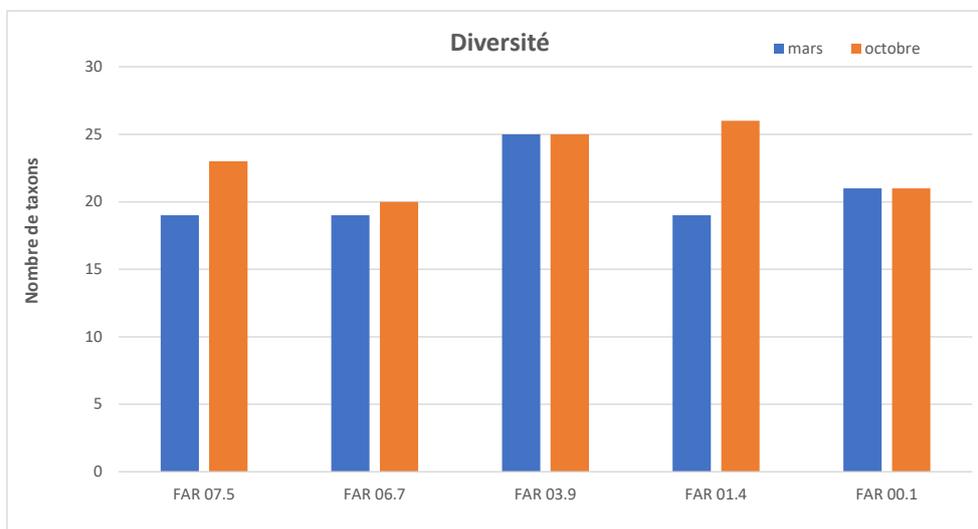
La diversité taxonomique (niveau famille) des stations (Tableau 2 et Figure 4) varie entre 19 (FAR 07.5, FAR 06.7 et FAR 01.4 en mars) et 26 (FAR 01.4 en octobre). La diversité moyenne globale est de 22 taxons sur les 2 campagnes. La diversité moyenne est plus élevée en octobre (23) qu'en mars (20.6).

En mars, aucune tendance n'est observée au niveau de la diversité ; elle est quasi similaire sur les stations (19 à 21) à l'exception de la FAR 03.9 avec une diversité de 25. En octobre, la diversité tend de manière générale à augmenter d'amont en aval jusqu'à FAR 01.4.

Un total de 39 taxons a été recensé dans la Fare lors des 2 campagnes. Pour comparaison, le nombre total de taxons recensés lors des études précédentes (pour les 2 campagnes) est le suivant : 44 pour la Rèche et le canal de la Rèche (2021), 32 pour la Morge et la Nétage (2020), 36 pour la Drance de Bagne et la Drance (3 campagnes entre 2018-2019), 36 pour le Rhône secteur entre St-Maurice et le Léman (2017), 31 pour la Dala (2016), 34 pour la

Printse (2015-2016), 28 pour la Turtmäna (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 Drance de Ferret (2005-2006) et 27 pour le Trient (2003-2004), correspondant à une moyenne de 33.1 taxons. Le linéaire étudié de la Fare se situe donc au-dessus de la moyenne trouvées sur les bassins versants valaisans en termes de diversité taxonomique (niveau famille).

Figure 4 :
Diversité de la faune benthique à chaque station dans la Fare en mars et octobre 2022



Groupe indicateur (GI)

Le groupe indicateur maximal (Tableau 2, Figure 5 et Figure 6) de 9² (Chloroperlidae, Perlidae et Perlodidae) est présent dans 5 échantillons (sur 10), sur les stations amont de la Fare : FAR 07.5, FAR 06.7 et FAR 03.9. A noter que pour les stations FAR 03.9 en mars et FAR 01.4 en mars, des individus du GI 9 ont été recensés (respectivement 2 Perlodidae et 1 Perlidae), mais en nombre insuffisant pour être retenus en tant que GI (Tableau 2).

Le GI a été modifié avec la mise à jour de la méthode Macrozoobenthos (IBCH_2010 à IBCH_2019) pour les 6 taxons suivants : Taeniopterygidae (9 à 7), Odontoceridae (8 à 7), Leuctridae (7 à 6), Leptophlebiidae (7 à 6), Nemouridae (6 à 5), Beraeidae (7 à 8).

Notes IBCH_2010

La mise à jour de la méthode d'analyse IBCH_2010 en IBCH_2019 a modifié la note en une échelle métrique de 0 à 1 (1 correspondant à 100% de l'objectif atteint). Afin de comparer les deux notes, le Tableau 2 présente celles données par l'IBCH_2010 (de 0 à 20) et par l'IBCH_2019 (de 0 à 1).

Selon l'IBCH_2010, tous les résultats indiquent une bonne qualité.

Les notes IBCH_2010 (Tableau 2 et Figure 5) varient entre 13 (FAR 00.1 en mars et octobre) et 16 (FAR 03.9 en mars et en octobre). La moyenne de toutes les notes obtenues IBCH_2010 est de 14.4. Cette moyenne est de 14.2 en mars et de 14.6 en octobre, ce qui reflète une qualité biologique quasiment similaire. Pour 3 stations (FAR 06.7, FAR 03.9 et FAR 00.1), la note IBCH_2010 est identique entre mars et octobre. L'écart maximal de notation est de 1 point sur FAR 07.5 et FAR 01.4 (avec, pour les 2 stations, 14 en mars et 15 en octobre).

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

Pour comparaison, la moyenne des notes IBCH_2010 obtenues sur les études précédentes (moyenne des 2 campagnes) est la suivante : 13.5 pour la Rèche et le canal de la Rèche (2021), 11.2 pour la Morge et la Nétage (2020), 12.5 pour la Drance de Bagne et la Drance (2018-2019), 13.1 pour le Rhône (secteur entre St-Maurice et le Léman, 2017), 11.2 pour la Dala (2016), 14.1 pour la Printse (2015-2016), 14.3 pour la Turtmäna (2014-2015), 12.1 pour la Lienne (2014), 13.7 pour la Vièze (2012-2013), 12.4 pour la Borgne (2011), 12.9 pour la Navisence (2009-2010), 14.0 pour la Sionne (2006-2007), 12.0 dans la Drance de Ferret (2005-2006) et 11.9 pour le Trient (2003-2004), correspondant à une moyenne de 12.8. Ainsi, la moyenne des notes IBCH_2010 sur le linéaire de la Fare est donc légèrement supérieure à celle de l'ensemble des études précédentes.

Relevons qu'une note de 16/20 pour l'IBCH_2010 est rarement rencontrée en Valais, ce qui classe la Fare parmi les meilleures rivières du Valais du point de vue du macrozoobenthos.

Notes IBCH_2019 Selon l'IBCH_2019, les résultats se répartissent un peu différemment, avec en comptabilisant les 2 campagnes, la moitié des stations (5/10) en bonne qualité et l'autre moitié en très bonne qualité. Les échantillons prélevés en mars atteignent majoritairement une bonne qualité (4/5), excepté FAR 03.9 (très bonne qualité). Ceux effectués en octobre se classent généralement en très bonne qualité (4/5), sauf la station tout en aval FAR 00.1 (bonne qualité).

Les notes IBCH_2019 (Tableau 2 et Figure 6) varient entre 0.69 (bonne qualité, FAR 01.4 en mars et FAR 00.1 en mars et en octobre) et 0.91 (très bonne qualité, FAR 03.9 en octobre). La moyenne de toutes les notes obtenues IBCH_2019 est de 0.79. La moyenne en mars est de 0.75 et en octobre de 0.83, soit très similaire, mais légèrement meilleure à l'automne. En effet, hormis la station FAR 00.1 (note identique en mars et en octobre), les résultats indiquent une amélioration en octobre (de 0.05 à 0.21).

Cette amélioration de la note IBCH_2019 est essentiellement due à l'augmentation de la diversité, sachant que la plupart des taxons supplémentaires ne sont toutefois représentés que par 1 seul individu.

Comparaison des notes IBCH_2010 et IBCH_2019 Mis à part les classes de qualité qui divergent (IBCH_2010 classe les stations en bonne qualité, alors que l'IBCH_2019 indique que plusieurs sont en très bonne qualité), les tendances se traduisent de la même manière sur l'ensemble des stations :

- Les 2 stations amont de la Fare présentent toutes les deux une bonne qualité en mars et une très bonne qualité en octobre avec un GI maximal ;
- Les deux stations intermédiaires FAR 03.9 et FAR 01.4 (à l'exception de FAR 01.4 en mars) possèdent les diversités les plus élevées (25 à 26 taxons) et les meilleures notes IBCH (15 à 16 pour IBCH_2010 et 0.85 à 0.91 pour IBCH_2019) ; toujours à l'exception de FAR 01.4 en mars, des individus du groupe GI 9 ont été observés dans les 2 stations ;
- La station tout en aval FAR 00.1 montre une qualité quasi similaire en mars et en octobre pour le GI, la diversité et les notes (seule l'abondance diverge), et possède la moins bonne note, que ce soit avec l'IBCH_2010 ou l'IBCH_2019 ; elle se maintient toutefois en bonne qualité.

La comparaison des classes de qualité obtenues avec IBCH_2010 et IBCH_2019 montre que les résultats IBCH_2019 reflètent mieux les classes effectives des stations. Alors que dans quelques cas (études précédentes) la méthode 2019 semblait surestimer la qualité de certaines stations, elle apparaît correcte et robuste pour la Fare. Les notes et la qualité donnée par l'IBCH_2019 peuvent donc être retenues dans le cas présent.

Figure 5 :
Notes IBCH_2010
(histogrammes)
et GI IBCH_2019
(symboles)
obtenus pour
chaque station
dans la Fare en
mars et octobre
2022

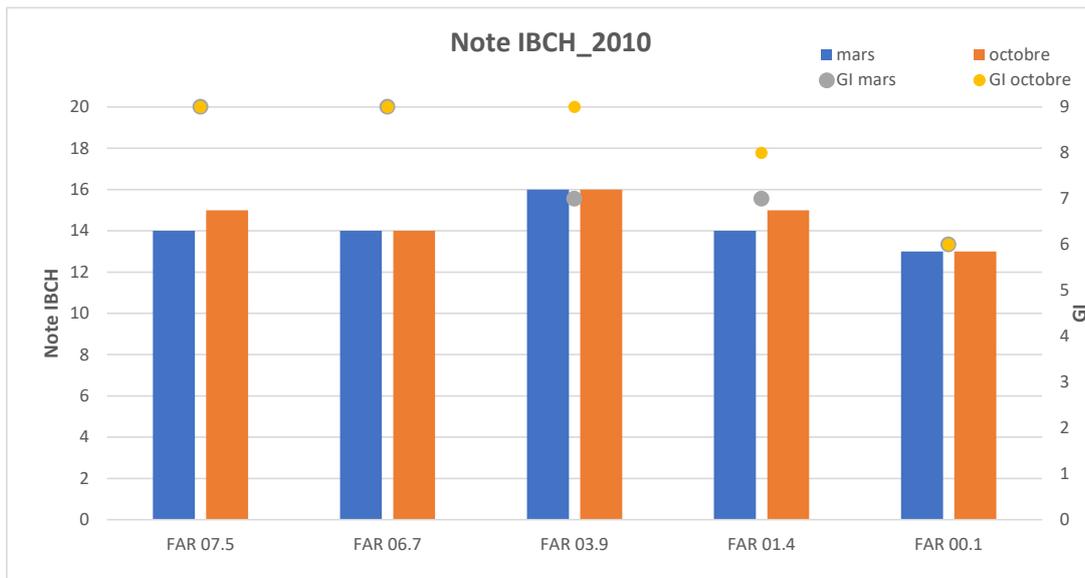
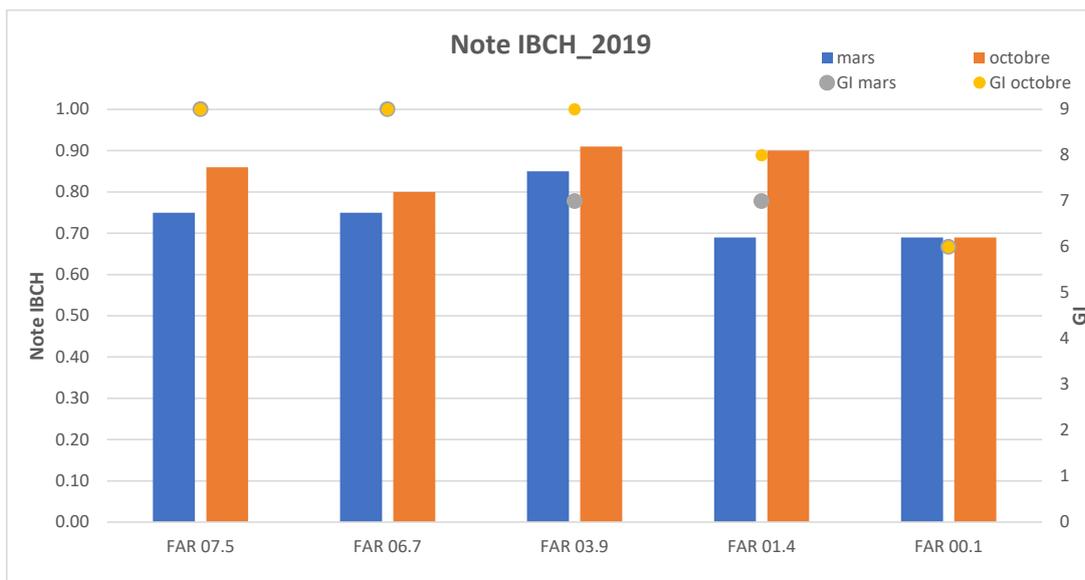


Figure 6 :
Notes IBCH_2019
(histogrammes)
et GI IBCH_2019
(symboles)
obtenus pour
chaque station
dans la Fare en
mars et octobre
2022



ANNEXE 6 :

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR STATION

1. SYNTHÈSE PAR STATION

FAR 07.5 – Chassoure (1'840 m)		2'586'004 / 1'107'660	Mars 2022	Oct. 2022
DONNÉES STATION	Généralités et influence	Captages à la source (dans Lac des Vaux) 2 km en amont : centrale hydroélectrique et enneigement artificiel		
	Écomorphologie	Tronçon naturel. Faible hauteur d'eau avec toutefois de belles vasques. Un seuil artificiel localisé sous le pont.		
	Aspect général	Forte présence d'algues (<i>Hydrurus</i>) et peu de bryophytes / Peu d'algues et de bryophytes en octobre		
	Hydrologie	Débit diminué pas les captages en amont		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	8 substrat échantillonnés (fort développement d'algues) / 8 substrats échantillonnés		
	Qualité physico-chimique	Très bonne qualité / Très bonne qualité (Ptot et PO4 non analysés) (août : très bonne qualité)		
	Diatomées	Densité : moyenne / faible densité DI-CH : 1.53 très bonne qualité / 1.98 très bonne qualité Trophie : 1.50 mésotrophie / 1.60 mésotrophie – Saprobie : classe (I)-II faible β-mésosaprobie / classe (I)-II faible β-mésosaprobie Diversité taxonomique : faible (16 taxons) / bonne (51 taxons) Espèces pionnières : fortement dominantes 96.0% / 61.0% Liste rouge : 5 espèces forment 1.41% de la communauté / 17 espèces forment 3.41% de la communauté Tératologie : 0% / <i>Fragilaria pinnata</i> et <i>Achnanthydium jackii</i> forment 0.4% de la communauté Espèce invasive : <i>Achnanthydium delmontii</i> 0.2% / 0.4%		
	Algues macroscopiques	Forte présence d' <i>Hydrurus foetidus</i> et de <i>Chrysonobula holmesii</i> , légère mésotrophie / Forte présence de <i>Phormidium spp</i> et présence d' <i>Ulothrix zonata</i> , mésotrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 1'900 ind.) / assez élevée (env. 1'700 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (37%) et Limnephilidae (18%) / Limnephilidae (27%) et Nemouridae (21%) Diversité taxonomique : bonne (19 taxons) / très bonne (23 taxons) Taxon indicateur : GI maximal de 9 (Chloroperlidae) / GI maximal de 9 (Chloroperlidae)		
			0.75	0.86



FAR 07.5 – Chassoure (1'840 m)		2'586'004 / 1'107'660	Mars 2022	Oct. 2022
	<p>Note IBCH_2010 : 14 (bonne, verte) / 15 (bonne, verte) Note IBCH_2019 : 0.75 (bonne) / 0.86 (très bonne)</p>			
	<p>Familles EPT (nombre)</p>		10	11
	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Les objectifs légaux sont atteints La note IBCH_2019 est bonne à très bonne (bonne pour la note IBCH_2010) et aspect général ne montre aucune altération. Ces résultats indiquent un milieu en très bon état. La station ne présente aucun impact perceptible. Les résultats physico-chimiques et les diatomées ne révèlent aucune pollution de l'eau, avec une très bonne qualité malgré la présence d'alpage à proximité immédiate du cours d'eau.</p>			
MESURES	<p>Qualité des eaux</p>			
	<p>Autre</p>			

FAR 06.7 – Les Pontets (1'760 m)		2'585'602 / 1'108'620	Mars 2022	Oct. 2022
DONNÉES STATION	Généralités et influence	Deux captages pour l'eau potable proches du cours d'eau ; env. 110 m et 200 m en amont de la station.		
	Écomorphologie	Tronçon endigué entre des enrochements. Un seuil artificiel. Pente et hauteur d'eau faibles.		
	Aspect général	Faible présence de boues / Présence moyenne de boues et de taches de sulfure de fer (origine inconnue : probablement trop faible débit). Macrodéchets isolés.		
	Hydrologie	Débit diminué pas les captages en amont		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	8 substrat échantillonnés / 8 substrats échantillonnés (beaucoup d'algues)	■	■
	Qualité physico-chimique	Très bonne qualité / Très bonne qualité (Ptot et PO4 non analysés) (août : très bonne qualité)	■	■
	Diatomées	Densité : moyenne / moyenne DI-CH : 1.17 excellente qualité / 1.80 très bonne qualité Trophie : 1.58 mésotrophie / 1.59 mésotrophie – Saprobie : classe I-II oligo à β-mésosaprobie / classe I-II oligo à β-mésosaprobie Diversité taxonomique : bonne (25 taxons) / très bonne (39 taxons) Espèces pionnières : dominantes 82.9% / 42.5% Liste rouge : 6 espèces forment 0.8% de la communauté / 3 espèces forment 0.64% de la communauté Tératologie : 0% / <i>Fragilaria pinnata</i> et <i>Achnanthydium tirolense</i> forment 0.21% de la communauté Espèce invasive : <i>Achnanthydium delmontii</i> 1% / 0%	■	■
	Algues macroscopiques	Présence moyenne d' <i>Hydrurus foetidus</i> , mésotrophie / forte présence de <i>Phormidium</i> spp et présence d' <i>Ulothrix zonata</i> , mésotrophie		
	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 2'700 ind.) / assez élevée (env. 3'000 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (41%), Limnephilidae (26%) et Leuctridae (17%) / Chironomidae (40%), Leuctridae (23%) et Limnephilidae (15%) Diversité taxonomique : bonne (19 taxons) / bonne (20 taxons) Taxon indicateur : GI maximal de 9 (Chloroperlidae) / GI maximal de 9 (Perlodidae)	■	■
			0.75	0.8

FAR 06.7 – Les Pontets (1'760 m)		2'585'602 / 1'108'620	Mars 2022	Oct. 2022
	<p>Note IBCH_2010 : 14 (bonne, verte) / 14 (bonne, verte) Note IBCH_2019 : 0.75 (bonne) / 0.8 (très bonne)</p>			
	<p>Familles EPT (nombre)</p>		8	7
	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Les objectifs légaux sont atteints La note IBCH_2019 est bonne à très bonne (bonne pour la note IBCH_2010). L'aspect général (boues, sulfure de fer) indique une atteinte qui pourrait être liée à l'enrichissement temporaire du milieu probablement liée au débit estival très faible (écoulement très lentique sur le tronçon avec des eaux quasi stagnantes en automne). Les résultats physico-chimiques et l'étude des diatomées ne révèlent aucune pollution de l'eau (classée en bonne qualité).</p>			
MESURES	<p>Qualité des eaux</p>	<p>Surveillance du débit en aval des captages. Restitution des éventuels surplus d'eau au plus proche des prises.</p>		
	<p>Autre</p>			

FAR 03.9 – Les Peutys (1'060 m)		2'585'265 / 1'111'260	Mars 2022	Oct. 2022
DONNÉES STATION	Généralités et influence	En aval des 2 branches de la Fare. Prises d'eau env. 2.5 km en amont sur la Fare de Rosey (hydroélectricité) et 2.6 km en amont sur la Fare de Chassoure (irrigation).		
	Écomorphologie	Endiguement par des enrochements avec plusieurs seuils artificiels et naturels. Forte pente.		
	Aspect général	Fonds ensablés. Présence moyenne d'algues et peu de mousses (bryophytes). / Colmatage moyen avec fonds très ensablés. Faible présence d'algues et mousses (bryophytes).		
	Hydrologie	Tronçon à débit résiduel (partie restante du débit annuel naturel >80% en aval de la confluence selon l'atlas hydrogéologique, sachant que le captage sur le lac des Vaux n'est pas pris en compte).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	8 substrats échantillonnés / 8 substrats échantillonnés		
	Qualité physico-chimique	Bonne qualité / Très bonne qualité, bonne qualité pour COT (Ptot et PO4 non analysés) (août : très bonne qualité)		
	Diatomées	Densité : forte / forte DI-CH : 1.64 très bonne qualité / 1.46 excellente qualité Trophie : 1.65 mésotrophie / 1.71 mésotrophie – Saprobie : classe (I)-II faible β-mésosaprobie / classe (I)-II faible β-mésosaprobie Diversité taxonomique : bonne (28 taxons) / bonne (28 taxons) Espèces pionnières : 59.1% / dominantes 84% Liste rouge : 1 espèce forme 0.3% de la communauté / 5 espèces forment 0.41% de la communauté Tératologie : 0% / <i>Achnanthydium minutissimum</i> , <i>Achnanthydium lineare</i> et <i>Diatoma moniliformis</i> forment 1.2% de la communauté Espèce invasive : <i>Achnanthydium delmonti</i> 0% / 0.6%	 	 
	Algues macroscopiques	Forte présence de <i>Cladophora glomerata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> , eutrophisation / Légère présence de <i>Cladophora glomerata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> , légère eutrophisation		

FAR 03.9 – Les Peutys (1'060 m)		2'585'265 / 1'111'260	Mars 2022	Oct. 2022
MESURES	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 2'800 ind.) / modérée (env. 550 ind.) Peuplement dominé par : Chironomidae (22%) et Leuctridae (21%) / Baetidae (16%) et Psychodidae (16%) Diversité taxonomique : très bonne (25 taxons) / très bonne (25 taxons) Taxon indicateur : GI 7 très bon (Taeniopterygidae) / GI 9 maximal (Perlodidae) Note IBCH_2010 : 16 (bonne, verte) / 16 (bonne, verte) Note IBCH_2019 : 0.85 (très bonne) / 0.91 (très bonne)		
			0.85	0.91
	Familles EPT (nombre)		10	9
	Objectifs légaux et qualité globale	Les objectifs légaux sont atteints Les notes IBCH_2019 très bonnes (bonnes pour les notes IBCH_2010) ainsi que l'absence d'atteinte au niveau de l'aspect général, indiquent un milieu en bon état. L'abondance de la macrofaune benthique baisse de 80% entre mars et octobre mais la diversité est identique et le GI augmente (passant de 7 avec les Taeniopterygidae à 9 avec les Perlodidae ; notons la présence de Perlodidae en mars qui n'a pas été retenu en GI à cause du nombre d'individus trop faible). La station présente toutefois un léger déficit lié à un ensablement du fond du lit plus prononcé et induisant un colmatage moyen en automne. Les résultats physico-chimiques et l'étude des diatomées ne révèlent aucune pollution de l'eau et indiquent, au contraire, une très bonne qualité. Fait exception le carbone organique total (COT) en automne.		
Qualité des eaux	-			
	Autre			

FAR 01.4 – Amont Riddes (570 m)		2°584'000 / 1°12'825	Mars 2022	Oct. 2022
DONNÉES STATION	Généralités et influence	Rejet STEP Isérables env. 1 km en amont Présence de plantes envahissantes (<i>Buddleja davidii</i> et <i>Reynoutria japonica</i>)		
	Écomorphologie	Rivière naturelle dans des gorges. Très forte pente, nombreux seuils naturels. Lit s'écoulant dans une zone de dépôt de matériaux à caractère alluvial.		
	Aspect général	Quelques macrodéchets isolés (plastiques). Présence moyenne d'algues / Quelques macrodéchets isolés (tissus). Présence moyenne d'algues		
	Hydrologie	Tronçon à débit résiduel (partie restante du débit annuel naturel >80% selon l'atlas hydrogéologique, sachant que le captage sur le lac des Vaux n'est pas pris en compte).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	7 substrats échantillonnés (absence de vases et bryophytes, peu de matières organiques) / 7 substrats échantillonnés (absence de bryophytes, peu de matières organiques)		
	Qualité physico-chimique	Très bonne qualité / Très bonne qualité (Ptot et PO4 non analysés) (août : très bonne qualité, bonne qualité pour le NH4, baisse sans doute liée à l'influence du rejet de la STEP d'Isérables)		
	Diatomées	Densité : forte / forte DI-CH : 1.69 très bonne qualité / 2.66 très bonne qualité Trophie : 1.74 mésotrophie / 2.18 eutrophie – Saprobie : classe (I)-II faible β-mésosaprobie / classe II β-mésosaprobie Diversité taxonomique : bonne (25 taxons) / bonne (30 taxons) Espèces pionnières : dominantes 71.4% / 37.4% Liste rouge : 3 espèces forment 0.6% de la communauté / 3 espèces forment 2.8% de la communauté Tératologie : 0% / <i>Diatoma moniliformis</i> , <i>Diatoma vulgare</i> et <i>Fragilaria ulna</i> forment 1.2 % de la communauté Espèce invasive : <i>Achnanthydium delmonti</i> 0% / 0.6%		
	Algues macroscopiques	Forte présence de <i>Cladophora glomerata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> , eutrophisation / Forte présence de <i>Cladophora glomerata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> , légère eutrophisation		

FAR 01.4 – Amont Riddes (570 m)		2°584'000 / 1°12'825	Mars 2022	Oct. 2022
MESURES	Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 1'800 ind.) / bien représentée (env. 1'200 ind.) Peuplement dominé par : Baetidae (35%) et Chironomidae (16%) / Gammaridae (48%) et Chironomidae (17%) Diversité taxonomique : bonne (19 taxons) / très bonne (26 taxons) Taxon indicateur : GI 7 très bon (Taeniopterygidae) / GI 8 très bon (Philopotamidae) Note IBCH_2010 : 14 (bonne, verte) / 15 (bonne, verte) Note IBCH_2019 : 0.69 (bonne) / 0.90 (très bonne)	 0.69	 0.90
	Familles EPT (nombre)		8	11
	Objectifs légaux et qualité globale	Les objectifs légaux sont atteints La note IBCH_2019 est bonne en mars et très bonne en automne (bonne pour la note IBCH_2010). L'absence de déficit relevé par l'aspect général indique un milieu en bon état. La station ne présente aucun impact perceptible à l'exception de la présence de macrodéchets. Les résultats physico-chimiques et l'étude des diatomées ne révèlent pas de pollution notable de l'eau et indiquent en général une très bonne qualité. Font exception le NH4 en août qui passe en bonne qualité et ne reste pas en très bonne qualité, ainsi que la trophie et la saprobie en octobre qui montrent une légère eutrophisation. Ces résultats sont sans doute liés au rejet de la STEP en amont (Isérables).		
	Qualité des eaux			
	Autre			

FAR 00.1 – Aval Riddes (475 m)		2°583'800 / 1°113'890	Mars 2022	Oct. 2022
DONNÉES STATION	Généralités et influence	Captage d'irrigation 1.1 km en amont. Embouchure au Rhône infranchissable. Présence de plantes envahissantes (<i>Reynoutria japonica</i>)		
	Écomorphologie	Rivière totalement endiguée entre 2 anciens enrochements végétalisés. Présence de seuils naturels. Vitesse d'écoulement rapide.		
	Aspect général	Présence moyenne d'algues et très peu de bryophytes. / Quelques macrodéchets isolés (plastiques). Faible présence d'algues.		
	Hydrologie	Tronçon à débit résiduel (partie restante du débit annuel naturel >80% selon l'atlas hydrogéologique, sachant que le captage sur le lac des Vaux n'est pas pris en compte).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION – ÉVOLUTION	Qualité et diversité des substrats	6 substrats échantillonnés (très minéral) / 6 substrats échantillonnés (majoritairement très minéral, litières sous blocs)		
	Qualité physico-chimique	Très bonne qualité / Très bonne qualité (Ptot et PO4 non analysés) (août : très bonne qualité)		
	Diatomées	Densité : forte / forte DI-CH : 1.72 très bonne qualité / 2.18 très bonne qualité Trophie : 1.62 mésotrophie / 2.04 eutrophie – Saprobie = classe (I)-II faible β- mésosaprobie / classe II β-mésosaprobie Diversité taxonomique : faible (taxons) / bonne (taxons) Espèces pionnières : dominantes 84.7% / 52.6% Liste rouge : 2 espèces forment 0.02% de la communauté / 1 espèce forme 0.4% de la communauté Tératologie : <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> et <i>Fragilaria ulna</i> forment 0.8% de la communauté / <i>Diatoma vulgare</i> forme 0.02 de la communauté Espèce invasive : <i>Achnanthydium delmonti</i> 0.2% / 0%	 	 
	Algues macroscopiques	Forte présence de <i>Cladophora glomerata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> , eutrophisation / Forte présence de <i>Cladophora glomerata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> , légère eutrophisation		

FAR 00.1– Aval Riddes (475 m)		2°583'800 / 1°113'890	Mars 2022	Oct. 2022
Macroinvertébrés et IBCH	Abondance : assez élevée (env. 1'800 ind.) / assez élevée (env. 2'600 ind.)			
	Peuplement dominé par : Gammaridae (44%) et Baetidae (24%) / Chironomidae (84%)			
	Diversité taxonomique : très bonne (21 taxons) / très bonne (21 taxons)			
	Taxon indicateur : GI 6 bon (Leuctridae) / GI 6 bon (Leuctridae)		0.69	0.69
	Note IBCH_2010 : 13 (bonne, verte) / 13 (bonne, verte)			
	Note IBCH_2019 : 0.69 (bonne) / 0.69 (bonne)			
Familles EPT (nombre)			7	7
Objectifs légaux et qualité globale	<p>Les objectifs légaux sont atteints</p> <p>Les bonnes notes IBCH, ainsi que l'absence de déficit relevé avec l'aspect général (fait exception la présence de macrodéchets en automne), indiquent un milieu en bon état. La station ne présente aucun impact perceptible malgré les prises d'eau en amont et le rejet de la STEP d'Isérables.</p> <p>Les résultats physico-chimiques et l'étude des diatomées ne révèlent pas de pollution notable de l'eau et indiquent en général une très bonne qualité. La trophie et la saprobie en octobre montrent toutefois une légère eutrophisation sans doute liée au rejet de la STEP d'Isérables en amont de FAR 01.4.</p>			
MESURES	Qualité des eaux			
	Autre	Intervention pour limiter le développement de le Renouée du Japon (<i>Reynoutria japonica</i>)		