



**CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS**



*Etude et bilan réalisés à la demande du
Service de la protection de l'environnement*

Campagne 2009-2010

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

**Rapport et
annexes**

ETEC Sàrl
Ecologie aquatique,
Rue de Lausanne 39
CH 1950 Sion
tél. : +41 27 203 40 00
e-mail : info@etec-vs.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

Navisence

Décembre 2010



TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
2. PRESENTATION DU CONTEXTE	1
2.1. BASSIN VERSANT	1
2.2. RESEAU HYDROGRAPHIQUE	2
2.3. INTERVENTIONS HUMAINES.....	2
2.3.1. <i>Exploitation des forces hydrauliques, modification du débit, purges et vidanges</i>	2
2.3.2. <i>Prises d'eau potable et de bisses</i>	3
2.3.3. <i>Assainissement des eaux usées</i>	3
2.3.4. <i>Extraction de graviers</i>	4
2.3.5. <i>Aménagement du lit</i>	4
2.3.6. <i>Valeurs naturelles</i>	4
3. METHODOLOGIE	5
3.1. PRINCIPES ET INTERVENANTS	5
3.2. LOCALISATION DES STATIONS, CAMPAGNES, METHODES UTILISEES	5
3.2.1. <i>Choix des stations et principe de codification</i>	5
3.2.2. <i>Dates des campagnes et conditions météorologiques</i>	13
3.2.3. <i>Hydrologie et physico-chimie</i>	13
3.2.4. <i>Études des diatomées</i>	15
3.2.5. <i>Prélèvements et analyses biologiques : les macroinvertébrés</i>	15
4. QUALITE PHYSICO-CHEMIE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX.....	16
4.1. RESULTATS.....	16
4.2. INTERPRETATION.....	16
4.2.1. <i>Débits</i>	16
4.2.2. <i>Température</i>	17
4.2.3. <i>pH</i>	18
4.2.4. <i>Conductivité</i>	18
4.2.5. <i>Matières en suspension (MES)</i>	19
4.2.6. <i>Matière organique (DOC, TOC)</i>	20
4.2.7. <i>Formes azotées (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻)</i>	20
4.2.8. <i>Phosphore (PO₄⁻, P_{tot})</i>	22
4.2.9. <i>Bactériologie</i>	23
4.2.10. <i>Conclusion sur les résultats physico-chimiques et bactériologiques</i>	24
5. ÉTUDE DES DIATOMEES ET QUALITE BIOLOGIQUE DES EAUX.....	26
5.1. RESULTATS BRUTS	26
5.2. ETAT DES COMMUNAUTES DE DIATOMEES	26
5.2.1. <i>Densité des peuplements</i>	26
5.2.2. <i>Fragmentation</i>	28
5.2.3. <i>Tératologie</i>	29
5.2.4. <i>Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore</i>	30
5.2.5. <i>Diversité structurale des communautés</i>	34
5.2.6. <i>Conclusion sur l'état des peuplements de diatomées</i>	35
5.3. AUTRES ALGUES.....	35
5.4. DIATOMEES ET QUALITES BIOLOGIQUES DES EAUX.....	36
5.4.1. <i>Mise en garde</i>	36
5.4.2. <i>État de santé global (légal)</i>	37
5.4.3. <i>Niveaux saprobique et trophique</i>	38
5.4.4. <i>Conclusion sur la qualité biologique des eaux</i>	40
5.5. SYNTHESE PAR STATION.....	41

6. ETUDE DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES ET QUALITE BIOLOGIQUE DU COURS D'EAU	49
6.1. SUBSTRATS	49
6.2. FAUNE BENTHIQUE ECHANTILLONNEE.....	50
6.3. RESULTATS LIES A L'INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISE (IBGN)	55
6.3.1. <i>Résultats par stations</i>	60
6.3.2. <i>Conclusion</i>	65
7. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RESULTATS	67
8. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS BIOLOGIQUES ANTERIEURS	72
9. RESUME - CONCLUSION	74
BIBLIOGRAPHIE	72
ANNEXES	76

OBSERVATION DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE DU CANTON DU VALAIS

ÉTUDE 2009-2010 : LA NAVISENCE ET LA GOUGRA

1. INTRODUCTION

Depuis 1990, le Service de la Protection de l'Environnement du Canton du Valais (SPE) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface (cf. rapports 1991 à 2007). Ces études s'inscrivent également dans le cadre des plans d'action de la CIPEL, notamment celui de la période 2001-2010 « Pour que vivent le Léman et ses rivières », ainsi que dans le produit e-DICS 1301 des objectifs 2006 du SPE. Cette approche vise à apprécier la qualité globale des cours d'eau ; elle se base sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux, sur l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBGN). En 2009, le choix du SPE s'est porté sur la **Navisence** et 2 de ses affluents (**Gougra et torrent de Fang**). Ce mandat a été attribué aux bureaux ETEC Sàrl à Sion et PhycoEco (Dr François Straub) pour la partie « diatomées ».

Le présent rapport établit la synthèse des résultats d'analyses, tant physico-chimiques que biologiques, les interprète, les confronte aux données déjà obtenues en Valais et propose s'il y a lieu des mesures de gestion visant à améliorer la qualité actuelle de ce 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. PRESENTATION DU CONTEXTE

2.1. Bassin versant

Le bassin versant de la Navisence (n° 50-180 selon l'Atlas hydrologique) se situe en rive gauche du Rhône. L'embouchure de la Navisence avec le Rhône se localise à la hauteur de Sierre. Le bassin versant s'étend sur plusieurs communes (Ayer étant celle la plus en altitude). Les caractéristiques du bassin versant sont reportées dans le Tableau 1.

Critères	Caractéristiques selon l'Atlas hydrologique suisse					
Bassin versant	50-180 (254 km ²), dont 6 sous bassins					
Sous bassins	50-181	50-182	50-183	50-184	50-185	50-186
Superficie	53.9 km ²	30.0 km ²	26.8 km ²	58.8 km ²	21.4 km ²	63.1 km ²
Altitude moyenne	2'987 m	2'791 m	2'396 m	2'366 m	2'432 m	1'716 m
Pente moyenne	25.6°	20.9°	22°	25.2°	17.2°	22.9°
Contexte géologique général	La partie amont du bassin versant est constituée de micaschistes. A la hauteur de la confluence entre la Gougra et la Navisence se trouve une zone de gneiss. La partie aval du BV est constituée de roches détritiques (quartzites).					
Surface glaciaire	49.7 %	20.6 %	1.8 %	0.6 %	0.5 %	0.1 %
Surface boisée	0.0 %	0.0 %	12.7 %	17.6 %	10.1 %	52.6 %
Surfaces rendues étanches	0.0 %	0.0 %	0.4 %	0.5 %	0.2 %	1.2 %
Communes concernées	Commune d'Anniviers (fusion des communes d'Ayer, Grimetz, St-Jean, St-Luc, Vissoie, Chandolin), Chalais, Chippis					

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

2.2. Réseau hydrographique

Selon l'Atlas hydrologique, la Navisence (code GEWISS 167) prend sa source à 3'000 m d'altitude, sous le glacier du Weissshorn (4'506 m). La longueur de la Navisence atteint 26.9 km et sa pente moyenne est de 8 %. Une autre branche venant du glacier de Zinal, appelé torrent de Zinal, prend sa source à plus de 2'300 m. La Navisence collecte ensuite les eaux de nombreux affluents, dont plusieurs torrents provenant de divers lacs¹ (lacs de Lona, de l'Armina, de Combavert, du Toûno, de Châteaupré, des Autannes). Les plus importants sont d'amont en aval : en rive gauche à l'aval d'Ayer, la Gougra (7.7 km), exutoire du Lac de Moiry (lac d'accumulation), puis en rive droite en amont de Vissoie, le torrent des Moulins (6.2 km) et plus en aval le torrent de Fang. On relève la présence de deux bassins de compensation, le premier à Mottec, l'autre à Vissoie.

La Navisence est caractérisée par un régime hydrologique de type a-glaciaire en tête de bassin versant, puis de type b-glaciaire jusqu'à sa confluence avec la Gougra. En aval, il est de type a-glacio-nival jusqu'à son embouchure avec le Rhône (ASCHWANDEN, 1986).

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

2.3. Interventions humaines

2.3.1. Exploitation des forces hydrauliques, modification du débit, purges et vidanges

Données tirées de l'Atlas hydrologique suisse, de la base de données BDInvent et des documents sur les captages et concessions hydroélectriques.

Les eaux du bassin versant sont utilisées pour les besoins hydroélectriques. On dénombre neuf prises d'eau (cf. Tableau 2) exploitées par deux producteurs hydroélectriques : les Forces Motrices de la Gougra SA et Rhonewerke AG (retours de concession respectivement en 2039 et 2004).

Concession	Captages Nom du captage (ouvrages)	Cours d'eau concerné
Gougra SA	Lona (prise d'eau)	Torrent de Lona
Gougra SA	Lac de Moiry (prise et bassin compensation)	La Gougra
Gougra SA	Barneuza (prise d'eau RD Navisence)	Torrent de Barneuza
Gougra SA	Mottec (prise et bassin compensation)	La Navisence
Gougra SA	Mission (prise d'eau groupes auxiliaires Vissoie SIESA)	La Navisence
Gougra SA	Torrent du Moulin KWG (prise d'eau)	Torrent du Moulin
Rhonewerke AG	Torrent du Moulin Rhowag (prise d'eau)	Torrent du Moulin
Rhonewerke AG	Vissoie (prise et bassin compensation)	La Navisence
Rhonewerke AG	Torrent de Fang (prise d'eau)	Torrent de Fang

Tableau 2 : Liste des prises d'eau recensées dans le bassin versant de la Navisence.

En tête de bassin versant, les eaux sont captées sur le torrent de Lona et turbinées dans la centrale souterraine automatique de Lona avant d'être restituées dans la retenue de Moiry. La centrale de Mottec turbine les eaux de Moiry, du torrent de Barneuza et celles provenant de la Turtmänna (bassin versant adjacent). Le bassin de compensation de Mottec récupère aussi les eaux de la prise du torrent du Moulin

¹ Certains lacs ne possèdent pas de noms et ce sont les dénominations des lieux-dits qui ont été utilisées.

KWG. Les eaux sont turbinées à la centrale de la Navisence à Vissoie, de même que les eaux du groupe auxiliaire de la Navisence SIESA (captage à Mission).

En aval du bassin de compensation de Vissoie, une conduite amène les eaux ainsi que celles du torrent de Fang à la centrale de Chippis où elles sont turbinées et restituées au Rhône.

Les captages situés en amont de St-Jean font partie de la concession Gougra SA qui est en vigueur jusqu'en 2039. Aucun débit de dotation n'est octroyé.

Par contre, l'approbation de la nouvelle concession de l'aménagement Chippis-Navisence par le Conseil d'Etat (décision du 28.01.2009, autorisation délivrée le 10 mars 2010 avec publication au Bulletin Officiel du 26 mars 2010) impose des débits de dotations en aval des deux captages : sur la Navisence (470 l/s) à Vissoie et le torrent de Fang (50 l/s). La dotation sur la prise d'eau de la Navisence à Vissoie a débuté le 25 mars 2010 ; celle sur le torrent de Fang le 22 mars 2010 (cf. Tableau 3)². Les débits de dotation **n'étaient donc pas lâchés** lors des 2 campagnes d'octobre 2009 et mars 2010 (effectuées les 12, 13 et 15 mars). Sur le captage du torrent de Fang, les débits de dotations sont respectés. Pour le captage de la Navisence à Vissoie, les débits ont été progressivement augmentés de la fin mars à la fin mai pour atteindre 470 l/s.

Captages	Débit de dotation défini dans la concession	Mars 2010		Avril 2010			Mai 2010		
		[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
		Sem. 12 22-28	Sem. 13 29-04	Sem. 14 05-11	Sem. 15 12-18	Sem. 16 19-25	Sem 17 26-2	Sem. 18 03-09	Sem. 19 10-16
Navisence à Vissoie	470 l/s	100	100	60	90	120	150	150	470
Torrent de Fang	50 l/s	50	50	50	50	50	50	50	50

Tableau 3 : Débits de dotations lâchés par la concession Rhonewerke entre mars et mai 2010.

Les bassins de Mottec et Vissoie sont au bénéfice d'une autorisation de purge et vidange annuelle. En 2009, elles ont été pratiquées (données provenant du rapport du suivi « purge et vidange » effectué par le bureau GREN :

- Mottec, purge réalisée le 11 août 2009, avec « petit » rinçage ;
- Vissoie, purge réalisée les 15 et 16 septembre 2009, avec « petit » rinçage ;
- Vissoie, « grand rinçage » le 13 octobre 2009, suite aux observations d'accumulation de sédiments dans le lit en aval de Vissoie (soit **5 jours avant le prélèvement IBGN** du mois d'octobre, effectué le 18.10.2009).

2.3.2. Prises d'eau potable et de bisses

L'ensemble des captages (extrait de la base de données BD-Invent) sont visualisés sur la Figure 1.

Sur le bassin versant principal de la Navisence, dix captages destinés à l'alimentation en eau potable sont répertoriés, prélevant exclusivement des eaux souterraines.

Huit prises de bisse sont localisées sur les deux rives de la Navisence. Elles alimentent d'amont en aval, l'alpage de Gillou (St-Luc), les bisses de Lacher, de la Tinda, de Neuf Bénou, le bisse de Sarra-sin (St-Jean et Chalais), le bisse de Briey (St-Luc et Chalais), de Chararogne et de Ricard (communes de Chalais et Chippis).

2.3.3. Assainissement des eaux usées

Les eaux usées du bassin versant sont traitées à la STEP de Fang, dont l'exutoire va à la Navisence (coordonnées du rejet : 610'030 / 121'690). Le Tableau 4 résume les caractéristiques de cette installation.

² Données transmises en juin 2010 par les Forces Motrices de la Gougra SA.

STEP	Dimensionnement (Eq.Hab)	Capacité hydraulique (m ³ /j)	Coordonnées	Mise en service	Rénovation	Facteur dilution
Val d'Anniviers / Fang	22'500	6'300	610'080 / 121'680	1998	-	2

Tableau 4: Caractéristiques de la STEP du Val d'Anniviers / Fang (SPE, 2010).

Un courrier reçu par le SPE en novembre 2010 mentionne un endommagement de la conduite d'eaux usées à Mottec depuis le mois de février 2010. Des apports d'eaux usées ont donc eu lieu depuis cette date dans la Navisence et ont affectés les stations sises en aval (NAV 15.5 et NAV 09.7 dans une moindre mesure (dilution par les eaux de la Gougra et dérivation à Mission).

2.3.4. Extraction de graviers

Deux gravières exploitent les matériaux sur le bassin versant de la Navisence. Elles appartiennent à l'exploitant Jean-Michel Melly et se situent sur le Plat de la Lé (gravière en rivière : 615'000 / 107'800 à Ayer) et en aval du Pont du Bois (gravière hors d'eau : 613'500 / 112'800 à Ayer).

2.3.5. Aménagement du lit

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

Dans la partie amont de la Navisence, au niveau du plateau de la Lé (NAV 20.0) le cours d'eau est volontairement resserré pour favoriser l'extraction mécanique du gravier et le lit à tendance à s'inciser. Dans sa partie centrale, la Navisence présente une bonne morphologie proche d'un état naturel avec toutefois la présence ponctuelle d'aménagements mineurs. Les stabilisations des berges à l'aide d'enrochements se localisent généralement à proximité d'ouvrages ou de traversée de zones urbanisées comme à Mottec (NAV 17.3) ou au niveau du Pont du Bois (NAV 15.5). Des traces d'anciens gabions sont également présentes en rive droite en amont de Vissoie sur la station NAV 09.7.

La Navisence est principalement aménagée dans sa partie aval depuis le Moulin de Chippis (NAV 00.7) jusqu'à son embouchure au Rhône. Le lit est rectiligne contraint en rive droite par un mur en pierre jointoyé et par des blocs d'enrochements en rive gauche (NAV 00.1).

La Gougra montre sur l'ensemble de son linéaire une morphologie proche d'un état naturel.

2.3.6. Valeurs naturelles

L'aval du bassin versant de la Navisence aboutit dans un site protégé au niveau fédéral, celui du Bois de Finges - Illgraben (objet IFP n° 1716).

Du point de vue des zones alluviales, signalons le Plat de Lali (site candidat en tant que zone alluviale) et la zone alluviale d'importance national en amont du bassin versant (>2'000 m).

3. METHODOLOGIE

3.1. Principes et Intervenants

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

- **mandant et coordinateur** : Service de la Protection de l'Environnement (SPE) ;
- mesures des **débits et prélèvements** d'échantillons d'eau pour analyses physico-chimiques et bactériologiques : SPE pour le mois de juillet 2009; bureaux ETEC et PhycoEco pour les campagnes de octobre 2009 et de mars 2010 ;
- examen de la **qualité physico-chimique** de l'eau à l'aide de sonde portable : bureau ETEC ; analyses des échantillons d'eau : laboratoire du SPE ; analyses **bactériologiques** : laboratoire cantonal.
- étude biologique des **diatomées** fixées sur le substrat comme indicatrices de la qualité des eaux (prélèvements des échantillons, détermination et interprétation des résultats) : Dr François Straub, avec constitution d'une collection de référence qui sera déposée au Musée de la Nature en Valais ;
- étude **biologique** à l'aide d'une méthode basée sur la faune benthique (prélèvements des échantillons, détermination et interprétation) : bureau ETEC ;
- **confrontation et interprétation** de l'ensemble des résultats, **rédaction** du rapport de synthèse : bureaux ETEC et PhycoEco (Dr François Straub).

3.2. Localisation des stations, Campagnes, Méthodes utilisées

3.2.1. Choix des stations et principe de codification

Au total, 12 stations ont été retenues en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements (cf. Figure 1 pour localisation sur le bassin versant et photos pages suivantes).

Le principe de **codification** des stations en Valais est le suivant : les 3 lettres sont les premières lettres capitales du nom du cours d'eau (« NAV » pour la Navisence, « GOU » pour la Gougra et « NAV-FAN » pour le torrent de Fang). Les chiffres qui leur font suite représentent la distance kilométrique de la station par rapport à la confluence avec le milieu récepteur (soit la Navisence pour la Gougra et le Rhône pour la Navisence, conformément aux codes GEWISS attribués par la Confédération). Ainsi, « NAV 15.5 » indique la station de la Navisence sise à 15.5 km de l'embouchure du Rhône.

Les coordonnées des stations sont les suivantes (entre parenthèses, renvoi aux photos) :

- | | |
|--|--|
| ➤ NAV 22.0 : 615'030 / 106'620 (cf. Photo 1) ; | ➤ NAV 04.9 : 601'010 / 121'690 (cf. Photo 7) ; |
| ➤ NAV 20.0 : 614'750 / 108'440 (cf. Photo 2) ; | ➤ NAV 00.7 : 608'170 / 124'980 (cf. Photo 9) ; |
| ➤ NAV 17.3 : 614'230 / 110'930 (cf. Photo 3) ; | ➤ NAV 00.1 : 607'960 / 125'620 (cf. Photo 10) ; |
| ➤ NAV 15.5 : 613'510 / 112'550 (cf. Photo 4) ; | ➤ NAV-FAN 00.1 : 610'410 / 120'930 (cf. Photo 8) ; |
| ➤ NAV 09.7 : 611'350 / 117'490 (cf. Photo 5) ; | ➤ GOU 02.5 : 610'080 / 113'100 (cf. Photo 11) ; |
| ➤ NAV 07.4 : 610'640 / 119'480 (cf. Photo 6) ; | ➤ GOU 00.0 : 611'760 / 114'860 (cf. Photo 12) ; |

Par rapport au cahier des charges, certaines stations ont parfois été légèrement déplacées lors de la campagne d'octobre 2009 (avec conservation du même emplacement en mars 2010) afin que les prélèvements IBGN et diatomées soient représentatifs des conditions locales. Le contexte physico-chimique reste toutefois identique.

Les caractéristiques du milieu et interventions humaines susceptibles d'influencer les stations étudiées, apparaissent dans le Tableau 5.

Stations	Code	Altitude	Pente	Caractéristiques	Interventions humaines
Amont la Lé	NAV 22.0	1'730 m	3%	Morphologie naturelle	-
Zinal amont (Teinson)	NAV 20.0	1'675 m	3%	Cours resserré	Extraction de graviers (lit incisé en amont sur plat de la Lé)
Pralong	NAV 17.3	1'565 m	4%	Cours relativement naturel en amont, resserré en aval	Enrochements RD sur partie aval
Aval Mottec (Pont du Bois)	NAV 15.5	1'455 m	6%	Morphologie naturelle	Enrochements ponctuels RD Réduction du débit (Mottec), purges
Vissoie amont (la Comba)	NAV 09.7	1'140 m	5%	Morphologie relativement naturelle	Aménagements ponctuels (gabions RD), réduction du débit (Mission), purges
Vissoie aval (Sampelets)	NAV 07.4	955 m	8%	Morphologie naturelle	Réduction du débit (Vissoie), débit de dotation : 470 l/s, purges
Fang (aval STEP)	NAV 04.9	800 m	6%	Morphologie naturelle	Réduction du débit (Vissoie) Rejets STEP de Fang (22'500 EH)
Amont Chippis (Moulin)	NAV 00.7	541 m	6%	Morphologie naturelle	Réduction du débit (Vissoie) Rejets STEP de Fang
Chippis aval	NAV 00.1	530 m	2%	Cours rectiligne et endigué	Berges : enrochements RG, mur en pierres scellées RD
Torrent de Fang	NAV-FAN 00.1	860 m	29%	Morphologie naturelle	Réduction du débit (captage Rhonewerke) ; dotation de 50 l/s, dessablage automatique de la prise d'eau
Grimentz amont	GOU 02.5	1'599 m	13%	Morphologie naturelle	Réduction du débit (Moiry) ; absence de dotation
Grimentz aval	GOU 00.0	1'260 m	14%	Morphologie naturelle	Réduction du débit (Moiry) ; absence de dotation

RG : rive gauche – RD : rive droite

Tableau 5 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Navisence (année 2009-2010).



Photo 1 : NAV 22.0, « Amont la Lé » (octobre 2009).



Photo 2 : NAV 20.0, « Zinal amont (Teinson) » (octobre 2009).



Photo 3 : NAV 17.3, « Pralong » (octobre 2009).

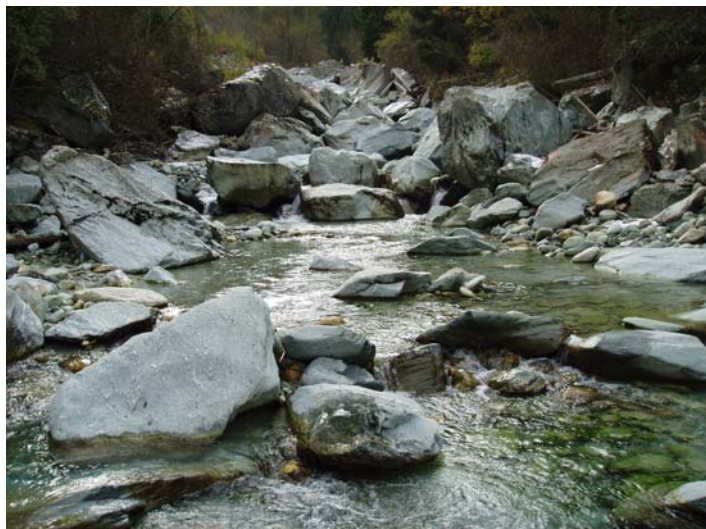


Photo 4 : NAV 15.5, « Aval Mottec (Pont du Bois) » (octobre 2009).

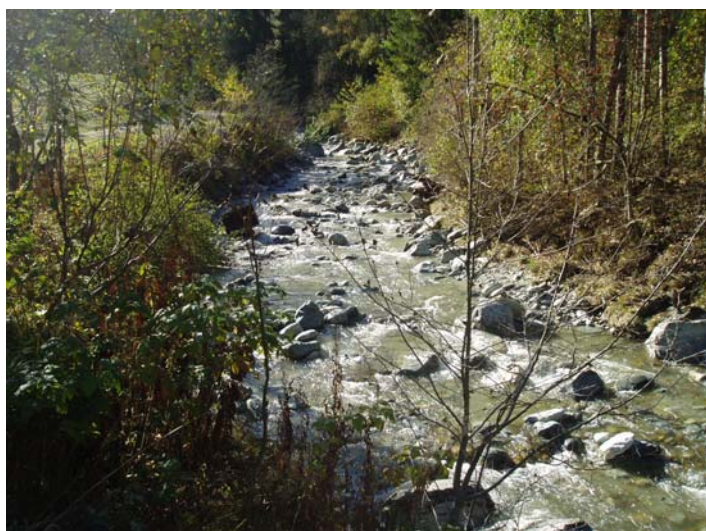


Photo 5 : NAV 09.7, « Vissoie amont (la Comba) » (octobre 2009).



Photo 6 : NAV 07.4, « Aval Vissoie (Sempelets) » (octobre 2009).



Photo 7 : NAV 04.9, « Fang (aval STEP) » (mars 2010).



Photo 8 : NAV-FAN 00.1, « Torrent de Fang » (mars 2010).



Photo 9 : NAV 00.7, « Amont Chippis (Moulin) » (mars 2010).



Photo 10 : NAV 00.1, « Chippis aval » (octobre 2009).



Photo 11 : GOU 02.5, « Grimentz amont » (octobre 2009).



Photo 12 : GOU 00.0, « Grimentz aval » (mars 2010).

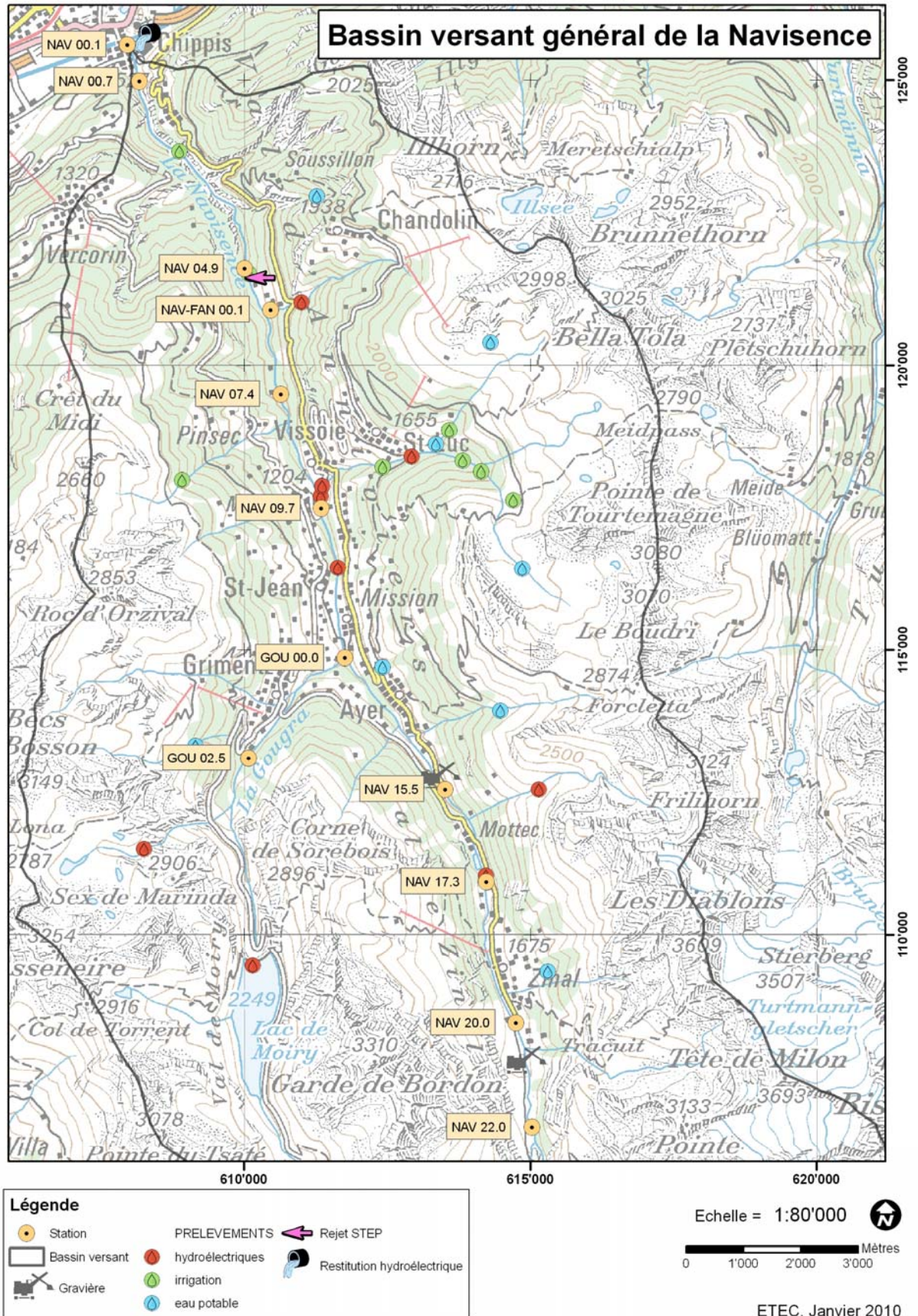


Figure 1: Contexte du bassin versant de la Navisence et localisation des stations (2009-2010).

3.2.2. Dates des campagnes et conditions météorologiques

Trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées sur les stations (juillet et octobre 2009, mars 2010). Deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » (d'après la méthode de l'IBGN, cf. paragraphe 3.2.5) ont été menées en octobre 2009 et mars 2010. Le Tableau 6 récapitule les dates des diverses campagnes et indique les conditions météorologiques.

Date	Conditions météo*	Type analyse	NAV 22.0	NAV 20.0	NAV 17.3	NAV 15.5	GOU 02.5	GOU 00.0	NAV 09.7	NAV 07.4	NAV-FAN 00.1	NAV 04.9	NAV 00.7	NAV 00.1
28.07.09	Couvert (12 mm de pluie 3 jours précédents)	Phys-chim, bact.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17.10.09	Couvert, neige légère (0 mm)	Diatomées, IBGN	+	+	+	+	+			+				
18.10.09	Soleil (0 mm)	Diatomées IBGN						+	+	+		+	+	+
19.10.09	Soleil (0 mm)	Diatomées IBGN Débit, phys-chim, bact.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12.03.10	Soleil (0 mm)	Diatomées, IBGN						+	+	+	+	+		
13.03.10	Soleil (0 mm)	Diatomées, IBGN		+	+	+	+						+	+
15.03.10	Soleil (0 mm)	Débit, phys-chim, bact.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

* (hauteur de pluie totale en mm ou l/m²;) données de la station de Sierre.

Tableau 6 : Protocole d'étude de la Navisence en 2009-2010.

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.

3.2.3. Hydrologie et physico-chimie

• **Prélèvements physico-chimiques et bactériologiques**

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

• **Mesures de débit**

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

- **Analyses physico-chimiques**

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

- **Références pour la qualité physico-chimique des eaux**

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

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

Tableau 7 : Classes de qualité des principaux paramètres chimiques des eaux (OFEV 2010).

- **Références pour la qualité bactériologique des eaux**

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

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

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

Tableau 8 : Interprétation des résultats bactériologiques pour les eaux courantes d'après les classes utilisées par le plan MAPOS et le SEQ-Eau - Agences de l'Eau françaises.

3.2.4. 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 9). Pour faciliter les comparaisons entre les modules, les 8 groupes de départ sont ramenés aux 5 classes du « système modulaire gradué R ». Les stations sont alors réparties en deux catégories :

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

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	

Tableau 9 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice suisse DI-CH basé sur les diatomées.

Les autres indices utilisés dans le cadre de cette étude à savoir, le niveau saprobique et le niveau sapro-bique, sont développés dans l'Annexe 2.

3.2.5. Prélèvements et analyses biologiques : les macroinvertébrés

• L'Indice Biologique Normalisé (IBGN)

La méthode retenue pour l'analyse de la qualité biologique est celle de l'**Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)**³. Cette méthode a été largement testée, puis validée et homologuée en France en tant que norme AFNOR (NF T90-350), en décembre 1992. Une adaptation de la norme a été publiée en 2004.

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 macro-invertébrés benthiques ; ceux-ci dépendent très fortement de la capacité « biogénique »⁴ 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 de 1/20 m², soit une superficie totale de 0.4 m², 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 du formol à 10 %, triés et déterminés en général jusqu'à la famille, qui constitue la limite de détermination pour cette méthode (taxon). Pour chacune des stations est établie une liste faunistique des macro-invertébrés benthiques, principalement des larves d'insectes pétricoles (qui vit sur les pierres) ou fousseuses, appartenant aux ordres des Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères, Diptères, caractéristiques des cours d'eau de montagne.

Le calcul de l'IBGN se fonde :

³ Les rapports sortis avant 1993 utilisaient l'IBG (testé avant homologation définitive ; la conversion est toutefois possible).

⁴ Aptitude à héberger une faune abondante et diversifiée.

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

⇒ et sur la **diversité taxonomique** (nombre de taxons) comptabilisée dans la liste faunistique.

La note ainsi obtenue, comprise entre 1 et 20 (minimum et maximum), donne une appréciation de la qualité biologique globale de la station (cf. Tableau 10). 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 IBGN 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** ».

IBGN selon norme de base	≥ 17	16-13	12-9	8-5	≤ 4
Qualité biologique globale	Bonne	Satisfaisante	Moyenne	Mauvaise	Polluée
Note adaptées à l'HER « Alpes internes »	≥ 15	14-12	11-9	8-6	≤ 5

Tableau 10 : Note IBGN et interprétation de la qualité biologique globale.

• Le concept des hydroécocorégions

Pour mieux pouvoir comparer les différents types de cours d'eau, les hydrosystèmes possédant des caractéristiques naturelles similaires (relief, géologie, climat, géochimie des eaux et débit) ont été regroupés. Le CEMAGREF (WASSON, et al., 2002 ; WASSON, et al., 2004) distingue plusieurs hydroécocorégions (HER) afin de tenir compte des caractéristiques et du potentiel naturel dans l'interprétation des résultats biologiques. Le bassin versant de la Navisence fait partie de l'HER « Alpes internes ». Les classes viennent de faire l'objet d'une adaptation et ont été publiées au « Journal officiel de la République française » le 24 février 2010. Ces valeurs seuils ont été reportées dans le Tableau 10. Dans le tableau faunistique (cf. Tableau 19), l'application de ce correctif HER a été mentionnée à titre indicatif. Pour l'interprétation et la représentation cartographique en Figure 4, ce sont les notes IBGN « de base » qui sont mentionnées et non pas celles adaptées à l'HER « Alpes internes ». Signalons que la comparaison avec les résultats précédemment publiés doit toujours vérifier le référentiel adopté (avec ou sans HER).

4. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX

4.1. Résultats

Les résultats physico-chimiques et bactériologiques bruts figurent dans le tableau général en Annexe 1. La représentation cartographique (cf. Figure 2), en couleur, indiquent, pour les stations étudiées, la qualité des eaux à l'aide des quatre paramètres retenus (DOC, N-NH₄, P-PO₄ et Ptot) et les résultats bactériologiques en octobre 2009 (période de plus basses eaux, supposée la plus critique) et mars 2010.

4.2. Interprétation

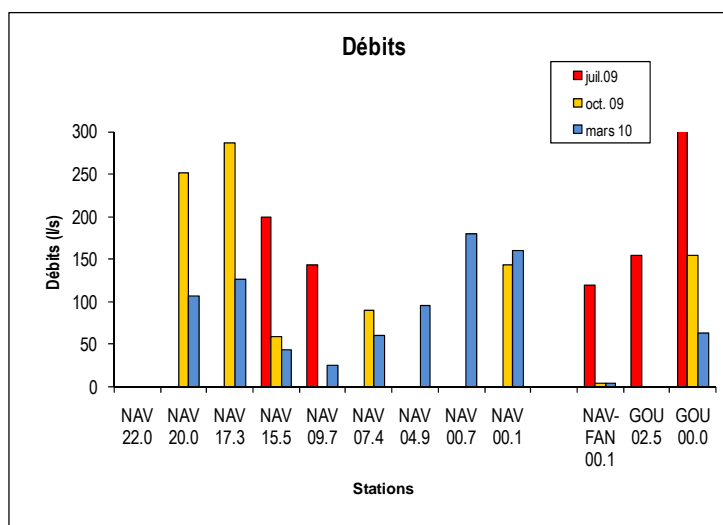
4.2.1. Débits

La morphologie très accidentée de nombreuses stations, présentant des faciès en mouilles et petites cascades rendent les jaugeages au sel extrêmement difficiles et peu fiable. Un lâcher d'eau depuis l'amont a aussi perturbé la mesure sur NAV 09.7 en octobre. Pour cette raison, seuls les résultats qui paraissaient corrects ont été repris dans le Tableau 11 et Graphique 1. Au vu de ces résultats, plusieurs commentaires se dégagent :

- Sur la Navisence, les débits varient entre 25 l/s (mars 2009) sur la station NAV 09.7 et 287 l/s (octobre 2009) sur la station de Pralong, NAV 17.3 ;
- La station GOU 00.0 présente le débit le plus élevé (350 l/s) en juillet 2009 ;
- Les débits du mois de juillet sont toujours plus élevés, en raison de la fonte des neiges et des précipitations enregistrées les 2 jours précédents (cf. Tableau 6) ;
- Mars présente les débits les plus bas (hormis pour NAV 00.1) et le mois de mars peut être retenue comme l'étiage ;
- L'influence des prises d'eau se voit clairement : forte diminution du débit sur la station NAV 15.5 (prise de Mottec), nouvelle réduction du débit sur NAV 09.7 (captage à Mission) ; les débits de dotation à l'aval de Vissoie sur NAV 07.4 (470 l/s) et sur le torrent de Fang (50 l/s) n'étaient pas encore octroyés, puisque les débits mesurés sont effectivement nettement inférieurs.

Débits (l/s)												
Stations Période	NAV 22.0	NAV 20.0	NAV 17.3	NAV 15.5	NAV 09.7	NAV 07.4	NAV 04.9	NAV 00.7	NAV 00.1	NAV-FAN 00.1	GOU 02.5	GOU 00.0
Juillet 2009	-	-	-	200	143	-	-	-	-	120	154	350
Octobre 2009	-	251	287	60	lâché	90	-	-	144	5	-	155
Mars 2010	-	107	126	44	25	61	95	180	160	5	-	63

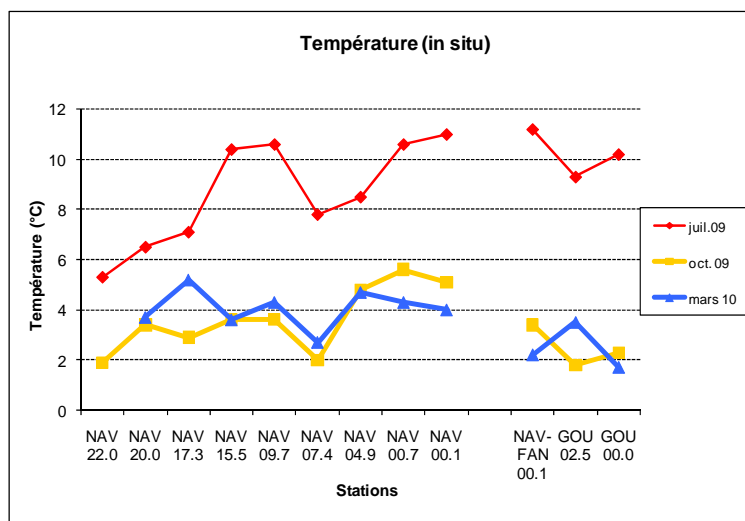
Tableau 11: Débits mesurés sur la Navisence, le torrent de Fang et la Gougra en 2009-2010.



Graphique 1 : Débits mesurés sur le bassin versant de la Navisence en 2009-2010.

4.2.2. Température

Les températures les plus élevées se remarquent en juillet (maximum de 11.2 °C sur le torrent de Fang (NAV-FAN 00.1) et de 10.6 °C sur la Navisence (NAV 09.7). Elles sont plus froides en octobre et mars (températures relativement similaires, entre 1.7 °C et 5.6 °C), en lien avec les températures extérieures, puisque elles influencent directement celles de l'eau sont influencées, d'autant plus avec une faible épaisseur de lame d'eau.



Graphique 2 : Températures rencontrées sur le bassin versant de la Navisence en 2009-2010.

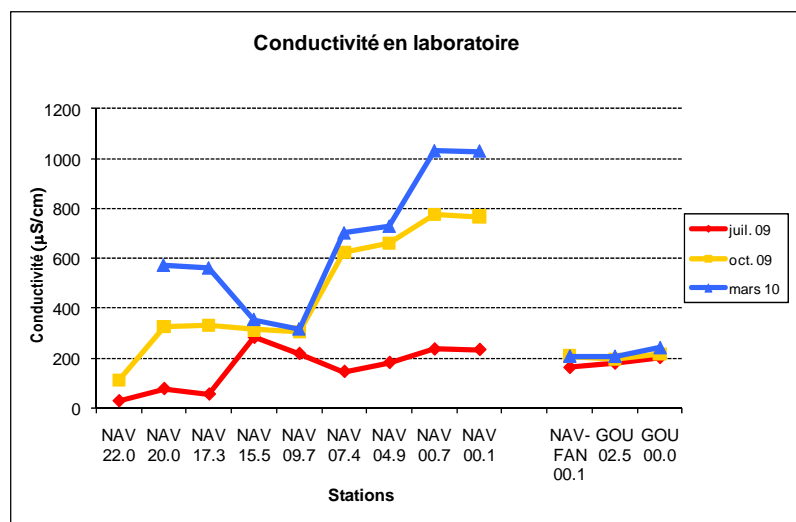
4.2.3. pH

Pour toutes les campagnes, le pH fluctue entre 7.6 et 8.5, montrant des eaux légèrement alcalines.

4.2.4. Conductivité

Conductivité laboratoire ($\mu\text{S}/\text{cm}$)												
Stations Période	NAV 22.0	NAV 20.0	NAV 17.3	NAV 15.5	NAV 09.7	NAV 07.4	NAV 04.9	NAV 00.7	NAV 00.1	NAV-FAN 00.1	GOU 02.5	GOU 00.0
Juillet 2009	28	77	55	283	218	146	182	236	234	162	179	202
Octobre 2009	112	325	333	314	307	623	662	776	768	208	196	218
Mars 2010	-	572	561	355	317	701	728	1030	1029	208	207	242

Tableau 12 : Conductivités mesurées en laboratoire pour le bassin versant de la Navisence (2009-2010).



Graphique 3 : Conductivités sur le bassin versant de la Navisence (2009-2010).

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). Elle augmente progressivement d'amont vers l'aval.

Les mesures obtenues in situ avec les sondes de terrains présentent des résultats relativement similaires à ceux obtenus en laboratoire, présentés dans le Tableau 12.

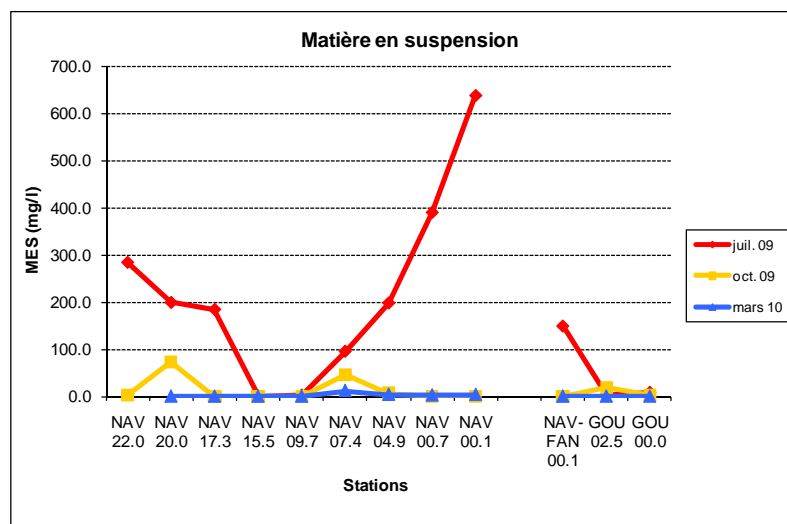
La conductivité de la Navisence fluctue en fonction de la saison et des stations, mais conserve une courbe similaire entre les campagnes d'octobre 2009 et de mars 2010. Les minéralisations les plus basses sont enregistrées en juillet. La période estivale correspond aux débits les plus élevés avec apports d'eaux moins minéralisées (fin de la fonte des neiges et fonte glaciaire). Les valeurs les plus hautes se remarquent en mars (étiage), la plus élevée étant celle mesurée sur la station aval NAV 00.7 (1'030 $\mu\text{S}/\text{cm}$, soit une minéralisation excessive selon NISBET et VERNEAUX, 1970).

Sur le torrent de Fang et la Gougra, la conductivité est quasiment identique durant les trois campagnes.

4.2.5. Matières en suspension (MES)

M E S (mg/l)												
Stations Période	NAV 22.0	NAV 20.0	NAV 17.3	NAV 15.5	NAV 09.7	NAV 07.4	NAV 04.9	NAV 00.7	NAV 00.1	NAV FAN 00.1	GOU 02.5	GOU 00.0
Juillet 2009	285	199	185	0	3	96	198	391	639	149	2	8
Octobre 2009	3	73	0	0	0	47	7	0	0	0	18	2
Mars 2010	-	0	0	0	0	12	4	3	4	0	0	0

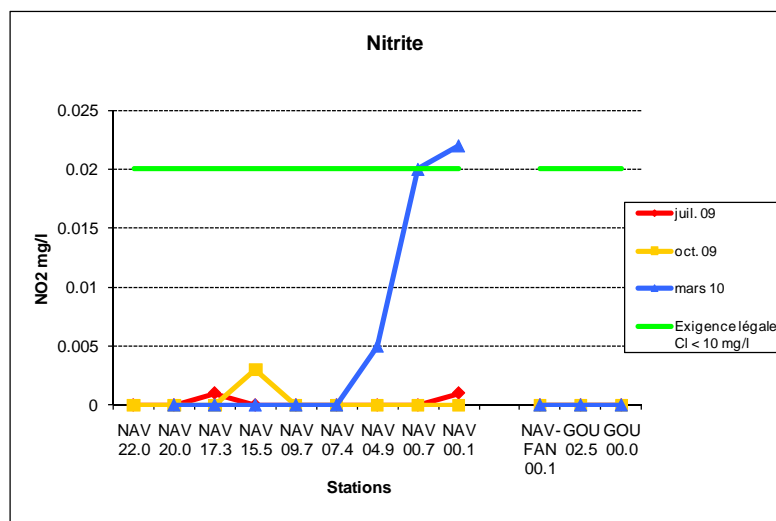
Tableau 13 : Taux de MES mesurés sur le bassin versant de la Navisence (2009-2010).



Graphique 4 : Taux de MES mesurés sur la Navisence (2009-2010).

Les quantités de MES sont faibles lors des campagnes d'octobre 2009 et de mars 2010 (< 22 mg/l) à l'exception de deux stations en octobre, NAV 20.0 (73 mg/l) et NAV 07.4 (45 mg/l), pouvant être liées à l'activité de la gravière en amont pour la première station et à la purge du bassin de Vissoie pour la seconde (rinçage effectué le 13 octobre 2009, soit la semaine précédant les prélèvements IBGN et physico-chimiques (mais il est toutefois étonnant de ne pas retrouver une concentration du même ordre sur les stations en aval, en tout cas NAV 04.9).

En revanche, lors de la campagne de juillet 2009 les concentrations en MES sont extrêmement élevées dans la Navisence (maximal de 639 mg/l sur la station NAV 00.1), sauf dans le tronçon intermédiaire (NAV



Graphique 6 : Concentrations en nitrites mesurées sur le bassin versant de la Navisence (2009-2010).

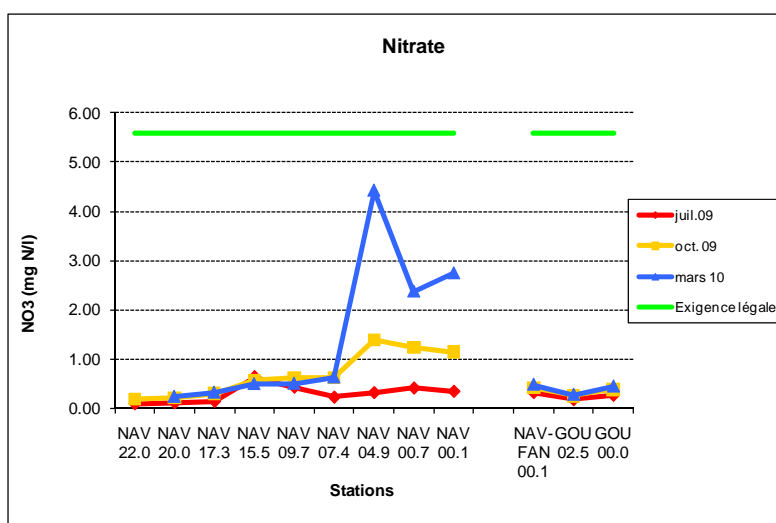
Les nitrites sont la forme intermédiaire de l'oxydation des NH_4^+ . L'EAWAG (1991) détermine pour les eaux courantes des valeurs limites en nitrites en tenant compte de la concentration en chlorures (Cl^-), car la toxicité des nitrites diminue en présence de chlorures.

Le module chimie 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 le bassin versant de la Navisence, compte tenue de la très faible teneur en chlorures sur quasi toute des stations, c'est la première règle qui a été appliquée. Or, sur les stations en aval de la STEP, les teneurs plus élevées en chlorures diminuent la toxicité des nitrites qui de ce fait passe en bonne qualité.

- NO_3^- (nitrates)

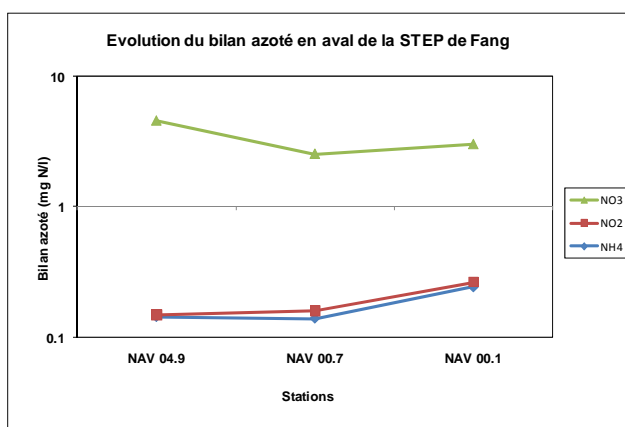


Graphique 7 : Concentrations en nitrates mesurées sur le bassin versant de la Navisence (2009-2010).

Les nitrates sont la forme finale de l'oxydation de l'ammoniac. La qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre est **très bonne** en juillet et octobre (concentrations inférieures à 1.39 mg N/l). En mars, les 3 stations aval montrent une qualité inférieure considérée toutefois **bonne**. La concentration maximale en nitrates s'observe immédiatement en aval de la STEP de Fang (NAV 04.9 avec 4.42 mg N/l) puis diminue vers l'embouchure au Rhône (NAV 00.7 : 2.37 mg N/l et NAV 00.1 : 2.74 mg N/l). Un phénomène de réduction des nitrates en nitrites apparaît en être l'origine.

- **Bilan azoté**

La campagne de mars 2010 (période touristique) montre un apport de nitrates au niveau de NAV 04.9 provenant de la STEP de Fang. Les concentrations en nitrates diminuent vers l'aval, alors que les nitrites et l'ammonium augmentent (cf. Graphique 8). Un phénomène de réduction ~~s'opère donc~~ pourrait s'opérer dans le milieu.

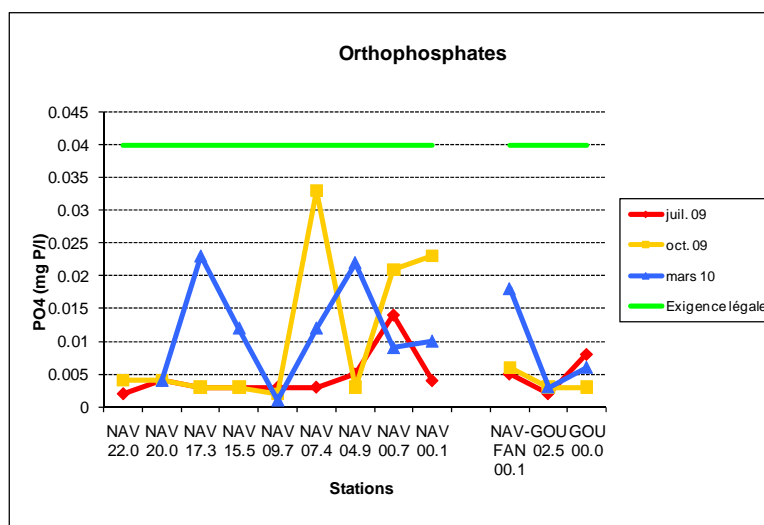


Graphique 8 : Evolution de l'azote en aval de la STEP de Fang (échelle logarithmique).

4.2.8. Phosphore (PO_4^{3-} , P_{tot})

- **PO_4^{3-}** (orthophosphates) (cf. Figure 2 et résultats en Annexe 1)

Les concentrations en orthophosphates (phosphore d'origine anthropique, directement assimilable par les plantes) sont en catégories **bonne** ou **très bonne** qualité. Les concentrations sont toujours inférieures aux objectifs de qualité des eaux (0.04 mg P/l) et la valeur maximale relevée est de 0.033 mg P/l en octobre 2009 en aval de Vissoie (NAV 07.4).



Graphique 9 : Orthophosphates mesurées sur le bassin versant de la Navisence (2009-2010).

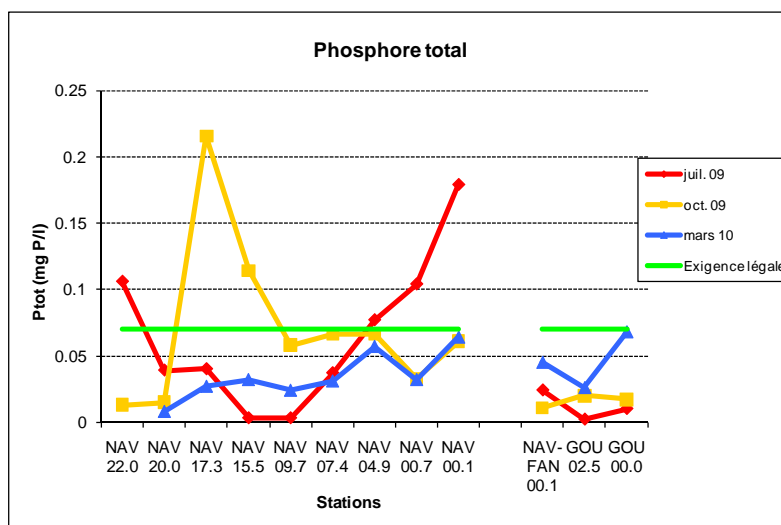
- **Ptot** (phosphore total) (cf. Figure 2 et résultats en Annexe 1)

En juillet 2009, la station la plus en amont de la Navisence (Amont de la Lé NAV 22.0) est classée en qualité **médiocre** avec une valeur de 0.106 mg P/l. Cette concentration est à mettre en relation avec le taux de MES élevé du mois de juillet 2009 (285 mg/l de MES) dû à la fonte glaciaire. Plus en aval, les stations NAV 04.9 et NAV 00.7 sont classées en qualité **moyenne**, respectivement **médiocre** (0.077 mg P/l et 0.104 mg P/l), alors que la station la plus en aval NAV 00.1 atteint la classe de **mauvaise** qualité (0.179 mg P/l). Les MES montrent ici aussi une concentration très élevée. Le phosphore total mesuré est donc liés aux MES, et non pas à une pollution d'origine organique (peu d'orthophosphates).

En octobre 2009, les valeurs élevées obtenues sur la station NAV 17.3 (**mauvaise** qualité) et la station NAV 15.5 (qualité **médiocre**) ne peuvent être mises en relation, ni avec les concentrations en orthophosphates (**très bonne** classe de qualité), ni avec une teneur en MES supérieure.

Ptot (mg P/l) avec MES pour le mois de juillet												
Stations Période	NAV 22.0	NAV 20.0	NAV 17.3	NAV 15.5	NAV 09.7	NAV 07.4	NAV 04.9	NAV 00.7	NAV 00.1	NAV-FAN 00.1	GOU 02.5	GOU 00.0
Juillet 2009	0.106	0.039	0.040	0.003	0.003	0.037	0.077	0.104	0.179	0.024	0.002	0.010
MES Juil. 2009	285	199	185	0	3	96	198	391	639	149	2	8
Octobre 2009	0.013	0.015	0.216	0.114	0.058	0.066	0.066	0.033	0.061	0.011	0.020	0.017
Mars 2010	-	0.008	0.027	0.032	0.024	0.031	0.057	0.032	0.064	0.045	0.026	0.068

Tableau 14 : Concentrations en Ptotal mesurées sur le bassin versant de la Navisence (2009- 2010).



Graphique 10 : Courbes du phosphore total mesuré sur le bassin versant de la Navisence (2009- 2010).

4.2.9. Bactériologie

Les couleurs reportées dans le Tableau 15 selon la grille d'interprétation retenue (cf. paragraphe 3.2.3) permettent de mettre en évidence les éventuelles contaminations. La qualité bactériologique apparaît comme bonne ou très bonne sur les torrents de Fang et la Gougra. La Navisence présente une bonne qualité sur les stations amont (hormis NAV 17.3 en aval de Zinal en mars 2010), mais qui baisse à une qualité moyenne en aval de la STEP de Fang.

- **Germes totaux** (cf. Figure 2 et résultats en Annexe 1)

Les germes totaux sont décelés en juillet 2009 sur le tronçon aval (NAV 00.7 et NAV 00.1). Le nombre de germes est aussi important (> 2400 n/ml) sur la station de Pralong (NAV 17.3, aval Zinal) en mars 2010.

- **Escherichia coli** (*bactéries indicatrices d'une contamination fécale récente*)

Les *Escherichia coli* augmentent sensiblement en aval de la STEP de Fang (qualité moyenne le plus souvent, notamment en mars 2010 où elles atteignent leur maximum à l'embouchure du Rhône.

- **Entérocoques**

Les dénombrements concordent avec ceux des *Escherichia Coli*. Les maximums sont observés sur les stations aval, avec une qualité moyenne pour les stations en aval de la STEP de Fang (NAV 04.9, NAV 00.7 et NAV 00.1) en octobre 2009 et en mars 2010.

Germe	Germe total /ml			Escherichia Coli /100 ml			Entérocoque /100 ml		
	07.2009	10.2009	03.2010	07.2009	10.2009	03.2010	07.2009	10.2009	03.2010
Mois/ année									
NAV 22.0	40	45	-	3	1	-	1	0	-
NAV 20.0	55	150	15	2	0	0	11	0	0
NAV 17.3	60	180	2400	5	160	210	11	56	95
NAV 15.5	95	330	200	0	35	0	1	23	5
NAV 09.7	310	180	240	15	3	0	28	2	0
NAV 07.4	250	120	160	10	0	0	27	3	1
NAV 04.9	450	380	480	160	660	800	170	250	220
NAV 00.7	1400	250	350	300	160	740	530	88	240
NAV 00.1	1600	360	570	450	42	1050	610	64	260
NAV-FAN 00.1	250	180	120	25	0	0	21	3	1
GOU 02.5	200	720	20	10	0	0	40	48	0
GOU 00.0	720	350	300	50	2	7	56	6	5

Légende		Très bon		Bon
		Moyenne		Médiocre
				Mauvais

Tableau 15 : Bactériologie obtenue sur le bassin versant de la Navisence (2009-2010).

- **Bilan global**

Les résultats sont cohérents et ils permettent de dresser un bilan. Des contaminations par les rejets de la STEP de Fang (NAV 04.9) sont perceptibles et classent souvent les stations en aval en classe de qualité moyenne. Quelques contaminations sont aussi possibles à Pralong (NAV 17.3). Mais l'ensemble des résultats montrent que l'impact est globalement peu élevé en comparaison d'autres bassins versants où des rejets d'eaux usées sont clairement mis en évidence, ce qui n'est pas le cas de la Navisence.

4.2.10. Conclusion sur les résultats physico-chimiques et bactériologiques

Les différentes campagnes d'analyses physico-chimiques mettent en évidence une **bonne à très bonne** qualité des eaux sur l'ensemble du bassin versant.

Quelques dépassements sont observés :

- Les concentrations en phosphore total sont supérieures aux objectifs de qualité des eaux, en particulier au mois de juillet où elles sont à mettre en lien avec les MES apportées par la fonte glaciaire ;
- A l'aval du rejet de la STEP de Fang, un phénomène de réduction des nitrates semble avoir lieu dans le milieu naturel (baisse des nitrates, apparition de nitrites et augmentation des ions ammonium) ;
- Les analyses bactériologiques enregistrent une contamination en aval du rejet de la STEP de Fang.

L'impact des rejets de la STEP se marque donc sur la qualité physico-chimique, mais de manière discrète. Des contaminations s'observent en aval de Zinal, alors que l'endommagement de la canalisation à Mottec ne se voit pas sur les résultats du mois de mars 2010. Ces données restent toutefois des **clichés ponctuels** avec seulement 3 campagnes basées sur des prélèvements instantanés.

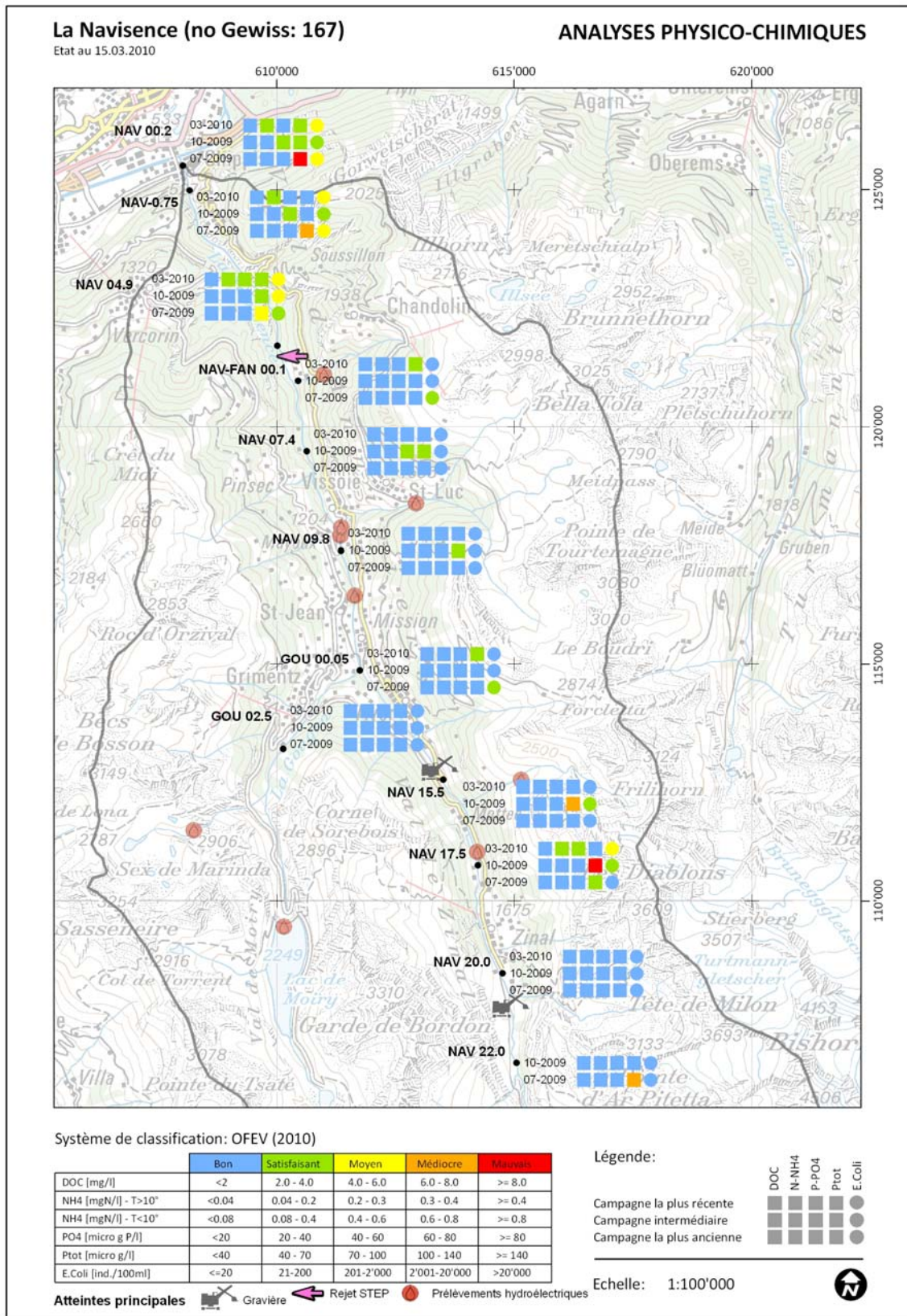


Figure 2 : Navisence, résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques (2009-2010).

5. ÉTUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

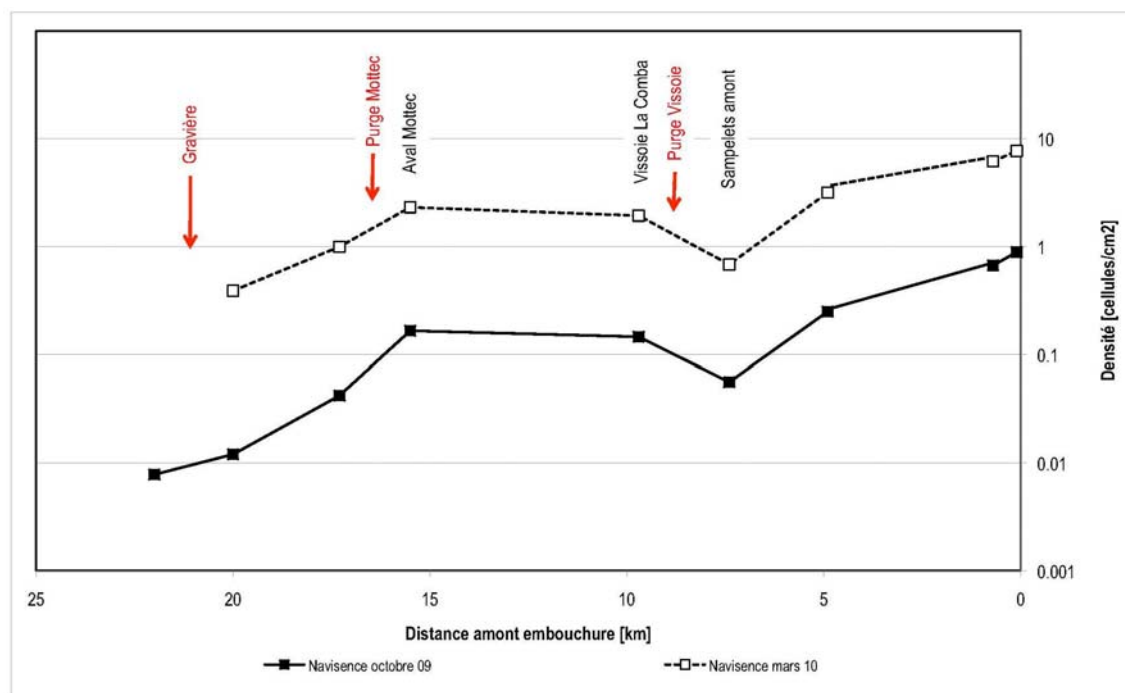
5.1. Résultats bruts

Les résultats bruts de l'analyse des communautés de diatomées prélevées dans les rivières du Val d'Anniviers, se trouvent dans le tableau de l'Annexes 3. Dans la première colonne de ce tableau figurent les espèces et variétés de diatomées classées en fonction de leur résistance saprobique (colonne B). Dans les colonnes C à H apparaissent respectivement les valeurs indicatrices et les valeurs de pondération des indices DI-CH2002, DI-CH2006 et trophique selon SCHMEDITJE & al. 1988. Les valeurs de l'ancien indice DI-CH2002 sont données pour faciliter la comparaison avec les études précédentes des rivières valaisannes. La colonne I signale la présence de formes monstrueuses de diatomées (tératologie). Dans les colonnes J à T figurent pour chaque espèce, les données de la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996). Ces indications servent à juger de la valeur patrimoniale des peuplements de diatomées. Dans les colonnes suivantes, on trouve les fréquences relatives des diatomées formant les communautés à chaque station pour les deux campagnes annuelles de prélèvements. Au bas des colonnes se trouvent les sommes des catégories d'espèces et les valeurs des différents indices qui servent aux diagnostics de qualité d'eau.

5.2. Etat des communautés de diatomées

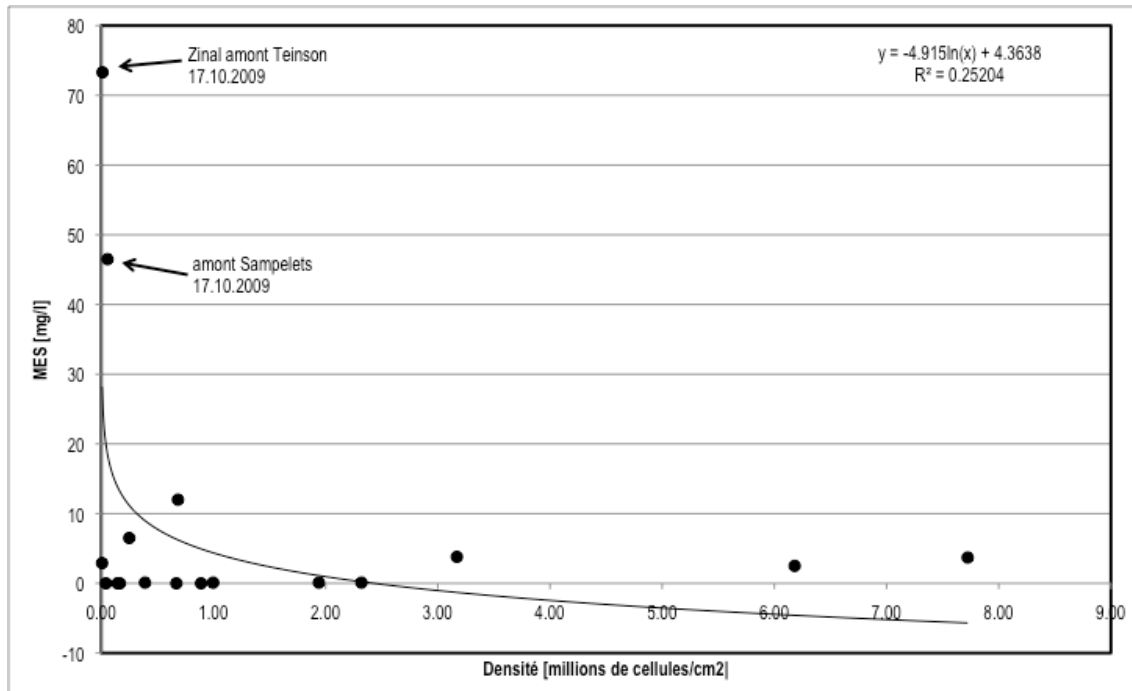
5.2.1. Densité des peuplements

Les densités de diatomées épilithiques vivant dans le courant sont distribuées d'amont en aval par rivières étudiées sur le Graphique 11 (attention, l'échelle des densités est logarithmique !).



Graphique 11 : Répartition des densités de diatomées épilithiques d'amont en aval de la Navisence. Valeurs automnales en traits pleins, valeurs hivernales en pointillés.

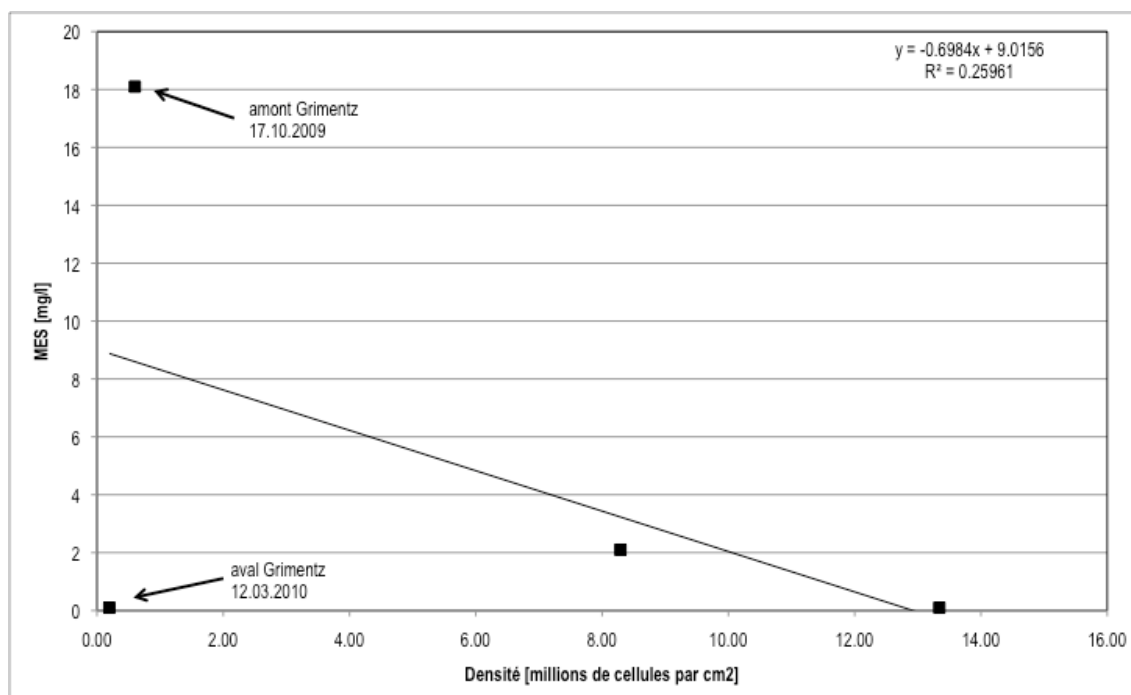
Dans la Navisence, ce qui frappe avant tout, c'est le parallélisme des fluctuations d'amont en aval, en octobre et en mars. Mais, les densités d'octobre sont réduites de 10 à 50 fois, par rapport à celles de mars. Les causes de variations de densité d'une station à l'autre semblent donc constantes au cours de l'année. En valeur absolue, les densités de mars sont normales pour des eaux courantes (entre un et dix millions de cellules par cm²). En principe, avec l'augmentation de niveau trophique et l'augmentation de température moyenne des eaux d'amont en aval, la densité de diatomées devrait augmenter progressivement. D'amont La Lé à Aval Mottec, la densité des diatomées augmente régulièrement. Sur ce tronçon en tout cas jusqu'à Pralong (aval Zinal), la densité est extrêmement réduite en octobre. La cause en est peut-être l'activité érosive des particules fines provenant des eaux de fonte du glacier, qui progressivement diminuent d'amont en aval (ou se réduisent du fait de la dérivation des eaux). Les activités de la gravière d'amont Zinal ne semblent pas à première vue avoir d'influence sur la densité des peuplements. La purge du bassin de Mottec réalisée mi-août est suffisamment éloignée pour avoir permis une recolonisation du milieu jusqu'à aval Mottec. Plus bas par contre, la densité des peuplements stagne, voire diminue de manière significative, en particulier à Samplet amont. Ces limitations de développement des diatomées, ne semblent pas liées à la purge automnale du bassin de Vissoie (mi-septembre avec rinçage le 13 octobre, soit 1 semaine avant nos prélèvements d'automne), car elles sont aussi observées en mars. Une hypothèse serait que les deux bassins relâchent des particules fines en permanence, ce qui expliquerait les limitations de développement des peuplements algaux sur tout ce tronçon. Une autre hypothèse est que sur ce tronçon étroit, peu ensoleillé et aux eaux tumultueuses, le développement des diatomées serait limité en permanence. Plus bas, dès la station Aval STEP, les densités augmentent de nouveau normalement. Si l'on accepte la 2^e hypothèse énoncée ci-dessus, alors les différences saisonnières de densité ne seraient dues qu'aux différences de turbidité naturelle des eaux entre l'automne et l'hiver, liées à la fonte du glacier de Zinal. Globalement, les variations de densité des peuplements ne sont pas dues aux variations de vitesse des eaux. Par contre, une fonction logarithmique (cf. Graphique 12) entre les densités et les taux de MES mesurés à l'époque des prélèvements explique le 50.2% de la variance : l'activité érosive des particules déterminerait une bonne part des réductions de densité des diatomées.



Graphique 12 : Distribution des densités de diatomées épilithiques en fonction des taux de MES mesurés dans la Navisence

Il ressort de cette distribution, que les taux de MES à Zinal amont Teinson et à amont Sampelets sont tout de même excessifs par rapport aux autres valeurs mesurées dans la Navisence. Cela met en doute les commentaires exprimés au paragraphe précédent ou cela voudrait dire, que turbidité naturelle et turbidité ponctuelle des purges se mêlent pour limiter le développement des diatomées. Il faut aussi préciser, que ces valeurs de MES ponctuelles, mesurées à l'époque des prélèvements, ne représentent pas réellement les pressions subies par les communautés de diatomées, puisque celles-ci intègrent les événements qui ont eu lieu pendant au moins un mois avant les prélèvements. Pour trouver une relation meilleure, il faudrait probablement faire des analyses de MES régulièrement avant les prélèvements et essayer de corréliser les valeurs maximales avec les densités des peuplements.

Dans la Gougra, d'une saison à l'autre, les densités de peuplement des diatomées sont exactement inverses. En automne à l'amont le développement est faible, tandis qu'à l'aval la densité est très élevée suivant le schéma normal d'augmentation progressive de nutriments. En mars c'est l'inverse. Comme dans la Navisence, le 50.9 % de ces variations de densité est expliqué par les taux de MES (cf. Graphique 13). Par contre, la forte densité de diatomées observée à Amont Grimentz en mars est peut être liée à la très belle exposition de cette stations (il n'y avait quasiment plus de neige à cet endroit lors du prélèvement). A aval Grimentz en mars, la réduction de biomasse (sans rapport avec les MES) est peut-être liée à l'encaissement de la station, dans laquelle, des amas important de neige et de glace jusque dans l'eau, étaient encore présents lorsque nous avons prélevé.



Graphique 13 : Distribution des densités de diatomées épilithiques en fonction des taux de MES mesurés dans la Gougra.

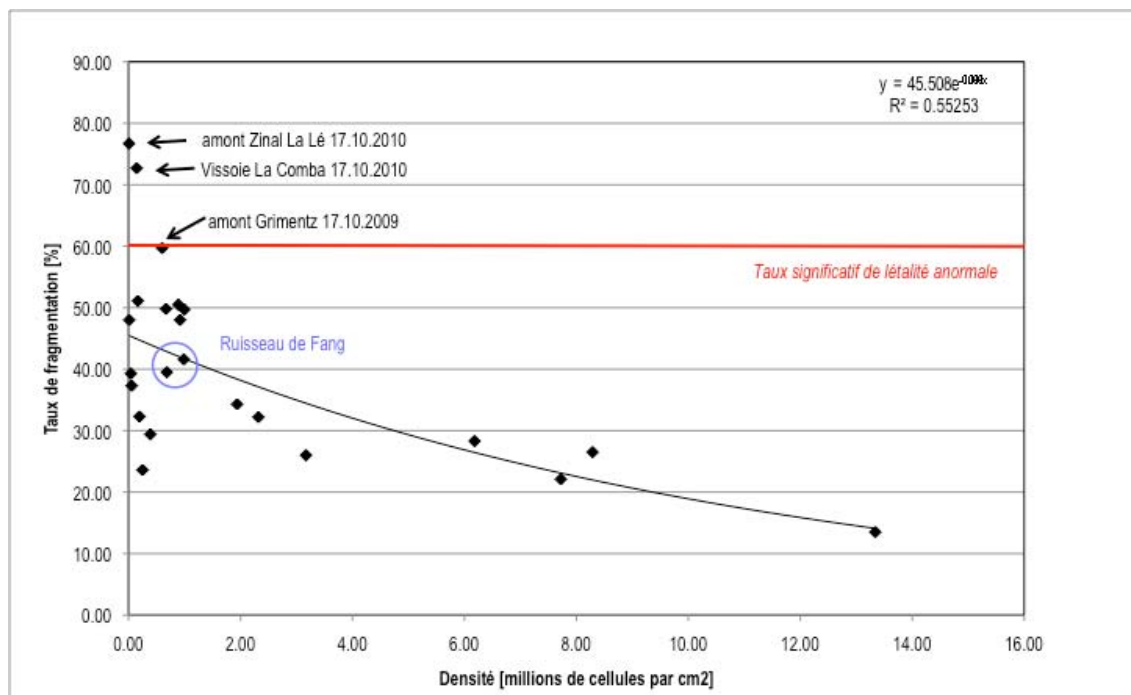
Sur la station du ruisseau de Fang, la densité de peuplement est normale (autour du million de cellules par cm²) et remarquablement stable aux deux saisons.

5.2.2. Fragmentation

Globalement dans les trois rivières, les réductions de densités des peuplements sont proportionnelles aux taux de fragmentation des diatomées (fonction exponentielle qui explique le 74.3% de la variance –cf. Graphique 14). Si certaines faibles densités ne sont pas uniquement liées à de la fragmentation, il reste que les très faibles densités mesurées à amont Zinal La Lé, à Vissoie la Comba et à amont Grimentz en octobre 2009, sont toutes liées à des taux de fragments significatifs de létalité peu habituelle. A amont La Lé, on peut logiquement penser que cette létalité est liée à l'action abrasive naturelle des particules fines

liées aux eaux de fonte. A Vissoie La Comba, en automne aussi, l'excès de fragments est peut-être lié à la purge du bassin de rétention (15-16.09.2009) et surtout au rinçage du 13.10. 2009, c'est à dire 5 jours avant nos prélèvements. A amont Grimentz, c'est plus problématique, car les eaux de fonte sont retenues dans le lac de Moiry (à moins que des purges aient aussi eu lieu au barrage de Moiry).

De toute manière, vu les corrélations relativement bonnes entre la densité des peuplements, les MES et les taux de fragmentation, on peut logiquement penser (comme dans le Rhône) que la pression principale sur le développement et l'état des diatomées est l'activité érosive due aux particules fines (naturelles ou provoquées par les exploitations - gravières ou hydroélectriques). On peut aussi remarquer qu'au ruisseau de Fang, qui lui n'est pas soumis à des décharges de particules fines, avec des densités stables autour d'un million de cellules par cm², les taux de fragmentation sont également stables.



Graphique 14 : Distribution des densités de diatomées épilithiques en fonction des taux de fragmentation mesurés dans les rivières du Val d'Anniviers.

5.2.3. Tératologie

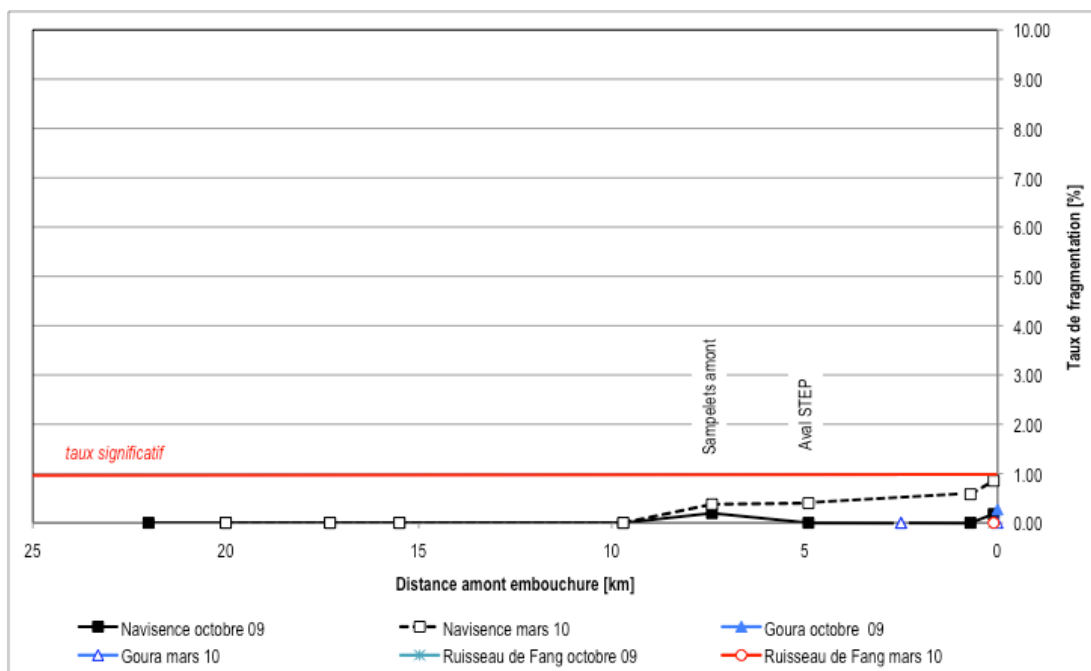
Dans l'ensemble des peuplements (cf. Graphique 15) les taux de formes tératologiques sont inférieurs à 1% (limite significative à notre connaissance). Il faut retenir tout de même que dans la Navisence à Sampelets amont en octobre 2009, puis dès cette station sur tout le cours aval en mars 2010, un certain taux de monstruosité est présent. En mars en particulier, ce taux augmente d'amont en aval, pour se situer très près de la limite significative à Chippis aval. A Sampelets amont, cette présence de forme tératologique s'accompagne d'une chute de densité de peuplement. Plus bas, c'est dès l'aval STEP que les taux de formes tératologiques augmentent. Dans tous les cas, ces monstruosité touchent *Achnanthes minutissima var minutissima*, une espèce très abondante mais sensible.

A aval STEP en mars 2010, deux autres espèces sensibles étaient touchées en plus : *Achnanthes pyrenaica* et *A. atomoides*. A Chippis, en amont et en aval, des formes tératologiques ont aussi été trouvées chez des espèces plus résistantes aux matières organiques : *Diatoma moniliformis* et *Nitzschia fonticola*. Bien qu'en taux très faibles, on peut penser que la présence de ces monstruosité est signe d'une certaine toxicité des eaux liées à des effluents d'égouts (à Sampelets en mars 2010) et de la station d'épuration de Fang.

Il faut signaler que dans la Gougra à Grimentz aval en octobre 2009, 0.27% de déformations étaient présentes chez l'espèce sensible *Achnanthes pyrenaica* et chez la plus résistante *Diatoma vulgare*, mais

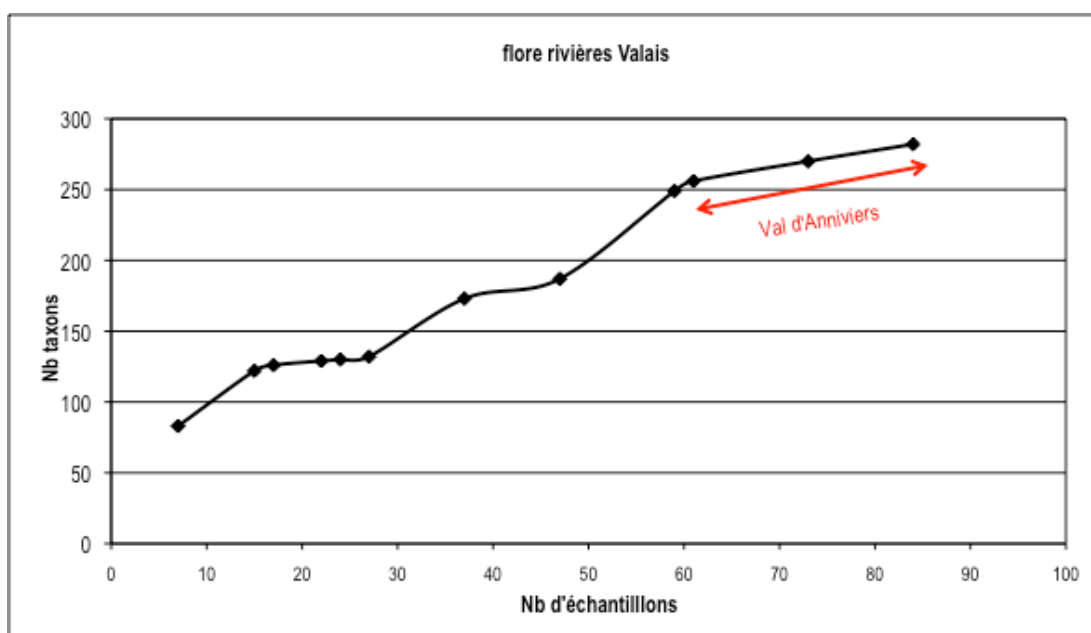
aussi chez une autre espèce non identifiable tellement la déformation étaient importante. Ces formes sont peut être aussi ici liées à de la pollution anthropique de cet endroit.

Dans le ruisseau de Fang, aucune forme tératologique n'a été observée.



Graphique 15 : Distribution des taux de formes tératologiques d'amont en aval des rivières du Val d'Anniviers. Valeurs automnales en traits pleins, valeurs hivernales en pointillés.

5.2.4. Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore



Graphique 16 : Progression des mentions floristiques de diatomées en rivières valaisannes, au cours des études menées par PhycoEco.

Dans les 23 échantillons prélevés dans les trois cours d'eau du Val d'Anniviers, 143 taxons de diatomées ont été trouvés. Cela représente près de 51% de la flore rhéophile valaisanne répertoriée actuellement dans la banque de données (en tout 282 taxons pour 84 échantillons de la Salentse, la Sionne, la Gamsa et du Rhône, y compris 2 échantillons historiques du début du 20^e siècle). C'est dire l'importance de la biodiversité de cette vallée pour la flore du canton. Avec cette nouvelle campagne de prélèvements, 26 taxons nouveaux pour la flore des rivières valaisannes ont été trouvés. Sur le Graphique 16 figure la progression irrégulière des découvertes floristiques dans les rivières valaisannes, réalisées par PhycoEco.

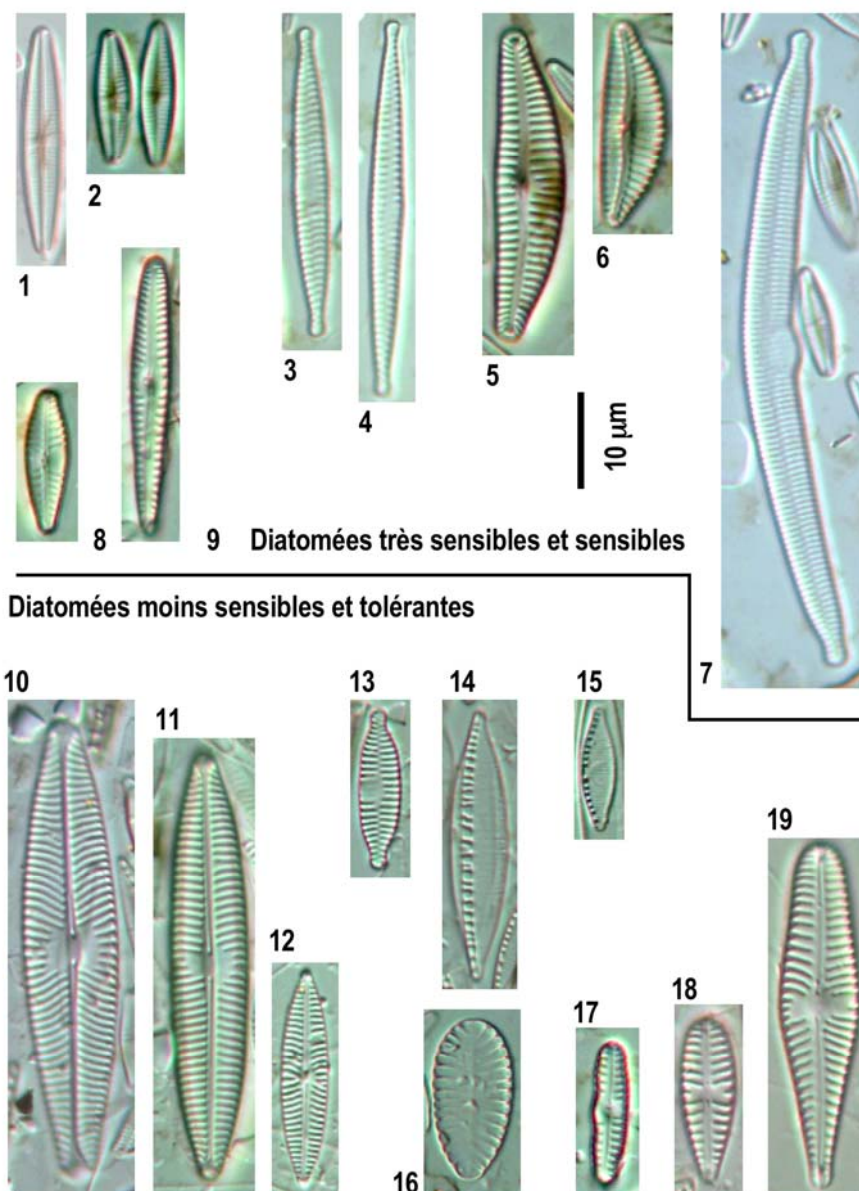
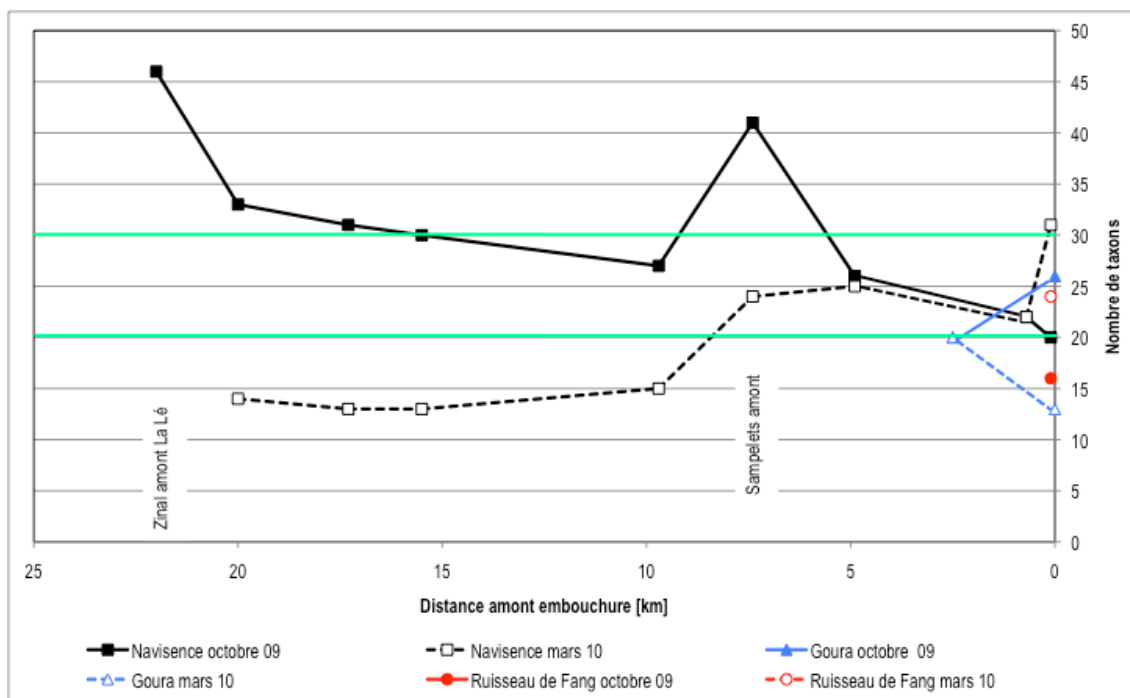


Figure 3 : Diatomées caractéristiques du Val d'Anniviers. 1-2 : *Achnanthes pyrenaica* Hust., 3-4 : *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (Grun.) Lange-B., 5 : *Cymbella parva* (W. Sm.) Kirch., 6 : *Cy. excisa* Kütz., 7 : *Fragilaria arcus* Ehr., 8 : *Gomphonema supertergestinum* Reich., 9 : *G. angustivalva* Reich. 10 : *Navicula lanceolata* (Ag.) Ehr., 11 : *N. tripunctata* Bory, 12 : *N. cryptotenella* Lange-B., 13 : *Fragilaria capucina* var. *capitellata* Lange-B., 14 : *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun., 15 : *N. fonticola* Grun., 16 : *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* Krammer et Lange-B., 17 : *Cymbella sinuata* sensu Krammer et Lange-B. 1986, 18 : *Gomphonema olivaceum* (Horn.) Bréb., 19 : *G. olivaceum* var. *calcareum* (Cl.) Cleve.

Les taxons les plus courants sont illustrés dans le manuel du DI-CH (Hürlimann et Niedehauser 2006). En page précédente, sont présentés des taxons caractéristiques trouvés dans la Val d'Anniviers (cf. Figure 3). Les vignettes de 1 à 9 illustrent des diatomées très sensibles et sensibles du cours amont de la Navisence, de la Gouggra et du ruisseau de Fang. Les vignettes de 10 à 19 illustrent des diatomées moins sensibles et tolérantes de la Navisence en aval de la STEP de Fang.

A chaque station, la flore dominante (obtenue après dénombrement de 500 individus) est répartie d'amont en aval sur le Graphique 17.



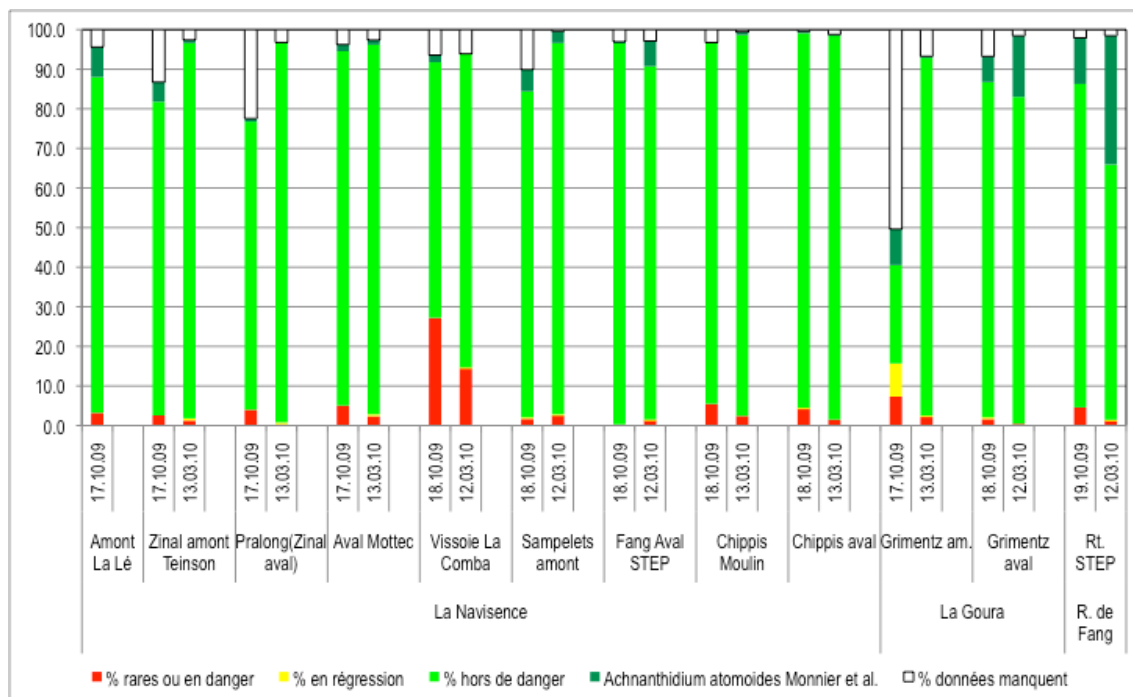
Graphique 17 : Distribution de la flore dominante des diatomées d'amont en aval des rivières du Val d'Anniviers.

En vert, le nombre moyen de taxons trouvé dans la majorité des stations situées sur les rivières suisses (en général eutrophisées mais en bon état) et qui y forme le 99 % des peuplements. Valeurs automnales en traits pleins, valeurs hivernales en pointillés.

Dans la Navisence, en amont de la STEP de Fang, de grandes différences saisonnières dans la biodiversité floristique dominante, sont mises en évidence. En octobre 2009, la richesse floristique est inversement proportionnelle aux faibles densités des peuplements (cf. Graphique 11). Ce phénomène est habituel : lorsque la pression écologique est forte, aucune espèce n'arrive à dominer, car aucune espèce ne trouve son optimum de croissance. Les deux cas les plus marqués sont les peuplements de Zinal amont La Lé (46 taxons) et de Sampelets amont (41 taxons). Le long de tout ce tronçon, la richesse floristique est supérieure à ce qu'on trouve habituellement dans les rivières suisses. Le long du même tronçon en mars 2010, la flore dominante est nettement plus faible, autour de 15 taxons, pour se rapprocher de la norme des Sampelets amont. En aval de la STEP de Fang, avec une augmentation des taxons résistants aux polluants, la richesse floristique est plus stable (dans la norme des rivières eutrophes), sauf à Chippis aval où le peuplement est plus diversifié en mars 2010. Dans la Gouggra, à l'amont de Grimentz, la biodiversité est stable, tandis qu'à l'aval, en mars 2010, la richesse floristique est réduite proportionnellement à la faible densité du peuplement pionnier (l'espèce pionnière *Achnanthes pyrenaica* domine à 63.2%). Dans le ruisseau de Fang en octobre, le peuplement est assez pauvre en taxons, essentiellement formé d'espèces pionnières, tandis qu'en mars, la biodiversité est meilleure, dans la norme des rivières suisses.

Dans la Navisence, la flore totale subit à peu près les mêmes fluctuations, avec une augmentation marquée dès Sampelets amont. Dans la Gougrou, la flore totale est également réduite à Grimentz aval et également plus diversifiée en mars 2010 dans le ruisseau de Fang.

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



Graphique 18 : 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 d'octobre 2009 et mars 2010 à chaque station des rivières du Val d'Anniviers : ce graphique donne une idée de la faible valeur patrimoniale de la plupart des peuplements, mais fait ressortir ceux qui méritent d'être protégés.

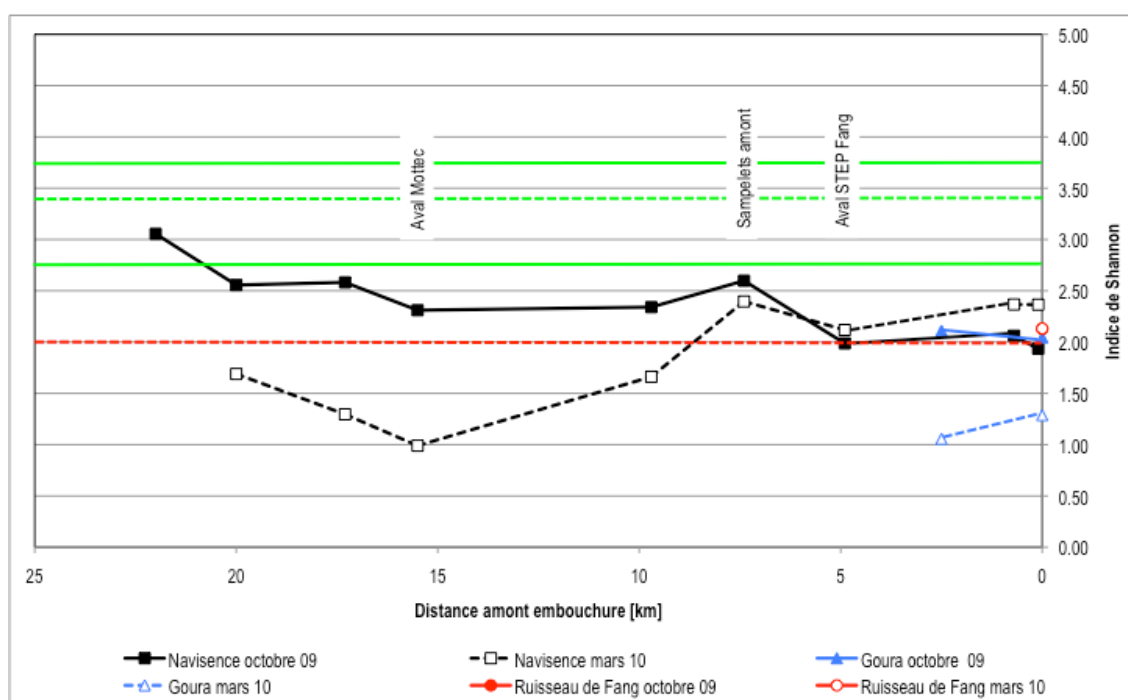
Le Graphique 18 présente les taux de représentation de ces catégories au sein des communautés trouvées à chaque station en octobre 2009 et en mars 2010. Les diatomées hors de danger en Europe centrale (en vert clair) forment en général 75 à 97 % de la biomasse des communautés, sauf à Vissoie La Comba et à Grimentz amont, où les peuplements sont moins banaux. Dans bien des stations, mais plutôt dans la Gougrou et dans le ruisseau de Fang, *Achnantheidium atomoides* Monnier *et al.* (en vert foncé sur le graphique), aussi très abondant dans le Rhône, doit certainement être associé à ce groupe. Cette espèce n'a été décrite qu'en 2004, car elle était associée auparavant à *Achnanthes minutissima*, par manque de critères distinctifs ou nommée illégitimement *A. atomus* (espèce strictement asiatique) comme dans le catalogue floristique du DI-CH (HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2002, 2006). De ce fait, elle manque dans la liste rouge. Mais à notre connaissance, c'est une espèce fréquente et abondante qui a été relevée depuis, en particulier au Luxembourg et dans plusieurs rivières suisses et françaises du bassin du Doubs, mais aussi en abondance dans l'Aar, le haut Rhin et l'Inn. C'est pourquoi nous l'associons ici aux diatomées hors de danger. Cette abondance des espèces hors de danger indique qu'en moyenne, la végétation diatomique des rivières du Val d'Anniviers a une faible valeur patrimoniale. En moyenne, les peuplements ne sont formés qu'à 2 à 6% par des espèces patrimoniales. Dans deux stations cependant, les peuplements sont plus originaux, car ils sont formés à 15 à 25% par des espèces de la liste rouge. A Vissoie La Comba tant en automne qu'en hiver, ces espèces rares et en danger sont principalement *Cymbella parva*, *Fragilaria*

ria capucina var. austriaca et *Gomphonema supertergestinum*. A Grimentz amont en automne, le peuplement est formé à 8.3% par l'espèce en régression *Gomphonema angustum* et à 5.3 % par l'espèce en danger *Gomphonema supertergestinum*. En outre le peuplement est dominé par *Gomphonema pumilum var elegans* à 42% (en blanc sur le graphique), taxon qui manque dans la liste car il n'a été décrit qu'après 1996. Mais ce taxon, assez fréquent et abondant dans les Alpes, est très rare en plaine, sauf dans quelques ruisseaux oligotrophes, comme ceux qui ont été étudiés dans le canton de Zürich. Donc à première vue, il s'agit d'un taxon qui est soit en régression ou même en danger. De ce fait, on peut considérer que le peuplement d'automne de Grimentz amont a une très grande valeur patrimoniale, car plus de 55% de la communauté serait constituée par des taxons de la liste rouge.

A Pralong en automne, une bonne partie du peuplement est aussi formé par des espèces pour lesquelles il manque des informations, en l'occurrence aussi *Gomphonema pumilum var elegans* (15.5%), ainsi que des variants très sensibles et rares d'*Achnanthes minutissima* (3.7%). De ce fait, il faut aussi attribuer à ce peuplement une bonne valeur patrimoniale.

5.2.5. Diversité structurale des communautés

La diversité structurale des peuplements indique leur degré de spécialisation, c'est à dire, en terme floristique, le degré de dominance de peu de taxons sur les autres (faible diversité structurale) ou à contrario le partage de l'espace par une plus grande diversité de taxons (haute diversité structurale). Cette dimension des communautés est exprimée par l'indice de Shannon, exprimé ici en logarithme népérien pour comparaison avec la base de données suisse, contrairement à l'expression en logarithme décimal utilisée en France et dans notre étude précédente (STRAUB 2007). Les valeurs trouvées de diversité structurale sont distribuées d'amont en aval sur le Graphique 19.



Graphique 19 : Distribution des valeurs de l'indice de Shannon d'amont en aval des rivières du Val d'Anniviers ; pour comparaison, la grande majorité des communautés étudiées sur les rivières suisses livrent des indices entre 2.75 et 3.75, avec une médiane située à 3.35 (pour 3'694 échantillons, HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2006) ; dans ce lot, les indices ≤ 2.0 sont révélateurs de peuplements exceptionnellement spécialisés (pointillé rouge).

Dans l'ensemble les valeurs de cet indice sont basses, voire très basses, en comparaison des autres rivières suisses, mais ce phénomène est habituel dans les rivières que nous avons étudiées en Valais, en particulier les rivières oligotrophes et les cours d'eau soumis à l'érosion causée par les matières en suspension. Dans la Navisence en amont de la STEP de Fang, la biodiversité structurale est paradoxalement plus élevée en automne 2009 (alors que les taux de MES sont plus élevés) qu'en mars 2010. Cette particularité est liée au fait que sur tout ce tronçon, les peuplements de mars, en début de croissance, sont dominés par 1 ou 2 taxons pionniers du genre *Achnanthes*. Néanmoins, l'extrême spécialisation observée à Aval Mottec est particulière. Dès la station de Sampelets, la biodiversité structurale est meilleure, assez stable, mais près de la limite exceptionnelle. Dans la Gougra, la biodiversité structurale est également faible en automne 2009 et exceptionnellement faible en mars 2009 : aux deux saisons des espèces dominent fortement. En automne c'est la très sensible *Gomphonema pumilum* var. *elegans* et en mars c'est l'espèce pionnière *Achnanthes pyrenaicum*. Au ruisseau de Fang, la biodiversité structurale est identique aux deux saisons, mais également très basse, le peuplement étant dominé par les espèces pionnières du genre *Achnanthes*.

5.2.6. Conclusion sur l'état des peuplements de diatomées

Dans le cours amont de la Navisence, la densité des peuplements est très faible en octobre 2009, sans doute conditionnés par l'action érosive des MES naturelles, liées à la gravière des hauts de Zinal ou aux purges de Mottec et de Vissoie, mais sans qu'on puisse distinguer nettement l'impact de telle ou telle origine. Malgré les faibles densités, la diversité floristique des peuplements est bonne en octobre. En mars, la densité est meilleure, mais les peuplements sont en pleine croissance de fin de printemps, donc elles sont dominées par les espèces pionnières. Le long du cours à l'aval de Sampelets, surtout dès l'aval STEP, les peuplements semblent plus stables (ils sont aussi formés par des espèces plus résistantes) et sont mieux diversifiés, ce qui est sans doute aussi liés à l'eutrophisation de la rivière. Il faut noter une augmentation progressive de l'abondance des formes tétratologiques d'amont en aval de ce tronçon. A part à Pralong et à Vissoie surtout en octobre, les peuplements sont relativement banaux, à faible valeur patrimoniale.

Dans la Gougra, la densité des peuplements est meilleure, sauf à Grimentz aval en mars, où le développement du périphyton n'avait probablement pas encore bien démarré lors des prélèvements. La biodiversité floristique est bonne dans cette rivière, avec en octobre un peuplement à haute valeur patrimoniale à Grimentz amont. Par contre, la biodiversité structurale est faible, due à la forte dominance de certains taxons.

Au ruisseau de Fang, bien que les peuplements soient assez spécialisés, leur densité est stable, ainsi que leur composition spécifique.

5.3. Autres algues

An cours des prélèvements, des algues macroscopiques ont été observées et récoltées pour identification. Leur présence est indiquée dans le Tableau 16.

Dans la Navisence le long du tronçon de La Lé à Pralong, on trouve sur les galets en zone de battement des vagues et dans les rapides, des taches grises à vert bleu de 2-3 cm de diamètre. Il s'agit de plusieurs espèces de cyanobactéries (algues bleu-vert) du genre *Phormidium*. Ces organismes sont très répandus même dans les eaux oligotrophes. On trouve aussi sur ce tronçon les lanières gélatineuses typiques d'*Hydrurus foetidus*. Cette espèce atteste les faibles charges saprobiques et trophiques des eaux. On remarque que cette espèce est mieux développée en hiver qu'en automne. A Amont Zinal (Teinson), quelques touffes d'algues vertes éparses en bordure du cours complètent la végétation algale : il s'agit d'une espèce de *Microspora* (couverte par une très jolie cyanobactérie de l'ordre des Chamaesiphonales) et d'une espèce fine d'*Ulothrix*, qui signalent une petite augmentation locale de niveau trophique. Plus bas à Aval Mottec et à Vissoie, *Hydrurus foetidus* est aussi bien implantée, mais en association avec des paquets gélatineux qui recouvrent les galets. Ces amas gluants sont caractéristiques d'une autre algue jaune-doré, *Chrysonobula holmesii*, que nous avons signalé dans la Salentse à Ovronnaz et Dugny en 2006 et dans la Sionne aux Mayens d'Arbaz en 2006 et 2007. Ces nouvelles observations amènent à 6 mentions pour la Suisse de cette algue peu signalée en Europe. C'est aussi une espèce qui indique la bonne qualité des eaux. Par contre dès Mottec et plus en aval, la présence de touffes d'algues vertes du genre *Ulothrix* est plus constante, dont *U. zonata* liée à l'augmentation de niveau trophique des eaux. Il est

intéressant de signaler, qu'en octobre 2009, alors que les conditions microclimatiques devaient être encore bonnes pour les algues vertes, celles-ci manquent totalement le long du tronçon en aval de Vissoie, même à Chippis. Ce phénomène est peut être liée à l'érosion provoquée par la purge de la seconde retenue.

	<i>Phormidium</i> spp. (Cyanophyceae)		<i>Hydrurus foetidus</i> (Chrysophyceae)		<i>Chrysonobola holmesii</i> (Chrysophyceae)		<i>Microspora</i> sp. (Chlorophyceae)		<i>Ulothrix zonata</i> (Chlorophyceae)		<i>Ulothrix</i> sp. (Chlorophyceae)	
	Oct 2009	Mars 2010	Oct 2009	Mars 2010	Oct 2009	Mars 2010	Oct 2009	Mars 2010	Oct 2009	Mars 2010	Oct 2009	Mars 2010
Dates												
Stations Navisence												
NAV-22.0 Zinal amont, La Lé	++		(+)									
NAV-20.0 Zinal amont, Teinson	++	++		++				+			+	
NAV-17.3 Zinal aval, Pralong	++	(+)	+	+								
NAV-15.5 Aval Mottec				++		++			+			
NAV-09.7 Vissoie, La Comba				++		+++			+			
NAV-07.4 Sampelets amont				+								
NAV-04.9 Fang, aval STEP										+		(+)
NAV-00.7 Chippis, Moulin										+		(+)
NAV-00.1 Chippis aval										+		(+)
Stations Gougra												
GOU-02.5 Grimentz amont				++						+		
GOU-00.0 Grimentz aval				+								
Station ruisseau de Fang												
NAV-FAN-00.1												

Tableau 16 : Occurrences d'algues macroscopiques dans les stations étudiées.
(+) vues uniquement au microscope, + présentes, ++ abondantes, +++ très abondantes.
En brun : station non visitée en mars 2009.

Dans la Gougra, la seule algue macroscopique présente uniquement en hiver est *Hydrurus foetidus*, qui témoigne de la bonne qualité des eaux.

Dans le ruisseau de Fang, aucune algue macroscopique n'a été observée.

5.4. Diatomées et qualités biologiques des eaux

5.4.1. Mise en garde

Les indications de qualité biologique des eaux ne sont valables que par rapport aux paramètres qui ont servi à l'étalonnage des méthodes classiques de mesure. Ces paramètres sont ceux de pollution habituelle d'origine domestique et agricole, c'est à dire liées aux taux de matières organiques et aux taux d'engrais (phosphates, nitrates). La qualité des eaux ne se borne pas à ces paramètres, mais doit être complétée par d'autres aspects, comme l'analyse présentée au paragraphe 5.2 tend à le montrer, en particulier par rapport aux variations de biomasse, de taux de fragmentation des diatomées et des taux de formes tératologiques.

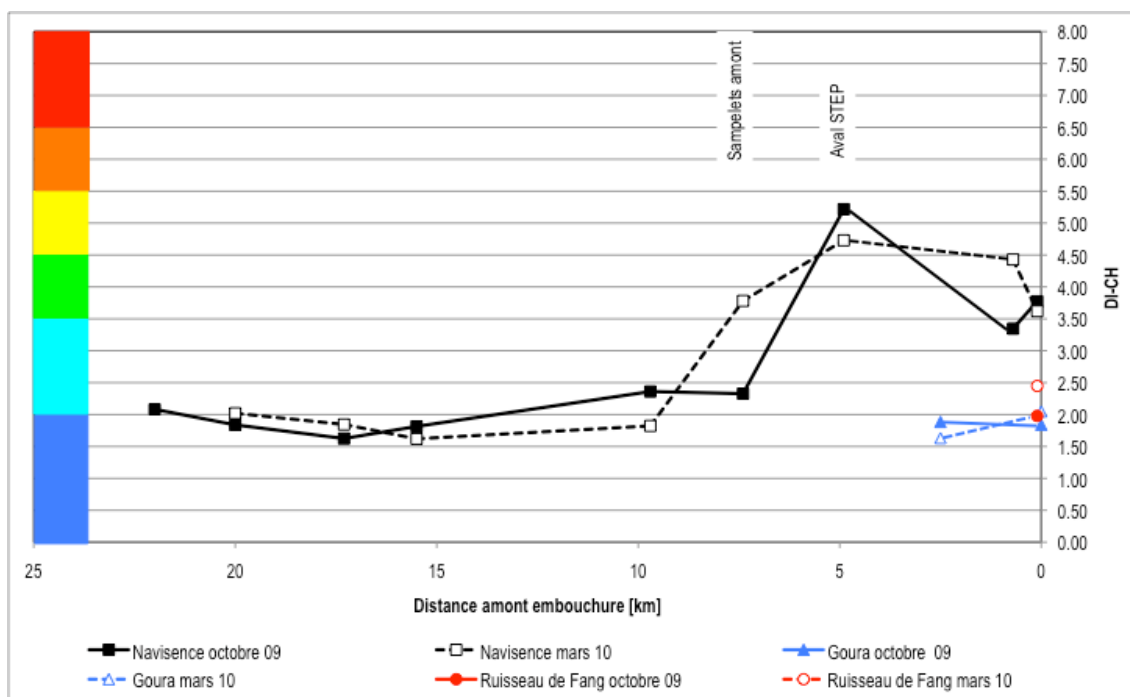
5.4.2. État de santé global (légal)

Les valeurs de l'indice DI-CH2006 (HÜRLIMANN et NIEDERHÄUSER 2006) calculées à partir de la composition des communautés de diatomées sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 20.

Dans la Navisence, depuis Amont Zinal La Lé jusqu'à Vissoie La Comba, les eaux sont de très bonne qualité, voir frisant l'excellente qualité (avec parfois des valeurs de DI-CH < 2.0). Cette qualité est constante aux deux saisons. Il faut remarquer tout de même, qu'à La Lé et à Zinal Teinson, les eaux semblent à peine plus chargées que plus en aval. A Sampelets amont, en automne, on retrouve cette qualité d'eau. Par contre, en mars à cet endroit, les eaux sont nettement plus chargées, tout en restant dans la gamme des bonnes eaux. Il n'y a pas de signe de pollution sur la station amont de Sampelets, malgré le fait que l'égout ait été endommagé à l'aval de Mottec depuis février 2010 (lettre de M. Bernard du 19.11.2010). A l'aval STEP par contre, la charge augmente nettement, si bien que les eaux de qualité moyenne, ne correspondent plus aux objectifs écologiques légaux. Plus en aval, à Chippis, les eaux s'améliorent assez rapidement en automne (effets de la dilution) et moins rapidement en mars, pour finalement se situer dans la gamme des bonnes eaux à Chippis aval.

Dans la Gouggra, la qualité globale des eaux paraît relativement constante aux deux saisons tant en automne qu'en hiver : les eaux frisent l'excellence avec des valeurs ≤ 2.0 .

Dans le ruisseau de Fang, la qualité des eaux est très bonne, à peine un peu plus chargées en mars qu'en automne.



Graphique 20 : Variations des valeurs de l'indice de pollution intégré DI-CH2006 (Système modulaire gradué suisse) d'amont en aval des rivières du Val d'Anniviers. Selon l'acceptation de la loi suisse, le bleu est l'indication des eaux de très bonne qualité et le vert, de bonne qualité et le jaune, de qualité moyenne.

5.4.3. Niveaux saprobique et trophique

Le Tableau 17 résume les qualités saprobique et trophique calculées à partir des assemblages de diatomées.

Le taux d'activité de décomposition (proportionnel au taux de matières oxydables – matières organiques et matières minérales réduites) est évalué par la méthode du diagnostic saprobique selon LANGE-BERTALOT. La quantité d'engrais présente dans les eaux est estimée à partir des peuplements de diatomées par le calcul de l'indice trophique de SCHMEDITJE *et al.* 1998. Ces estimations permettent de préciser l'origine des variations globales de qualité des eaux et sont en général plus sensibles que les indices à vocation normative (DI-CH).

Afin de mieux visualiser les petites différences de charge saprobique entre les stations, la composition des communautés de diatomées est présentée sur le Graphique 21 par groupes de résistance envers les matières oxydables (en principe toxiques pour ces algues).

	Saprobie	Saprobie	Trophie	Trophie
Stations	Octobre 2009	Mars 2010	Octobre 2009	Mars 2010
La Navisence				
NAV 22.0 – Zinal amont La Lé	(I)-II		1.67	
NAV 20.0 – Zinal amont Teinson	(I)-II	II	1.51	1.45
NAV 17.3 – Pralong(Zinal aval)	I-II	II	1.50	1.48
NAV 15.5 – Aval Mottec	(I)-II	II	1.68	1.47
NAV 09.7 – Vissoie La Comba	(I)-II	(I)-II	1.65	1.49
NAV 07.4 – Sampelets amont	II	II	1.67	1.94
NAV 04.9 – Fang Aval STEP	II-III	II-(III)	2.48	2.40
NAV 00.7 – Chippis Moulin	II	II-(III)	1.85	2.42
NAV 00.1 – Chippis aval	II	II-(III)	2.06	2.12
La Gouggra				
GOU 02.5 – Grimentz amont	I-II	I-II	1.61	1.50
GOU 00.0 – Grimentz aval	(I)-II	II	1.52	1.65
Ruisseau de Fang				
NAV-FAN 00.1 – Route STEP	II	II	1.75	1.93

Tableau 17 : Indications de niveau saprobique et d'indice trophique des eaux du Val d'Anniviers.

En automne, le long du tronçon amont, jusqu'à Vissoie La Comba, les eaux sont peu chargées en matières oxydables, de niveau de très légère β -mésosaprobie. A Pralong, la charge est même encore réduite à la limite entre l'oligosaprobie et la β -mésosaprobie. En mars sur ce tronçon par contre, les eaux sont plus chargées (β -mésosaprobies), sauf à Vissoie La Comba où elles conservent leur caractère de faible charge. Il faut remarquer qu'en automne aux deux stations à l'amont de Zinal, une certaine proportion de diatomées moins sensibles, tolérantes et très tolérantes est présente. Cela indiquerait que des matières organiques ou minérales réduites, anormales en tête de bassin, seraient présentes dans l'eau. Mais celles-ci ne sont pas enregistrées par les mesures chimiques de juillet et octobre 2009 (C et NH_4^+), si ce n'est l'excès de Ptot à La Lé en juillet 2009 qui est lié aux MES. Dès Sampelets amont, la charge saprobique semble augmenter de nouveau (β -mésosaprobie), mais de manière plus marquée en mars qu'en automne. Cette différence saisonnière de charge est aussi visible sur les paramètres chimiques mesurés en octobre 2009 et en mars 2010, mais sur l'ensemble du cours amont. L'augmentation à Sampelets ne ressort pas des descripteurs organiques, mais est bien mis en évidence par l'augmentation du taux de chlorures, caractérisant une pollution fécale. Par contre, en automne, à l'aval de la STEP, les eaux sont nettement plus chargées (de manière critique en automne) et à peine moins en mars, mais dépassant tout de même le seuil de l'acceptable. Cette augmentation de charge saprobique est aussi bien enregistrées

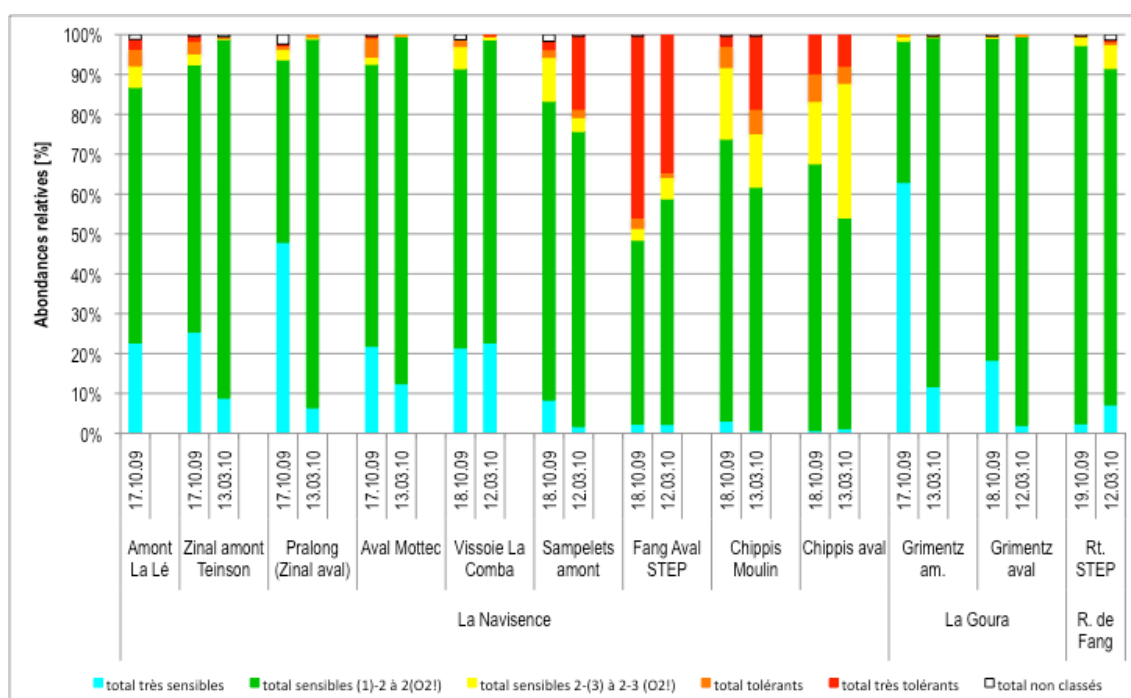
par les mesures chimiques en octobre 2009 et en mars 2010 (C, NH₄⁺ et Cl⁻) typiques des émissions de STEP.

Plus en aval à Chippis, la charge semble diminuer nettement en automne, mais pas autant en mars. La diminution de l'abondance des espèces très tolérantes montre qu'une certaine oxydation se produit dans le cours aval. Cette diminution qui a l'air flagrante à partir des assemblages de diatomées, semble moins bien enregistrée par les mesures chimiques.

Dans la Gougra, les eaux ont de faibles charges saprobiques, à la limite entre l'oligosaprobie et la β-mésosaprobie à Grimentz amont et un peu plus chargées à Grimentz aval, surtout en mars. Ces indications correspondent à toutes les mesures chimiques effectuées en 2009 et 2010.

Dans le ruisseau de Fang la charge saprobique est quasiment constante de niveau β-mésosaprobe, correspondant aux analyses chimiques.

Ces indications de niveau saprobique livrent un diagnostic plus contrasté (parfois plus sévère) que celles données par l'indice DI-CH (indice officiel de la confédération).



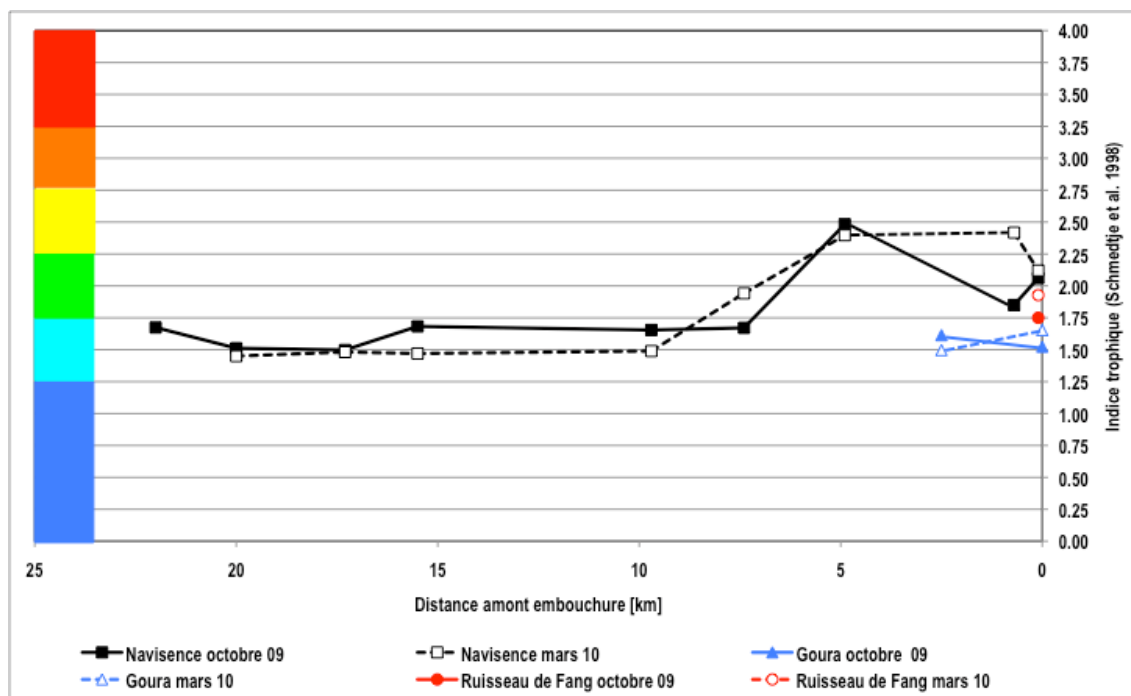
Graphique 21 : Compositions des communautés de diatomées par groupes de résistance envers les matières oxydables d'amont en aval des rivières du Val d'Anniviers.

Les valeurs de l'indice trophique, présentées dans le Tableau 17, sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 22. Dans la Navisence, les variations de niveau trophique d'amont en aval, sont exactement proportionnelles aux variations de DI-CH. D'Amont La Lé à Vissoie La Comba, les eaux sont mésotrophes. Elles semblent légèrement plus chargées à La Lé que plus bas (pourrait être dû à l'impact de l'alpage). Cela ne ressort pas des analyses chimiques (phosphates et nitrates). A Sampelets amont, en automne les eaux sont aussi mésotrophes, tandis qu'elles passent à l'eutrophie en mars. Cette augmentation est bien enregistrée par l'augmentation du taux de phosphates à cet endroit, tandis que l'augmentation en nitrates se marque déjà depuis Zinal progressivement en octobre 2009 et depuis Mottec en mars 2010.

A l'aval de Fang, malgré le bon fonctionnement de la STEP, la charge trophique augmente brusquement, jusqu'à la charge critique eu- polytrophe qui ne correspond plus aux objectifs écologiques légaux. Cette charge engraisseuse apparaît surtout dans les analyses chimiques de mars 2010. Si cette charge semble diminuer assez rapidement en automne, elle se maintient à Chippis Moulin en mars, pour ne diminuer nettement qu'à Chippis aval. Ces diminutions ne se marquent que partiellement sur les analyses chimiques d'octobre et de mars.

Dans La Gougra, les niveaux trophiques sont assez constants, dans la gamme de la mésotrophie. La petite augmentation de charge à Grimentz aval en mars est aussi enregistrée par les mesures chimiques.

Dans le ruisseau de Fang, les eaux sont eutrophes, un peu plus chargées en mars qu'en automne, ce qui correspond aux mesures chimiques réalisées aux mêmes périodes.



Graphique 22 : Distribution des indices trophiques d'amont en aval des rivières du Val d'Anniviers.

5.4.4. Conclusion sur la qualité biologique des eaux

Les eaux du cours amont de la Navisence sont constamment de fort bonne qualité saprobique et trophique. De ce fait on peut dire que les purges des bassins de Mottec et de Vissoie n'affectent pas cet aspect de la qualité des eaux. A Sampelets amont, cette qualité se maintient en automne, tandis qu'en mars 2009, la qualité est dégradée. Il y a eu à cet endroit un apport marqué d'eaux usées. Cet apport est peut être lié à l'effondrement partiel de la route de la STEP pendant l'hiver (rupture de l'égout ?). L'égout endommagé à l'aval de Mottec depuis février 2010, ne semble pas quant à lui avoir affecté les eaux de la Navisence. Les rejets de la STEP par contre sont permanents. Il péjorent la qualité des eaux de manière marquée tant en automne qu'en hiver (impact probablement toxique, qui se manifeste également par l'augmentation de l'abondance des formes tératologiques). L'impact de la STEP est important sur la Navisence en particulier en hiver pendant la saison touristique, du fait du manque d'eau de dilution. Lors des mesures 2009 et 2010, le débit de dotation de 470 l/s n'était pas encore en place. Notons également que la STEP a été conçue pour nitrifier les eaux (oxydation de l'ammonium) et donc que la charge en azote est toujours présente sous forme de nitrates. Cet impact influence tout le bas du cours de la rivière, bien que son effet se réduise, mieux en automne qu'en hiver (moins d'eau de dilution).

Les eaux de la Gougra sont en permanence de très bonne qualité.

Les eaux du ruisseau de Fang sont bonnes, mais paraissent un peu trop chargées par rapport aux autres rivières en amont de la STEP. Il faut cependant signaler que les eaux ne portent pas la marque de pollution excessive, comme c'était apparemment le cas autrefois.

5.5. Synthèse par station

• NAV 22.0 – Zinal Amont La Lé

Les observations et analyses n'ont été réalisées qu'en octobre à cette station. A part une légère turbidité, l'aspect général de l'eau est bon.

Le périphyton est très fin, brun caramel (à prédominance de diatomées). Le très faible recouvrement est dû à seulement 7'800 cellules/cm². Le peuplement de diatomées est fortement endommagé avec 76.7% de taux de fragmentation. L'érosion semble très active à cette station en automne probablement à cause des MES provenant de la fonte du glacier.

La communauté de diatomées est dominée par *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (24 %), diatomée pionnière sensible mais à large spectre écologique. Elle est accompagnée par les autres sensibles pionnières *Achnanthes pyrenaica* (8.2%) et *Achnantheidium atomoides* (7.6%), mais aussi par deux espèces très sensibles, d'eaux carbonatées propres : *Fragilaria arcus* (7%) et *Achnanthes grishuna* (7%). Il y a une petite proportion (6.8%) formées par des espèces tolérantes et très tolérantes, ce qui montre qu'en amont, malgré la très bonne qualité des eaux, celle-ci est marquée par des matières fécales et/ou par l'érosion des sols. C'est sans doute la marque des activités d'élevages sur le bassin versant en amont des cette station. Sinon le peuplement bien diversifié est formé par une flore de 46 espèces principales et 2 espèces accidentelles. La biodiversité structurale est bonne avec un indice de Shannon de 3.06. Elle est cependant relativement banale, avec seulement 3.2% du peuplement formé par des espèces de la liste rouge (pondérée par 12% formé par des espèces sur lesquelles les données manquent).

Malgré cela les indices donnent de fort bons résultats : eau très bonne sur le plan légal (DI-CH = 2.1), mésotrophe (indice trophique = 1.7) et très légèrement β -mésosaprobe de classe (I)-II.

Les seules algues macroscopiques sont des spots gris vert de *Phormidium* sp (algue bleu-vert) et quelques fragments d'*Hydrurus* repérés qu'au microscope.

• NAV 20.0 – Zinal Amont (Teinson)

Au point de vue général, il faut signaler une légère turbidité de l'eau en automne. La rive est souillée de déchets en quantité moyenne (plastique, métaux et goudron) en permanence.

En octobre, le périphyton est fin, brun caramel (à prédominance de diatomées) correspondant à une faible densité de 12'100 cellules/cm². Comme en amont l'érosion semble active à cet endroit, peut-être aussi due à la gravière située juste en amont. En mars, le périphyton est plus épais, légèrement verdâtre : le développement est meilleur avec 390'000 cellules/cm². Les taux de fragmentation ne sont pas significatifs.

La communauté d'octobre est co-dominée par *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (26.3%) et *Achnanthes pyrenaica* (22%), deux diatomée pionnières sensibles. Elle est accompagnée par plusieurs taxons très sensibles, dont *Fragilaria arcus* (8.1%) et deux variants d'*Achnanthes minutissima* var. *jackii* (7.4% au total). Ce cortège est complété par une certaine abondance d'*Encyonema minutum* (5.7%), espèce également sensible. Comme en amont, malgré la dominance de ces taxons d'eau propre, il y a tout de même une proportion significative de taxons tolérants et très tolérants (4.4%) qui proviennent certainement aussi de l'impact de l'élevage. La diversité floristique de 33 taxons principaux est normale. Le peuplement est un peu plus spécialisé qu'en amont avec un indice de Shannon de 2.56. En regard de la liste rouge, la flore est relativement banale : 2.6% de cellules appartiennent à des taxons en danger, pondérée par 18.2% de cellules de taxons dont on ne connaît pas le degré de raréfaction.

En mars, la communauté est encore plus spécialisée (indice de Shannon de 1.69, diversité floristique basse de 14 taxons principaux) avec la co-dominance des pionnières *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (29.8%) et *Achnanthes pyrenaica* (28.9%), ainsi qu'*Encyonema minutum* (29.1%). Les autres espèces sont moins abondantes qu'en octobre, en particulier les taxons tolérants et très tolérants qui ont régressés. Au point de vue patrimonial, le peuplement est encore plus banal en mars.

Les indications de qualité d'eau sont fort bonnes à bonnes toute l'année : eau très bonne sur le plan légal (DI-CH = 1.8 et 2.02), mésotrophe (indice trophique = 1.5 et 1.45). En octobre, l'eau est très légèrement β -mésosaprobe de classe (I)-II, tandis qu'en mars elle est nettement β -mésosaprobe de classe II.

Les algues macroscopiques sont surtout présentes en mars, en particulier *Hydrurus foetidus*, abondante dans les rapides (indication de bonne qualité d'eau) et quelques touffes d'algues vertes du genre *Microspora*. Des spots macroscopiques de *Phormidium* sp sont présents aux deux saisons en bordure de l'eau, ainsi qu'en automne quelques touffes jaune-vert d'*Ulothrix* sp (algue verte).

• NAV 17.3 – Pralong (Zinal aval)

Au point de vue général, il faut signaler une légère turbidité de l'eau et des déchets en petite quantité (métaux). Les déchets n'étaient pas visibles en mars à cause de la neige.

Le périphyton fin, brun caramel (à prédominance de diatomées) paraît stable aux deux saisons. En octobre, la biomasse est légèrement plus élevée qu'en amont avec 42'000 cellules/cm². Tandis qu'en mars elle avoisine 1'000'000 cellules/cm². Les taux de fragmentation ne sont pas significatifs, bien que les fragments soient à peine plus nombreux en mars.

En octobre, deux diatomées très sensibles typiques d'eaux carbonatées très propres dominent le peuplement : *Fragilaria arcus* (19.1%) et *Gomphonema pumilum var elegans* (15.5%). Ces deux taxons se partagent l'espace avec les deux espèces sensibles *Achnanthes minutissima var. minutissima* (14.3%) et *Encyonema minutum* (13.1%). Sinon, l'espèce un peu plus résistante *Gomphonema olivaceum* (9.3%), accompagne et indique que malgré les excellentes valeurs des indices (valeurs moyennes), une certaine quantité de matières organiques est présente. La diversité floristique de 31 taxons principaux est normale. Le peuplement est un peu spécialisé avec un indice de Shannon de 2.58. Au point de vue patrimonial, il faut relever 4% de cellules appartenant à 3 taxons de la liste rouge, en l'occurrence tout des taxons probablement en danger d'extinction en Europe (groupe G) et une bonne proportion (22.9%) de cellules appartenant à des taxons dont la biogéographie est peu connue. Ce peuplement est moins banal que ceux des deux stations amont.

En mars, le peuplement a changé, en plus spécialisé (indice de Shannon de 1.30, biodiversité floristique de seulement 13 taxons principaux) avec la forte dominance de *Achnanthes pyrenaica* (62.8%), accompagnée par *Encyonema minutum* (29.2%). *Achnanthes minutissima var. minutissima* a régressé à 8.3%. Au point de vue patrimonial, le peuplement est plus banal en mars qu'en octobre.

Les indications de qualité d'eau sont fort bonnes aux deux saisons : eau très bonne sur le plan légal (DI-CH = 1.6 et 1.84), mésotrophe (indice trophique = 1.5 et 1.48). D'oligo- à β -mésosaprobe de classe intermédiaire I-II en octobre, l'eau devient à peine plus chargée en mars : elle passe à une légère β -mésosaprobie de classe II.

Les algues macroscopiques sont représentées par *Hydrurus foetidus* en quantité moyenne (indication de bonne qualité d'eau) et par des spots macroscopiques de *Phormidium* sp présents aux deux saisons en bordure de l'eau.

• NAV 15.5 – Aval Mottec (Pont du Bois)

En octobre, au cours de l'examen visuel, nous avons relevé dans les endroits calmes quelques colonies d'organismes hétérotrophes en petite quantité et des déchets en faible quantité (métaux). La présence de bactéries et protozoaires visibles à l'œil nu indique un excès de matières organiques, alors qu'apparemment l'eau semble de très bonne qualité. Dans l'eau, nous avons observé et prélevé de nombreux flocons blanchâtres en suspension. L'examen microscopique de ces flocons a montré qu'il s'agissait de paquets de filaments sénescents d'algues vertes et de feuilles arrachées de mousses. Ces agglomérats étaient envahis de mycélium dicaryotiques (en cours de reproduction sexuée) de deux sortes de champignons. Ces flocons ne sont donc pas des traces de pollution ménagère ou agricole, mais sont des marques de décomposition d'organismes de la rivière, arrachés en amont.

Aucun déchet n'a été vu en mars dans le lit de la rivière. Sur les berges, la neige ne permettait pas de réaliser l'observation.

En octobre, le périphyton est fin brun caramel avec par places des diatomées filamenteuses. Le peuplement est mieux développé qu'en amont avec 166'000 cellules/cm². Le taux de fragmentation est un peu plus élevé (51.1%) qu'en amont. En mars, l'aspect du périphyton a bien changé. Les recouvrements de diatomées sont toujours fins bruns caramel. Par contre, l'essentiel des galets dans le courant, porte en plus les paquets gélatineux brun jaune de l'algue chrysophycée *Chrysonobula holmesii*. Ces paquets ren-

ferment aussi beaucoup de diatomées, si bien la biomasse diatomique est nettement plus élevée de 2'320'000 cellules/cm².

Ici en octobre, une seule espèce très sensible domine : *Fragilaria arcus* (12.6%). Elle co-domine avec les espèces sensibles pionnières *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (28.9%) et *Achnanthes pyrenaica* (15.6%), ainsi que l'espèce un peu plus résistante *Gomphonema olivaceum* (18%). Le taux de cette espèce aimant une certaine saprobie, correspond avec l'examen visuel de la station indiqué ci-dessus. La diversité floristique est normale avec 30 taxons principaux. La biodiversité structurale est un peu faible, avec un indice de Shannon de 2,31. Selon la liste rouge d'Europe, le peuplement est un peu banal, mais maintient tout de même 5% de cellules de taxons probablement en danger d'extinction.

Au point de vue qualitatif en mars, le peuplement a beaucoup changé, s'est fortement spécialisé avec la forte dominance d'*Achnanthes pyrenaica* (79.3%), espèce de légère β-mésosaprobie. A part elle, seule *Cymbella excisa*, espèce très sensible, a une certaine importance (4.95%). Tant la biodiversité floristique (13 taxons principaux), que la biodiversité structurale (indice de Shannon de 0.99) sont au plus bas. La valeur patrimoniale du peuplement a baissé.

Les indications de qualité d'eau sont fort bonnes : eau très bonne sur le plan légal (DI-CH = 1.8 et 1.6), mésotrophe (indice trophique = 1.7 et 1.5) et très légèrement β-mésosaprobe de classe (I)-II en octobre et de classe II en mars. Ces indications sont contradictoires avec le fait que des colonies d'organismes hétérotrophes ont été observées à cet endroit ; il s'agit de la seule marque objective de l'impact de l'égout endommagé à l'aval du hameau de Mottec.

En octobre, aucune algue macroscopique n'a été observée (effet de l'érosion, purge de la retenue de Mottec réalisées mi-août). Par contre en mars, les touffes d'*Hydrurus foetidus* sont abondantes dans les rapides et les galets sont envahis par les masses gélatineuses de *Chrysonobula holmesii* (ces deux algues jaune doré sont indicatrices de bonne qualité d'eau). L'observation de la seconde espèce représente la 5^e mention pour la Suisse. A part cela, en bordure quelques touffes de l'algue verte *Ulothrix zonata* suggèrent que le niveau trophique est à peine plus élevé à cette station, ce qui est aussi enregistré par les diatomées.

• NAV 09.7 – Vissoie amont (La Comba)

L'aspect général à la station est très bon en automne, en mars nous avons trouvé des déchets métalliques en quantité moyenne.

En octobre, le périphyton est fin mais bien développé brun caramel (à prédominance de diatomées). La biomasse de diatomées est moyenne avec 146'000 cellules/cm². Le taux de fragmentation est très élevé (72,7%), et les diatomées, même celles entières, sont en très mauvais état (forte érosion des squelettes). Cela révèle un impact important de l'activité érosive de l'eau. De ce fait, l'identification des espèces est parfois délicate dans ce prélèvement, si bien que les résultats sont peut-être partiellement faussés.

En mars, le périphyton à diatomées est de même type qu'en octobre, mais recouvert presque partout par les masses gélatineuses de la Chrysophycée rare *Chrysonobula holmesii*. La biomasse est plus importante qu'en automne avec 1'940'000 cellules/cm². A cette date, les diatomées sont en meilleur état, avec un taux de fragmentation non significatif.

En octobre, les deux espèces sensibles *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (30.8%) et *Gomphonema supertergestinum* (20.2%) dominent. Elles sont accompagnées par la sensible *Encyonema minutum* (7.3%), ainsi que par les très sensibles *Cymbella parva* (6.9%) et *Cymbella excisa* (5.2%). Outre qu'*Achnanthes* soit une pionnière, toutes ces espèces sont fixées au substrat, ce qui montre que l'ensemble du peuplement est adapté à résister à l'action érosive de l'eau. Les biodiversités floristique (27 taxons principaux) et structurale (indice de Shannon de 2.34) sont normales. Ce qui est particulier, malgré l'impact de l'érosion, est que le 27.2% du peuplement est formé d'individus de la liste rouge (probablement en danger d'extinction en Europe), en l'occurrence *Cymbella parva* et *Gomphonema supertergestinum*.

En mars, la composition floristique a changé, avec les pionnières qui dominent : *Achnanthes pyrenaica* (52.0%) et *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (18.1%). Ces deux espèces sont accompagnées, comme en automne par *Cymbella parva* (9.7%) et *Cymbella excisa* (5.2%), deux espèces très sensibles à la qualité de l'eau. La biodiversité spécifique est bien plus faible que la normale (15 taxons principaux) la biodiversité structurale est aussi assez faible (indice de Shannon de 1.66). Par contre la valeur patrimo-

niale du peuplement se maintient, avec 14.7% d'individus appartenant à des espèces en régression, très rares ou en danger selon la liste rouge.

Les indications de qualité d'eau sont fort bonnes respectivement en automne et en hiver : eau très bonne sur le plan légal (DI-CH = 2.4 et 1.8), mésotrophe (indice trophique = 1.7 et 1.5) et en permanence très légèrement β -mésosaprobe de classe (I)-II.

Comme à Mottec, aucune algue macroscopique n'a été observée en octobre. Par contre en mars, ici aussi un fort développement d'*Hydrurus foetidus* et de *Chrysonobula holmesii* (6^e mention pour la Suisse) a été constaté, ainsi que quelques touffes d'*Ulothrix zonata* (légère augmentation du niveau trophique).

• NAV 07.4 – Sampelets amont

Lors des deux prélèvements, une turbidité modérée de l'eau, des dépôts de particules fines en quantité moyenne et un peu de déchets métalliques ont été observés. En mars en outre, des déchets de coupes forestières étaient déposés sur les rives.

En octobre, le périphyton est très peu développé, presque invisible sur place : il correspond à une faible biomasse de diatomées de 56'000 cellules/cm². Par contre en mars, il est 10 fois plus développé, avec 684'000 cellules/cm². Les taux de fragmentation ne sont pas significatifs. Les taux de formes tératologiques de 0.20 en octobre et de 0.38% en mars ne sont en théorie pas significatifs, mais il faut signaler que ces monstruosité sont totalement absentes en amont.

En octobre, seule l'espèce sensible pionnière *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (41%) domine. Elle est accompagnée principalement par les espèces moins sensibles *Cymbella sinuata* (6.5%) et *Gomphonema olivaceum* (3.9%), mais aussi par d'autres sensibles comme *Achnantheidium atomoides* (5.5%), *Achnanthes pyrenaica* (4.7%), *Encyonema minutum* (4.9%) et *Nitzschia dissipata* (4.3%), ainsi que par deux variants de l'espèce très sensible *Achnanthes minutissima* var. *jackii* (6.1% au total). En mars, la communauté a une composition floristique assez proche, mais avec *Encyonema minutum* (24.5 %) qui domine, ainsi qu'*Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (17 %). Cette part de diatomées sensibles est complétée par *Gomphonema olivaceum* (12.3%), espèce eutrophile, ainsi que *Fistulifera saprophila* (18.5%), espèce indicatrice d'excès de matières organiques en décomposition. Cette composition de fin de printemps indique clairement que des rejets anthropiques impactent la rivière en amont de cette station. Cet impact est peut-être lié à la rupture de l'égout causée par l'effondrement partiel de la route de la STEP.

La flore est très diversifiée aux deux saisons avec respectivement 41 et 24 taxons principaux, ainsi que 13 et 26 accidentels. La biodiversité structurale est bonne (indice de Shannon respectivement de 2.60 et de 2.40). La part des espèces de la liste rouge ou en régression (2.5 et 3.0%) est moins important qu'en amont, mais en automne 14.8% du peuplement est constitué par des cellules d'espèces peu connues (seulement 3.3% en mars).

Malgré la présence d'indicateurs de pollution organique et d'eutrophisation, en moyenne les indications de qualité d'eau sont encore bonnes : eau très bonne en octobre sur le plan légal (DI-CH = 2.3), passant aux eaux bonnes en mars (DI-CH = 3.78, mésotrophes en octobre (indice trophique = 1.7) à eutrophes en mars (indice trophique = 1.94) et en permanence β -mésosaprobe de classe II, c'est à dire un peu plus chargées qu'à la station précédente. L'augmentation de charge en mars est peut-être liée à la rupture de l'égout pendant l'hiver, le long de la route de la STEP.

A cette station également, aucune algue macroscopique n'était présente en automne. En mars nous n'avons observé que quelques touffes d'*Hydrurus foetidus* dans les rapides, ce qui confirme l'augmentation de niveau trophique.

• NAV 04.9 – Fang (aval STEP)

Lors des deux prélèvements les signes suivants de dégradation ont été observés : turbidité légère, odeur modérée d'eaux d'égouts, un peu d'écume stable et déchets divers (métaux, plastique et papier). En mars en plus, de grandes quantités de vase organique colmataient les galets et quelques colonies de microorganismes hétérotrophes étaient visibles.

En octobre, le périphyton est très fin, quasiment inexistant. En mars par contre, le périphyton est bien développé brun à vert olive, ce qui signale un niveau trophique plus élevé qu'en amont. La densité de diatomées est de 250'000 cellules/cm² en octobre et dix fois plus forte en mars avec 3'170'000 cellules/cm². Les taux de fragmentation sont négligeables. En mars seulement, un certain nombre de formes tératologiques (0.4%), a été observé. Ce taux n'est en principe pas significatif, mais à relever tout de même, vu l'absence de ces formes dans le haut du cours d'eau.

Aux deux saisons, les espèces les plus abondantes sont stables. Les communautés sont fortement dominées par l'espèce très résistante aux polluants organiques *Fistulifera saprophila* (42.1 à 32.9%), mais conservent 25.6 à 30.2% de l'espèce sensible pionnière *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*. Les autres espèces qui accompagnent avec une certaine abondance sont des espèces sensibles : *Achnanthes pyrenaica* (5.2 à 8.3%), *Achnanthidium atomoides* (6.4%) et *Encyonema minutum* (8.1 à 5.3%). Cette homogénéité floristique, qui cache les variations saisonnières, est typique des eaux polluées. La flore est variée avec respectivement 26 et 25 espèces dominantes et des flores totales de 46 et 52 espèces. La biodiversité structurale est cependant assez faible, à cause de la forte dominance de seulement 2 taxons (indices de Shannon de 1.99 à 2.12). La part de biomasse des espèces de la liste rouge est très faible pour les Alpes (de 0.3 à 1.5%), l'essentiel de la communauté étant occupé par des taxons banaux.

La présence marquée des indicateurs de pollutions organique et trophique montre que les eaux ne correspondent plus aux objectifs écologiques légaux. L'indice DI-CH (de 5.22 à 4.73) indique des eaux de qualité moyenne, les valeurs de l'indice trophique (2.48 à 2.40) indiquent des eaux eutrophes à polytrophes. L'indice saprobique, montre que la charge des eaux a atteint en octobre la limite critique (classe II-III) et en mars la limite supérieure de la β -mésosaprobie, de classe intermédiaire II-(III).

En automne aucune algue macroscopique n'était présente. En mars seules des touffes vertes de deux espèces d'*Ulothrix* étaient présentes, dont *Ulothrix zonata* qui confirme l'augmentation de niveaux saprobique et trophique des eaux.

• NAV 00.7 – Chippis Moulin

En octobre, seuls quelques déchets métalliques souillaient la station. En mars par contre, les nuisances suivantes ont été observées : légère turbidité, un peu d'écume stable, un peu de déchets anthropiques (papier, métaux) et un peu de colonies de microorganismes hétérotrophes.

Le périphyton est en permanence brun caramel, mais fin en octobre et épais avec des concrétions en mars, ce qui correspond aux différences de densité des diatomées données ci-dessous. Cette allure du périphyton, indique que les nuisances observées à l'aval de la STEP de Fang, se sont atténuées.

En octobre, on trouve dans l'assemblage de diatomées, une forte abondance de valves érodées (très fines) et très déformées dans les genres *Encyonema*, *Navicula* et *Gomphonema*, même si elles ne sont pas toutes fragmentées. Cela indique que des sédiments situés en amont ont été repris par la rivière et se sont déposés à cette station. En mars, ces diatomées érodées ont disparu, au profit d'une communauté en bon état. En octobre la densité cellulaire est relativement faible pour le bas d'un cours d'eau alpin, avec 670'000 cellules/cm², tandis qu'en mars, c'est l'explosion typique des eaux eutrophisées avec 6'180'000 cellules/cm². En octobre, le taux de fragmentation de 49.8% est sans doute dû à la fragilité des squelettes érodés. En mars ce taux est de nouveau normal. En automne, aucune forme tératologique n'a été observée, tandis qu'en mars, 0.58% de ces monstruosité étaient présentes.

L'assemblage d'octobre est fortement dominé par l'espèce pionnière sensible *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (45.8%), mais bien accompagnée par l'espèce plus résistante aux matières organiques *Cymbella sinuata* (14.6%). Sinon deux autres taxons sensibles ont une certaine abondance : *Encyonema minutum* (8.1%) et *Gomphonema supertergestinum* Reichardt (5.5%). Ce dernier taxon est cité dans la liste rouge (encore sous le nom de *G. tergestinum*) comme probablement en danger en Europe centrale. Sa présence confère une certaine valeur patrimoniale à ce peuplement, malgré des nuisances dues aux matières en suspension. Sinon la diversité floristique est normale avec 22 taxons principaux. La diversité structurale de 2.06 est un peu faible (forte dominance du taxon pionnier) sans doute liée aux perturbations causées par les remises en suspension des sédiments.

En mars, l'assemblage est fort différent, dominé par trois *Nitzschia* eutrophiles : *N. dissipata* (17.8%), *N. fonticola* (11.2%) et *N. recta* (9.3). L'espèce très tolérante *Fistulifera saprophila* (18.2%) est aussi domi-

nante, ainsi que l'espèce sensible *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (22.5%). Les autres espèces importantes en octobre sont encore présentes mais en moindre abondance (d'où une baisse de la valeur patrimoniale du peuplement). La diversité floristique est stable avec toujours 22 taxons. Bien qu'encore en dessous de la norme des rivières de plaine, la biodiversité structurale est un peu meilleure qu'en octobre, avec un indice de Shannon de 2.37.

En octobre, les indications de qualité d'eau sont bonnes, meilleures qu'en amont : eau très bonne sur le plan légal (DI-CH = 3.35), mésotrophe (indice trophique = 1.85) et β -mésosaprobe de classe II. En mars par contre, la qualité est moins bonne, avec une valeur de DI-CH de 4.43 (eaux encore bonnes), un indice trophique de 2.42 (eutrophie à polytrophie) et une charge saprobique maximale pour la β -mésosaprobie, de classe intermédiaire II-(III).

En automne aucune algue macroscopique n'était présente. En mars seules des touffes vertes de deux espèces d'*Ulothrix* étaient présentes, dont *Ulothrix zonata* qui confirme le maintien des niveaux saprobique et trophique des eaux à l'aval de la STEP de Fang.

• NAV 00.1 – Chippis aval

Quelques déchets métalliques et de papier, ainsi que des dépôts de sédiments fins en quantité moyenne, dénature légèrement la station. En mars, des déchets de coupes de bois couvraient les berges.

En automne le périphyton était fin brun caramel, marqué par la prédominance des diatomées. En mars le périphyton avait la même couleur mais était plus épais, comme à Chippis Moulin.

Ici aussi, une forte abondance de valves érodées (très fines) et très déformées a été trouvée dans l'échantillon, même si elles ne sont pas toutes fragmentées. Comme à la station précédente, cela indique que des sédiments situés en amont ont été repris par la rivière et se sont déposés à cette station. En mars, ces valves érodées ont disparu.

Comme en amont, une grande différence de densité de diatomées a été mesurée : 114'000 cellules/cm² en octobre et 7'720'000 en mars. Le taux de fragmentation est aussi plus élevé en octobre (50.5%, érosion des valves) qu'en mars (22.1%). Dans les deux prélèvements, des formes tératologiques ont été trouvées (à 0.18 et 0.85%). En octobre cela affecte certaines cellules de l'espèce sensible *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*. En plus en mars, l'autre espèce sensible *Achnanthes pyrenaica*, mais aussi les plus résistantes *Diatoma moniliformis* et *Nitzschia fonticola* sont touchées.

En mars, la communauté de diatomées ressemble beaucoup à celle de Chippis Moulin : forte dominance d'*Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (52.1%) et important développement de *Cymbella sinuata* (12.5%), plus résistante aux matières organiques. Les autres espèces sensibles présentes en amont, *Encyonema minutum* (3.2%) et *Gomphonema supertergestinum* Reichardt (4.1%), ont régressé au profit des très résistantes *Fistulifera saprophila* (5.5%) et *Mayamaea atomus* var. *permitis* (3.8%). Cela indique une augmentation de charge par rapport à la station amont. La flore dominante a baissé à 20 taxons, la biodiversité structurale est faible (indice de Shannon de 1.94).

En mars, la diversité est meilleure (flore dominante = 31 taxa, indice de Shannon de 2.37). La communauté est aussi dominée par *N. fonticola* (28.4%) et *N. dissipata* (9.9%), avec tout de même une bonne représentation d'espèces sensibles : *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* (18%) et *Encyonema minutum* (14.3%). La présence de matières organiques est tout de même marquée par l'abondance de *Fistulifera saprophila* (7.5%), espèces très résistante.

Ces deux peuplements ont une faible valeur patrimoniale.

Malgré les différences de composition, les indications de qualité d'eau sont assez constantes : eaux bonnes sur le plan légal (DI-CH = 3.77 et 3.62), eaux eutrophes (indices de 2.06 et 2.12) et β -mésosaprobies en mars et près de la limite critique (forte β -mésosaprobie) en mars.

En automne aucune algue macroscopique n'était présente. En mars, seules des touffes vertes de deux espèces d'*Ulothrix* étaient présentes, dont *Ulothrix zonata* qui confirme le maintien des niveaux saprobique et trophique des eaux à l'aval de la STEP de Fang.

• Torrent de Fang - NAV-FAN 00.0 – Fang (route STEP)

L'aspect général est bon en permanence, si ce n'est le câble d'un ancien téléphérique qui traîne dans le cours d'eau et quelques morceaux de plastique.

Le périphyton fin brun caramel en permanence montre que l'essentiel du peuplement algal est formé de diatomées. La densité des diatomées est stable (respectivement 990'000 et 920'000 cellules/cm². Les taux de fragmentation de 41.6 et 48.0 % ne sont pas significatifs.

La communauté d'octobre est formée à 82.9% par les taxons sensibles pionniers du genre *Achnanthes* (sous genre *Achnantheidium*) : *A. minutissima* var. *minutissima* (22%), *A. atomoides* (11.6%), *A. pyrenaica* (26%), *A. minutissima* var. *inconspicua* (12.5%), *A. subatomus* (10.8%). Cette base est complétée par le genre *Cocconeis*, à savoir les taxons sensibles *C. placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *C. placentula* var. *lineata* et *C. disculus*, ce dernier étant très rare selon la liste rouge d'Europe. A part cela quelques autres taxons peu abondants complètent la liste, essentiellement des sensibles, mais aussi quelques uns plus ou moins résistants. Avec 16 taxons principaux et 2.13 d'indice de Shannon, les biodiversités spécifique et structurale de la communauté sont plus faibles que d'habitude. Ce type de communauté indique une grande instabilité du peuplement qui semble en renouvellement permanent (probablement lié à l'activité mécanique des eaux de ce torrent vif).

En mars, les mêmes espèces pionnières dominent toujours le peuplement à 78.6% : *A. minutissima* var. *minutissima* (21.6%), *A. atomoides* (32.5%), *A. pyrenaica* (19%), *A. minutissima* var. *inconspicua* (1%), *A. subatomus* (4.2%), mais c'est *A. atomoides* qui est le plus abondant. Le genre *Cocconeis* a un peu régressé au profit de l'espèce très sensible *Diatoma mesodon* (4.7%). La flore est à peine plus diversifiée avec 24 taxons principaux. La biodiversité structurale est stable. Dans cette flore, 6 espèces figurent sur la liste rouge (dont la très rare *Achnanthes montana*), mais elles n'occupent que 1.5% du peuplement. L'instabilité du peuplement est constante.

Malgré la faible valeur indicative des taxons d'*Achnantheidium* et de *Cocconeis*, on peut estimer que la qualité des eaux est très bonne à bonne. Plus précisément les valeurs chiffrées des indices donnent les indications suivantes : eaux très bonnes selon le DI-CH (2.0 à 2.45), eutrophes selon l'indice de SCHMEDITZ *et al.* (1.8 à 1.93) et β -mésosaprobies de manière constante.

Aucune algue macroscopique n'est présente à cette station.

• Gougra - GOU 02.5 – Grimenz amont

Aspect général : rien à signaler, la station n'est pas souillée.

Le périphyton est fin brun caramel en permanence ce qui indique une prédominance des diatomées, signe de bonne qualité d'eau.

En octobre, le développement du peuplement est moyen avec 600'000 cellules/cm². En mars par contre, la biomasse est très forte avec 13'350'000 cellules/cm² à la fin de la période hivernale. Le taux de fragmentation en octobre est assez élevé (59.7%), ce qui explique la faible biomasse, tandis qu'en mars ce taux est très bas. Aucune forme tératologique n'a été trouvée à cette station.

En octobre, la communauté est dominée par des espèces du genre *Gomphonema*, connu pour résister à l'impact mécanique du courant. Les espèces très sensibles ou sensibles de ce genre dominent : *G. pumilum* var. *elegans* (42.6%), *G. angustum* (8.3%), *G. angustivalva* (5.5%) et *G. supertergestinum* (5.3%). Sinon le reste du peuplement est formé par les pionnières *Achnanthes pyrenaica* (9.3%), *A. atomoides* (9.1%) et *A. minutissima* var. *minutissima* (7.5%). La biodiversité structurale du peuplement est un peu faible mais normale en rivière alpine (indice de Shannon de 2.11).

En mars par contre, c'est la dominance d'*Achnanthes pyrenaica* (79,4%) qui frappe, ce qui fait que la biodiversité structurale du peuplement est très faible (indice de Shannon de 1.06). Cette espèce est accompagnée par les deux espèces très sensibles *Gomphonema angustivalva* (2.8%) et *Gomphonema pumilum* var. *elegans* (2.8%) qui ont régressé par rapport à l'automne. Le reste du peuplement est principalement occupé par la sensible *A. minutissima* var. *minutissima* (6%).

La flore principale est selon la saison de 20 à 19 taxa sur une flore totale de 34 à 42 espèces. Il faut relever que dans cette flore, 8 à 11 taxa figurent sur la liste rouge. En automne, ces espèces rares ou en dan-

ger assurent le 15.7% de la biomasse, tandis qu'en mars seulement 1.5%. Malgré cette baisse, il faut considérer que les peuplements de cette station ont une bonne valeur patrimoniale.

Ces communautés indiquent des eaux en permanence très bonnes (DI-CH = 1.84 et 1.60), mésotrophes (indice trophique de 1.5 constant) et oligo.- à β -mésosaprobés ou très faiblement β -mésosaprobés.

En automne aucune algue macroscopique n'est présente. En mars un bon développement d'*Hydrurus foetidus* a été observé (bonne qualité des eaux), mais aussi quelques touffes de l'algue verte *Ulothrix zonata*, ce qui est étrange, vu que cette espèce pousse plutôt dans les eaux eutrophes à polytrophes.

- **Gougra - GOU 00.0 – Grimenz aval**

Outre quelques déchets métalliques et de verre (sous la neige en mars), la station n'est pas souillée.

En automne, le périphyton est épais, brun, ce qui explique la forte densité de diatomées. En mars, le périphyton est fin brun caramel ce qui indique une bonne qualité d'eau.

Le peuplement très développé en octobre de 8'290'000 cellules/cm², régresse en mars à 200'000 cellules/cm². Les taux de fragmentations sont non significatifs. En octobre, bien que non significatif théoriquement, il faut signaler un taux de formes tétralogiques de 0.3%. En mars ces formes monstrueuses ont disparu.

Aux deux saisons, le peuplement est essentiellement formé par les espèces pionnière sensibles *Achnanthes pyrenaica* (37.2 à 63.2%), *A. atomoides* (6.5 à 15.4%) et *A. minutissima* var. *minutissima* (29.6 à 11.8%). En octobre, la communauté est à peine plus diversifiée avec la présence de *Fragilaria arcus* (4%) et de *Diatoma ehrenbergii* (4%) deux espèces très sensibles. La biodiversité floristique est normale à faible avec respectivement 26 et 13 taxa, pour des flores totales de 41 et 30 espèces. Les fortes dominances font que la biodiversité des communautés est faible (indice de Shannon de 2.05 à 1.29). Parmi ces espèces, 4 à 5 espèces figurent sur la liste rouge : elles forment respectivement 2.5 à 0.5 % de la biomasse. Cela montre, que par rapport à l'amont, la valeur patrimoniale est moindre à cet endroit.

Ces communautés indiquent des eaux en permanence très bonnes (DI-CH = 1.88 et 2.05), mésotrophes (indice trophique de 1.61 à 1.65) et oligo.- à β -mésosaprobés ou très faiblement β -mésosaprobés en mars.

Aucune algue macroscopique n'était présente en automne. En mars, quelques touffes d'*Hydrurus foetidus* dans les rapides ont été observées.

6. ÉTUDE DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES ET QUALITE BIOLOGIQUE DU COURS D'EAU

Les résultats d'analyses biologiques figurent dans la base de données du canton « **BD-hydrobio** ». Les fiches ne sont plus annexées au rapport qui décrit les caractéristiques de l'environnement, indique les couples « substrat-vitesse », donne les valeurs biologiques des échantillons (diversité, groupe indicateur, nombre d'individus, note IBGN) et dresse la liste des taxons inventoriés. La Figure 4 visualise la qualité des stations d'après les notes de l'IBGN trouvées en 2009 et 2010.

6.1. Substrats

Stations	Nombre de substrats		Octobre substrats supplément.	Mars substrats supplément.	Remarques
	Oct.	Mars			
NAV 22.0	4	-	-	-	Substrats moyennement diversifiés, dominés par les blocs, avec colmatages localisés.
NAV 20.0	4	5	-	Litières	Substrats moyennement diversifiés, non colmatés, dominés par les blocs.
NAV 17.3	5	5	-	-	Substrats moyennement diversifiés, dominés par les blocs et galets. Présence de quelques dépôts de limon en octobre et d'un film beige en mars.
NAV 15.5	4	5	-	Litières	Substrats moyennement diversifiés, non colmatés, dominés par les galets et blocs
NAV 09.7	5	5	-	-	Substrats moyennement diversifiés, non colmatés, dominés par les blocs et galets.
NAV 07.4	5	5	-	-	Substrats moyennement diversifiés, dominés par les blocs et galets. Fonds ensablés en octobre et enlimonés (couche) en mars.
NAV 04.9	5	6	-	Vases	Substrats moyennement à bien diversifiés dominés par les blocs et galets. En mars, présence de MO avec fonds très différents.
NAV 00.7	5	5	-	-	Substrats moyennement diversifiés, dominés par les blocs et galets. En octobre, fonds ensablés. En mars, fonds légèrement colmatés et un peu ensablés.
NAV 00.1	5	5	-	-	Substrats moyennement diversifiés, dominés par les galets et blocs.
NAV-FAN 00.1	6	6	-	-	Substrats bien diversifiés, non colmatés, dominés par les blocs et galets.
GOU 02.5	5	5	-	-	Substrats moyennement diversifiés, non colmatés, dominés par les blocs et galets. En mars, présence de MO (très léger).
GOU 00.0	5	6	-	Bryophytes	Substrats moyennement à bien diversifiés, non colmatés, dominés par les galets.

Tableau 18: Diversité et qualité des substrats trouvés dans le Bassin versant de la Navisence (2009 - 2010).

La diversité des substrats est **moyenne à bonne**. Sur les 9 types de substrats théoriques (10 avec les algues), les stations en possèdent 4 à 6, mais la représentation de certaines granulométries comme les graviers, sables et limons peut être faible pour certaines stations (5 % pour les graviers et les sables). Les vases ne sont jamais trouvées (sauf sur NAV 04.9, en aval de la STEP de Fang), ni les bryophytes (sauf sur le torrent de Fang). La qualité des fonds est parfois altérée par de légers colmatages notamment sur la station NAV 00.7 en mars. Un ensablement est observé sur les stations NAV 07.4 en mars et NAV 00.7

pour les deux campagnes (moins marqué en mars). Quelques dépôts de limon ont aussi été observés sur les stations NAV 17.3 et NAV 07.4 (en couche) en mars.

Sur l'ensemble des stations, les substrats sont quasi exclusivement minéraux (absence de vases et bryophytes) mais comportent tout de même des litières. Les algues sont traitées dans le chapitre « diatomées » sous le point 355.3.

6.2. Faune benthique échantillonnée

• **Composition faunistique du peuplement benthique**

(cf. liste faunistique détaillée dans le Tableau 19)

Tous les taxons recensés ne se rencontrent pas systématiquement dans chacune des stations. Les répartitions sont liées à des variations spatiales ou saisonnières.

Taxons **ubiquistes**, distribués dans la plupart des stations et généralement bien représentés en nombre d'individus

Leuctridae, Taeniopterygidae (à l'exception de la station NAV-FAN 00.1 sur le torrent de Fang et en abondance plus faible en aval), Limnephilidae, Rhyacophilidae, Baetidae, et Chironomidae (à relever toutefois leur absence dans NAV 07.4 en octobre) : ces familles ou groupes s'adaptent facilement aux variations des paramètres biotiques et abiotiques du milieu ; cette liste se retrouve sur la plupart des rivières valaisannes étudiées jusqu'à présent.

Taxons présents dans toutes les stations, mais en abondance plus faible

Nemouridae (bien distribués, mais en abondance faible à moyenne sauf sur NAV 17.3 en octobre et sur la Gougra), Heptageniidae (décroissance de l'abondance amont-aval sur la Navisence, mais forte abondance sur GOU 02.5 en octobre), Empididae (également décroissance de l'abondance vers l'aval), Limoniidae (plus forte abondance sur la Gougra), Simuliidae (qui prolifèrent toutefois en mars sur NAV 07.7 et surtout sur NAV 04.9 avec plus de 3'000 ind. !) et Oligochètes.

Taxons présents dans au moins **50 %** des stations

Les Perlodidae (familles exigeantes vis-à-vis de la qualité des eaux), Psychodidae, Hydracariens. La présence de Perlodidae, en quantité relativement abondante sur les stations amont (dès la station NAV 15.5), ainsi que sur la Gougra et le torrent de Fang est à souligner.

Taxons **peu fréquents**, souvent peu abondants

Capniidae, Chloroperlidae (mais bonne abondance sur les stations GOU 02.5 et GOU 00.0 à signaler), Philopotamidae, Hydraenidae, Athericidae, Tipulidae, Planariidae, Nematelminthes.

Taxons rencontrés de façon **exceptionnelle**, présents dans une seule, voire 2 stations, avec moins de 3 individus, et même souvent 1 seul individu sur l'ensemble des campagnes

Hydropsychidae et Hydroptilidae (toutes deux uniquement dans torrent de Fang), Lepidostomatidae, Sericostomatidae (torrent de Fang), Leptophlebiidae (aval Gougra), Mesoveliidae (concentrés dans une station NAV 00.1 en octobre), Veliidae, Haliplidae, Helodidae, Helophoridae, Blephariceridae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae. Certains individus peuvent provenir de la dérive, mais plusieurs taxons ne sont présents que sur 1 station à 1 saison ; leur abondance très limitée indique qu'ils n'arrivent pas à se développer dans les autres stations prospectées et que leur apparition est sans doute saisonnière ; ces taxons trouvent localement les paramètres abiotiques favorisant leur développement ou sont en permanence déstabilisés par des atteintes.

➤ Variations spatiales :

Une certaine répartition amont/aval des familles peut-être distinguée.

Taxons dont l'abondance est plus élevée sur les stations **amont (décroissance vers l'aval)**

Les densités de certains taxons tels que les Nemouridae, Perlodidae (taxons sensibles), Taeniopterygidae, Heptageniidae et Empididae diminuent dans les stations aval.

Taxons absents de la **Gougra et du torrent de Fang**

Capniidae, Nématelminthes n'ont pas été recensés sur les affluents.

Taxons plus abondant dans la **Gougra et du torrent de Fang**

Perlodidae (bien représentés surtout sur GOU 02.5), Hydraenidae, Athericidae, Blephariceridae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Planariidae.

Taxons présents uniquement dans le **torrent de Fang**

Hydropsychidae, Hydroptilidae, Sericostomatidae, Haliplidae, Helodidae, sont rencontrés uniquement sur le torrent de Fang, en faible abondance.

➤ Variations temporelles :

Une répartition saisonnière peut aussi être dégagée pour quelques taxons.

Taxon surtout présents en automne

Les Rhyacophilidae, présents sur la plupart des stations en automne, voient leur densité et leur représentation diminuer au printemps. Les Philipotamidae ne sont rencontrés qu'en octobre.

Taxon présents au printemps

Les Capniidae et les Chloroperlidae ne sont observés qu'au printemps. A l'inverse des Rhyacophilidae, les densités de Baetidae, Chironomidae, Empididae, Limoniidae, Psychodidae, Simuliidae augmentent en mars.

STATION	NAV 22.0	NAV 20.0		NAV 17.3		NAV 15.5		NAV 09.7		NAV 07.4		NAV 04.9		NAV 00.7		NAV 00.1		NAV-FAN 00.1		GOU 02.5		GOU 00.0		
	Date	17.10.2009	17.10.2009	13.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	13.03.2010	19.10.2009	13.03.2010	19.10.2009	12.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	18.10.2009	12.03.2010
PLECOPTERES																								
Capniidae			1						4					1										
Chloroperlidae			1						1										6	1	9			
Leuctridae	29	44	112	107	381	60	1323	298	1452	14	867	33	843	326	2074	193	1440	134	107	256	234	540	282	
Nemouridae	1	8	29	537	53	5	96	72	12	3	11	5	1	1	3	2	1	70	225	259	156	130	72	
Perlodidae	15	41	30	21	10	14	6							1		1		10	5	166	74	19	8	
Taeniopterygidae	770	43	25		59	28	26		18	21	9	8		6	5	2	5			800	56	214	7	
TRICOPTERES																								
Hydropsychidae																			5					
Hydroptilidae																			1					
Lepidostomatidae		1																						
Limnephilidae	432	643	197	414	308	98	70	14	191		2	4	20	2952	1006	934	3187	162	123	567	678	306	208	
Philopotamidae																1		7				3		
Rhyacophilidae		14	3	23	4	118	12	92	20	13	28	20		65	31	75	8	27	13	23	3	74	9	
Sericostomatidae																		4						
EPHEMEROPTERES																								
Baetidae	144	63	236	138	193	36	294	138	123	28	304	44	139	38	108	31	58	65	435	82	171	127	91	
Heptageniidae	14	6	6	10	14	6	5	7	4		1	4		4	2	1	1	12	4	246	65	37	18	
Leptophlebiidae																						1		
HETEROPTERES																								
Mesoveliidae																15								
Veliidae														1										

STATION	NAV 22.0	NAV 20.0		NAV 17.3		NAV 15.5		NAV 09.7		NAV 07.4		NAV 04.9		NAV 00.7		NAV 00.1		NAV-FAN 00.1		GOU 02.5		GOU 00.0		
	Date	17.10.2009	17.10.2009	13.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	13.03.2010	19.10.2009	13.03.2010	19.10.2009	12.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	18.10.2009	12.03.2010
COLEOPTERES																								
Haliplidae																			2					
Helodidae																			4					
Helophoridae								1																
Hydraenidae										1					1				8	3	6	11	4	5
DIPTERES																								
Athericidae																			17	1	43	5		
Blephariceridae																				3			2	
Ceratopogonidae																			5	8	1			
Chironomidae	194	236	728	88	441	51	1661	596	842		522	10	649	28	302	33	84	42	1604	112	1477	553	152	
Diptères_Y					3										2					1		1		
Empididae	41	19	5	31	16	10	11	1	5	1	31		2	1	3		1	1	8	10	26	6	7	
Limoniidae	54	21	27	3	19	4	18	10	19	1	3	5	8	14	30	4	17	9	5	75	74	65	49	
Psychodidae			16						1		2		1					48	12	34	513	17	91	
Simuliidae		2	2	2	9		32	29	133	2	889	2	3370	10	42	4	62	2	51	12	9	2	2	
Stratiomyidae																					1			
Tipulidae				3	1	1															3			
TRICLADES																								
Planariidae							1						1						192	104	54	10		
AUTRES TAXONS																								
Oligochetes		1	1	3		1	3	1			1	17	63	2	40	1	11	16	9	21			76	1
Nemathelminthes							1			2			2		1									
Hydracariens			1										1					3	1	26			5	2

STATION	NAV 22.0	NAV 20.0		NAV 17.3		NAV 15.5		NAV 09.7		NAV 07.4		NAV 04.9		NAV 00.7		NAV 00.1		NAV-FAN 00.1		GOU 02.5		GOU 00.0	
	Date	17.10.2009	17.10.2009	13.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	12.03.2010	18.10.2009	13.03.2010	19.10.2009	13.03.2010	19.10.2009	12.03.2010	17.10.2009	13.03.2010	18.10.2009
Nbre total d'individus*	1694	1142	1420	1380	1511	432	3559	1259	2825	85	2671	152	5100	3449	3651	1298	4875	846	2721	2804	3563	2191	1004
Individus au m2	4235	2855	3550	3450	3778	1080	8898	3148	7063	212.5	6678	380	12750	8623	9128	3245	12188	2115	6803	7010	8908	5478	2510
Groupe indicateur - GI	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	9	7	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9
Taxon indicateur	Perlotidae	Perlotidae	Perlotidae	Perlotidae	Perlotidae	Perlotidae	Perlotidae	Leuctridae	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	Leuctridae	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	Leuctridae	Taeniopterygidae	Perlotidae	Perlotidae	Chloroperlidae	Perlotidae	Chloroperlidae	Perlotidae
Diversité	10	14	17	13	14	13	15	12	14	9	14	11	13	14	16	15	12	24	19	23	17	21	16
Note IBGN AFNOR	12	13	14	13	13	13	13	10	13	11	13	12	11	13	13	11	12	15	14	15	14	15	13
Qualité selon norme	moyenne	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	moyenne	satisfaisante	moyenne	satisfaisante	moyenne	moyenne	satisfaisante	satisfaisante	moyenne	moyenne	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante
Qualité selon HER « Alpes internes »	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	moyenne	Satisfaisante	moyenne	Satisfaisante	satisfaisante	Moyenne	satisfaisante	satisfaisante	moyenne	satisfaisante	bonne	Satisfaisante	bonne	Satisfaisante	bonne	Satisfaisante

*Nombre d'individus recensés dans l'échantillon selon protocole IBGN, soit une superficie de 0.4 m².

Tableau 19 : Faune benthique recensée dans le Bassin versant de la Navisence, en octobre 2009 et mars 2010.

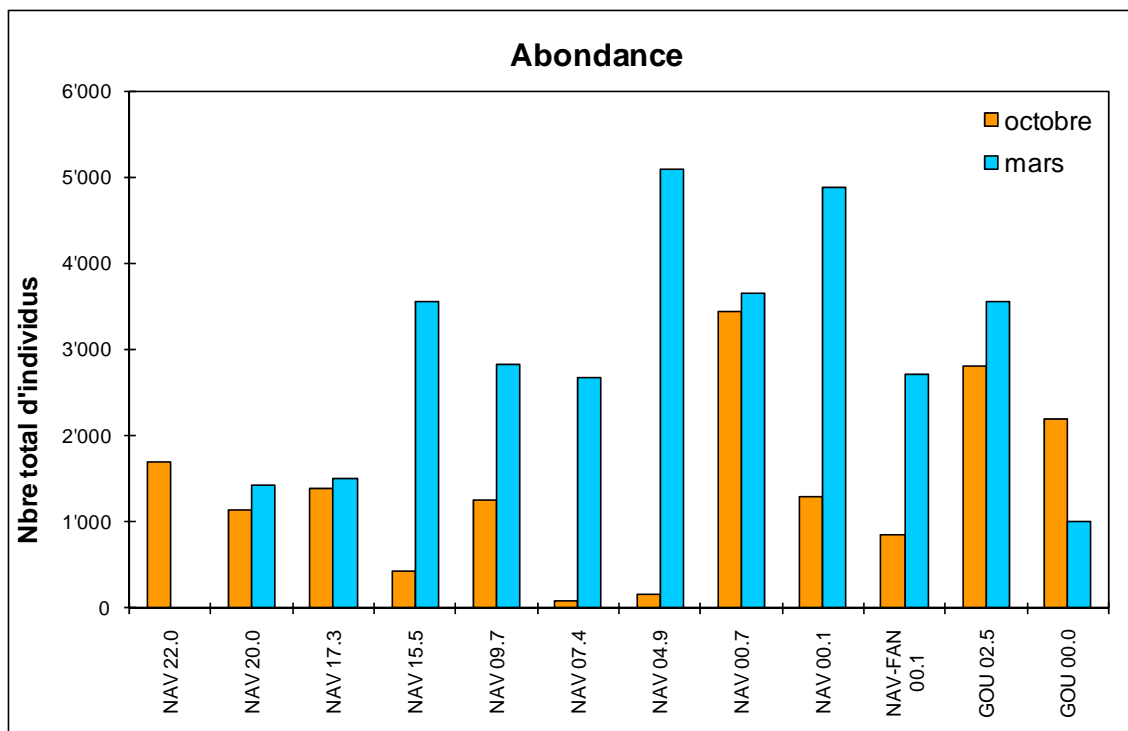
6.3. Résultats liés à l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)

• Abondance totale

Le nombre total d'individus (cf. Tableau 19 et Graphique 23) varie entre 85 (NAV 07.4 en octobre 2009) et 5'100 (NAV 07.4 en mars 2010). L'**abondance moyenne** sur l'ensemble des stations est d'environ **1'394** individus en octobre (12 prélèvements) et **2'991** en mars (11 prélèvements), soit environ **2'158 individus** en comptabilisant les 2 campagnes. À titre comparatif, l'abondance moyenne des cours d'eau valaisans (toutes campagnes confondues) citée dans l'article CIPEL est de 1'200 ind. (BERNARD R., PERRAUDIN KALBERMATTER R., BERNARD M., 1994). Le bassin versant de la Navisence montre donc une abondance plus élevée, mais présente aussi une forte fluctuation saisonnière. Cette abondance est comparable à celle rencontrée sur la Liène (moyenne de 2'327 individus) ou le Rhône de Gamsen à Martigny (2'310 individus), mais légèrement inférieure à celles de la Fare (moyenne de 2'759 individus) ou des Vièze (moyenne de plus de 3'000 individus). Elle est par contre supérieure à l'abondance de la Salentse (2'020 individus mais avec 1 seule campagne en octobre 2006), ou de la Sionne (1'460 individus).

Sur le bassin versant de la Navisence, les résultats montrent les caractéristiques suivantes :

- Que ce soit pour la Navisence ou les affluents étudiés, à l'exception d'une station (GOU 00.0), l'abondance est toujours supérieure en mars (alors que sur les autres cours d'eau étudiés, notamment le Rhône, la campagne d'automne montre une abondance plus élevée) ; l'abondance est particulièrement basse pour NAV 15.5, NAV 07.4, NAV 04.9 ;
- En mars, l'abondance montre une tendance à une augmentation amont/aval, avec un maximum sur la station NAV 04.9, située en aval de la STEP de Fang ;
- L'abondance moyenne est très proche entre la Navisence et les affluents étudiés (Gougra et torrent de Fang).



Graphique 23 : Abondance de la faune benthique dans le Bassin versant de la Navisence en octobre 2009 et mars 2010.

STATION	NAV 22.0	NAV 20.0		NAV 17.3		NAV 15.5		NAV 09.7		NAV 07.4		NAV 04.9		NAV 00.7		NAV 00.1		NAV-FAN 00.1		GOU 02.5		GOU 00.0			
	Date	09.10.09	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	09.10.09	10.03.10	10.03.10	10.03.10	09.10.09	10.03.10	
PLECOPTERES																									
Chloroperlidae																						+		++	
Leuctridae	+	+	++	++	++	+	++	++	++		++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
Nemouridae				+	++	+	++	++										++	++	++	++	++	++	++	
Perlodidae	++	++	++	++	++	++	+											++	+	++	++	++	+		
Taeniopterygidae	++	+	+		+	+	+			+	+									++	+	++			
TRICOPTERES																									
Limnephilidae	+	++	+	+	+	+	+		+					++	++	++	++	+	+	++	++	+	+		
Philopotamidae																									
Rhyacophilidae		++		++		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	++	++	++			++	++	
EPHEMEROPTERES																									
Baetidae	+		+	+	+		+	+	+		+		+		+							+	+	+	+
Heptageniidae																						++	++	+	+
DIPTERES																									
Chironomidae	+	+	++	+	+		++	++	++		++		++		+		+	++	+	++	+	++	++	+	
Empididae	++	++	+	++	++	++	++		+		++								+	++	++	+	+	+	
Limoniidae	++	++	++		++		++	++	++			+	+	++	++		++	++	+	++	++	++	++	++	
Psychodidae																						+	++	+	++
Simuliidae							+	+	++				++		+		+					+			
TRICLADES																									
Planariidae																						++	++	+	
AUTRES TAXONS																									
Oligochetes																								+	
Hydracariens																								+	

+ abondance élevée ; ++ abondance très élevée ; les cases en grisées indiquent des abondances extrêmement élevées (> 1'000 ind. considérés comme une prolifération).

Tableau 20 : Taxons les plus abondants pour le Bassin versant de la Navisence en 2009-2010 selon les critères de fréquences proposés par la DIREN.

• Abondance (nombre d'individus) par taxon

Rappelons qu'avec l'IBGN, la faune benthique est prélevée sur une surface totale de 0.4 m².

Afin d'intégrer la fréquence habituelle des taxons, la DIREN Rhône-Alpes en France a proposé une échelle d'abondance qui tient compte des **différences naturelles**⁵. (Agence de l'Eau, guide technique de l'IBGN). Le Tableau 20 met en évidence les taxons aux abondances « élevées » et « très élevées » (classes 3 et 4). Plusieurs remarques peuvent être faites :

- Certains taxons sont très abondants dans la plupart des stations : Leuctridae, Rhyacophilidae, Limoniidae, et dans une moins grande proportion de stations Nemouridae, Perlodidae, Limnephilidae, Chironomidae, Empididae ;
- D'autres sont très abondants seulement ponctuellement : Taeniopterygidae, Heptageniidae, Psychodidae, Simuliidae, Planariidae.
- Les Leuctridae, Limnephilidae, Chironomidae et Simulidae prolifèrent dans certaines stations; avec un maximum pour les Leuctridae de 2'074 individus recensés sur la station NAV 00.7, pour les Limnephilidae de 3'187 individus sur NAV 00.1, pour les Chironomidae de 1'661 individus sur NAV 15.5 et enfin pour les Simulidae 3'370 individus recensés sur la station NAV 04.9.

• Diversité taxonomique (nombre de taxons) d'après la méthode utilisée (IBGN)

Un total de **37 taxons** (26 sur la Navisence et 31 sur les affluents, familles pour la plupart) a été recensé dans le bassin versant de la Navisence en 2009-2010. Cette diversité est moins élevée que le maximum de taxons relevé dans l'article CIPEL en 1994 (étude globale des données valaisannes), qui indiquait 45 taxons au total pour les affluents du Rhône. Elle est cependant proche de la Salentse ou du Rhône sur le linéaire de Gamsen à Martigny, étudié entre 2007 et 2009 (36 taxons pour ces 2 cours d'eau), et même supérieure à certains cours d'eau tels que la Dranse de Ferret étudiée en 2005-2006 qui présentait un total de 25 taxons ou la Salentse (1 seule campagne en octobre 2006) avec 27 taxons.

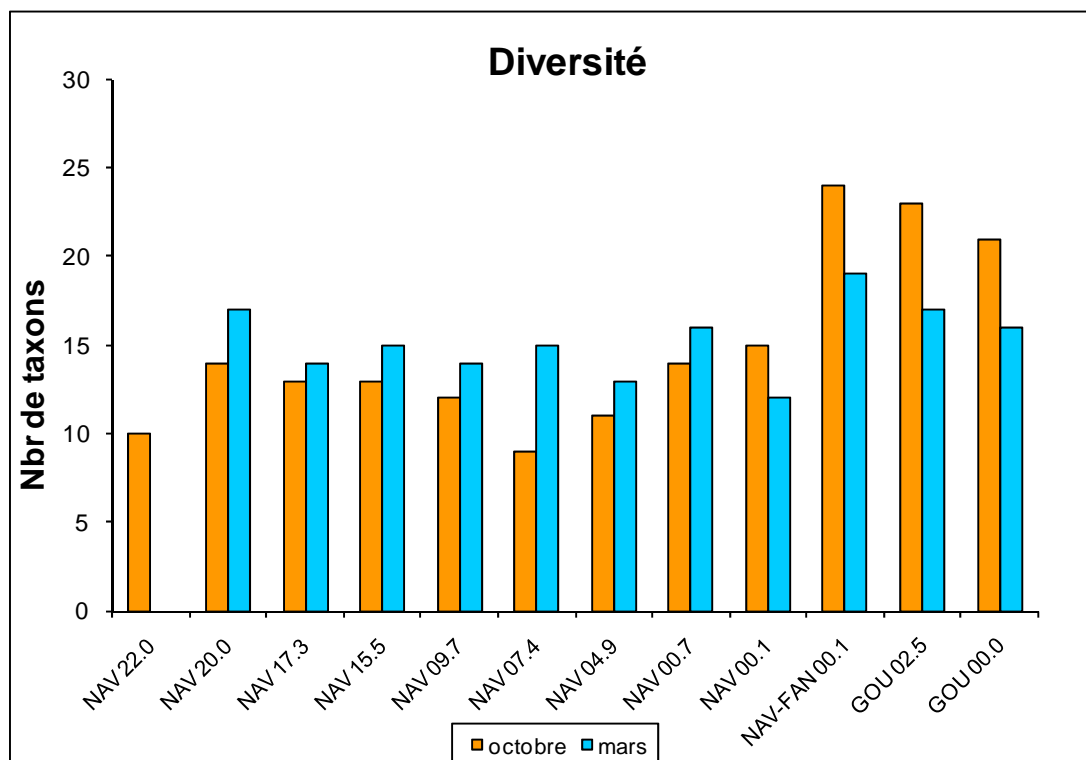
La diversité taxonomique des stations (cf. Tableau 19 et Graphique 24) varie entre 9 (NAV 07.4 en octobre 2009) et 24 (NAV-FAN 00.1 en octobre 2009). La **diversité moyenne sur tout le bassin versant** est de **14.9** en octobre et de **15.2** en mars (alors que la tendance généralement rencontrée en Valais est un nombre de taxons supérieur à l'automne), soit environ **15 taxons** sur les 2 campagnes. Mais le Graphique 24 met en évidence qu'en fait, les diversités moyennes sont très différentes entre les stations de la Navisence et les 3 stations des affluents (respectivement 13 et 20 taxons) et que sur les affluents la diversité est supérieure en octobre avec une moyenne de 23 taxons en octobre et 17 taxons en mars (alors que sur la Navisence, on enregistre 12 taxons en novembre et 14 en mars). Il se dégage donc un contexte très différent du point de vue de la diversité entre la rivière principale et les affluents étudiés.

Par contre, aucune tendance n'est observée d'amont en aval.

À titre comparatif, la diversité moyenne citée dans l'article CIPEL (1994) est de 13. La diversité obtenue pour le bassin versant de la Navisence est donc légèrement supérieur (comparable pour la Navisence avec une diversité moyenne de 13.4), mais reste en-dessous de celle des Vièze qui montrait une diversité moyenne en 2001 de 23 taxons (il était d'ailleurs proposé que ces stations fassent office de **référence**) ou de la Salentse et de la Sionne, avec une diversité moyenne respective d'environ 20 taxons et 21 taxons. Le Rhône (linéaire Gamsen à Martigny, 2007-2009) présente quant à lui une diversité similaire, avec une moyenne de 15 taxons.

⁵

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** ind. pour les Taeniopterygidae ou Leuctridae et **513** individus pour les Baetidae et Chironomidae.



Graphique 24 : Diversité de la faune benthique dans le Bassin versant de la Navisence en octobre 2009 et mars 2010.

• Groupe indicateur (GI)

Le groupe indicateur maximal (cf. Graphique 25) de 9⁶ est observé dans toutes les stations, exceptées pour NAV 09.7, NAV 00.1 en octobre et NAV 04.9 en mars, qui présentent un GI de 7 donné par les Leuc-tridae.

• Note IBGN

Les notes **IBGN** obtenues sur le bassin versant de la Navisence (total de 12 stations, dont 1 station uniquement prélevée en octobre) ont été qualifiées (cf. Tableau 10) avec la grille de qualité de base selon la norme AFNOR, ainsi qu'à titre indicatif, le correctif tenant compte de l'hydroécocorégion (HER) « Alpes internes ». Les qualités des affluents en octobre augmentent d'une classe, ce qui semble justifié. Toutefois, par souci d'homogénéité des interprétations avec les rapports précédents, les tableaux et les cartes sont édités avec les classes IBGN de base, et les commentaires établis en conséquence.

Le Graphique 25 et le Tableau 19 permettent de mettre en évidence les éléments suivants :

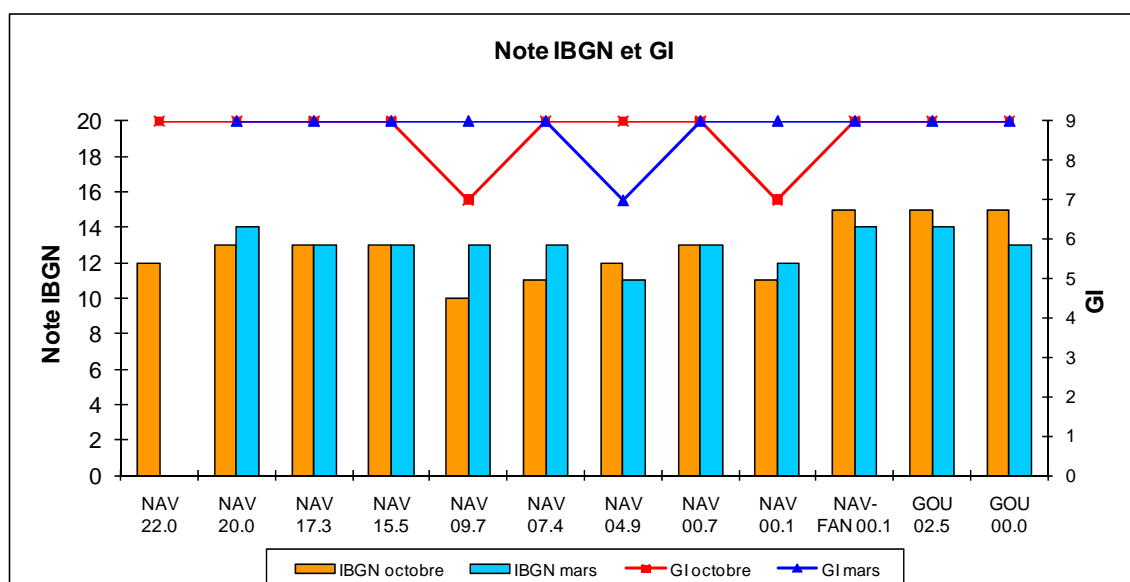
- 7 stations présentent une « **qualité satisfaisante** » pour les deux campagnes, avec des notes IBGN allant de 13 à 15 suivant les stations ;
- 2 stations présentent une « qualité satisfaisante » en mars (note IBGN de 13), mais une « qualité moyenne » en octobre (NAV 09.7 avec une note IBGN de 10 et NAV 07.4 avec une note de 11) ;
- 3 stations, soit une située tout en amont (NAV 22.0, une seule campagne) et deux en aval (NAV 04.9 et NAV 00.1) sont toujours de « qualité moyenne » avec des notes IBGN de 11 ou 12.

Aucune note ne se situe dans les catégories « Bonne, médiocre ou polluée ».

⁶ Pour qu'un taxon du GI 9 soit retenu, il faut qu'il soit représenté par au moins 3 individus.

L'IBGN moyen (toutes stations et campagnes confondues) est proche de **13** (12.8 en octobre, 13 en mars), mais avec une tendance inverse entre la Navisence et les affluents étudiés puisque la diversité y est supérieure en octobre (moyenne de **12.4** pour la Navisence avec env. 12 en octobre et 13 en mars, et de **14.3** pour les affluents avec env. 15 en octobre et 14 en mars). Les calculs réalisés pour l'article CIPEL (1994) donnaient un IBGN moyen inférieur à 10. Les résultats obtenus sur le bassin versant de la Navisence sont donc meilleurs et correspondent à ceux obtenus pour le Rhône en 2007-2009 (IBGN moyen pour l'ensemble du linéaire de 12.6), ou pour la Sionne et Salentse en 2006 (IBGN moyen de 14). Ils restent cependant moins bons que ceux qui avaient été obtenus sur les Vièze en 2001 (avec notamment des notes de 16 dans 4 stations, record en Valais, du fait d'une typologie et de conditions hydrologiques plus favorables).

Toutefois, les seules notes IBGN et les diversités ne sont pas suffisantes pour une interprétation fine des résultats. A partir de l'aval de la station NAV 09.7, le GI 9 sur la Navisence est donné par les Taeniopterygidae, taxon moins sensible à la qualité du milieu que les Perlodidae, Chloroperlidae ou les Capniidae présents en amont. Dans ce cas, le guide technique de l'IBGN propose d'ailleurs un calcul du test de robustesse des notes lorsque le GI est donné par les Taeniopterygidae. Selon les stations, la perte est alors de 1 point si les Capniidae sont présents (NAV 09.7), mais de 2 points lorsque le GI est donné par les Leuctridae (NAV 07.4, NAV 04.9, NAV 00.7 et NAV 00.1).



Graphique 25 : Notes IBGN (histogrammes) et GI (courbes) obtenus dans le Bassin versant de la Navisence en octobre 2009 et mars 2010.

Le Graphique 25 met en évidence plusieurs constats :

- chute de la qualité IBGN en octobre sur la station NAV 09.7 puis une élévation progressive sur les stations aval pour retrouver une qualité satisfaisante sur NAV 00.7 ;
- chute de la qualité IBGN en mars uniquement sur la station NAV 04.9 ;
- meilleure qualité sur les affluents GOU 02.5, GOU 00.0 et NAV-FAN 00.1, surtout en octobre.

Si l'on ne tient pas compte du Phosphore total (P_{tot}, en lien avec les MES), la qualité du bassin versant de la Navisence donnée par l'IBGN concorde partiellement avec les résultats physico-chimiques qui sont presque toujours en très bonne qualité sur la partie amont, et en bonne qualité à partir de NAV 07.4. L'IBGN « moyen » obtenu tout en amont (NAV 22.0) ne peut cependant trouver d'explication en lien avec une moindre qualité des eaux. Par contre, la baisse de la note IBGN enregistrée sur les stations en aval du rejet de la STEP de Fang corrobore relativement bien les résultats bactériologiques obtenus (souvent en qualité moyenne).

- **Conclusion**

Le bassin versant de la Navisence montre une abondance plutôt élevée, mais avec une forte fluctuation saisonnière (plus faible en automne et augmentation en mars) qui est inverse à la tendance observée sur les autres rivières étudiées jusqu'à présent. La diversité est plus élevée sur la Gougra et le torrent de Fang que sur la Navisence avec une diversité considérée suivant les stations d'assez bonne à très bonne sur les affluents et de faible à bonne sur la Navisence. La diversité est plus élevée en automne sur les affluents, alors qu'elle est supérieure en mars sur la Navisence. Le GI est presque systématiquement maximal (9), sauf sur les stations NAV 09.7 (octobre), NAV 04.9 (mars) et NAV 00.1 (octobre) qui présentent un GI de 7 donné par les Leuctridae. A noter qu'à partir de la station NAV 09.7, le GI maximal de 9 est donné uniquement par les Taeniopterygidae. Les notes IBGN oscillent entre 10 et 15, indiquant une qualité (sans application du correctif HER) allant de « moyenne » à « satisfaisante » avec 2 stations « moyenne » situées en aval de la STEP de Fang.

6.3.1. Résultats par stations

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

- **NAV 22.0 – La Lé**

Cette station est la plus en amont du bassin versant. Elle ne souffre d'aucune anthropisation (pas de réduction du débit, aucune atteinte à la morphologie, absence de prélèvement de graviers). Les seules activités sont le tourisme doux (cabanes) et l'agropastoralisme. Les substrats sont localement légèrement colmatés. La qualité bactériologique et physico-chimique est très bonne, Seul le phosphore total montre une qualité médiocre en juillet induite par une quantité élevée de MES et qui n'est donc pas due à une pollution d'origine organique.

La station n'a été prélevée qu'en octobre 2009 (accès non possible en mars du fait de l'enneigement). L'abondance est assez élevée. Les Taeniopterygidae constituent pratiquement la moitié du peuplement (45 %), les autres représentants étant principalement des Limnephilidae et des Chironomidae (11 %). Les Chloroperlidae et les Capniidae sont absents. Le GI 9, donné par 15 Perlodidae, constitue 1 % du peuplement. La diversité (10 taxons) et la note IBGN (12), toutes deux considérées « moyenne » témoignent en l'absence d'anthropisation de conditions naturelles plus sévères, limitant le développement de la macrofaune benthique (influence du régime glaciaire et d'eaux turbides et froides avec respectivement 5°C et 2°C mesurés en juillet et octobre 2009) et la plus faible diversité des substrats dominés par les blocs.

- **NAV 20.0 – Amont Zinal**

Bien qu'en amont de Zinal, cette station souffre d'un resserrement de son lit et d'une réduction probable du charriage liée à l'extraction de matériaux en amont (gravière). Une légère incision du lit s'observe d'ailleurs. La qualité des eaux est très bonne.

En octobre, les Limnephilidae constituent plus de la moitié du peuplement (56 %), les autres représentants étant principalement des Chironomidae (21 %). En mars, ce sont les Chironomidae qui dominent (51 %), suivis des Baetidae (17 %) et des Limnephilidae (14 %). Cette station possède une abondance plus élevée en mars, augmentant de 1'142 à 1'420 individus. La diversité est aussi plus élevée en mars, passant respectivement de 14 à 17 avec notamment deux familles de Plécoptères supplémentaires (Capniidae et Chloroperlidae, toutefois seulement représentées par un individu). Le GI 9, donné par la famille des Perlodidae, constitue 4 % du peuplement en automne et 2 % au printemps. L'IBGN augmente de 13 en octobre 2009 à 14 en mars 2010, soit toujours une qualité « satisfaisante » pour les deux périodes (selon norme de base IBGN). Les impacts des anthropisations mentionnés plus haut ne se répercutent donc pas sur la qualité biologique.

- **NAV 17.3 – Mottec aval Zinal**

En octobre, le prélèvement a été effectué le plus en amont possible, dans un tronçon naturel (lit constitué de 2 bras), alors qu'en mars il a eu lieu un peu plus en aval sur le tronçon un peu plus canalisé, le manteau neigeux rendant l'accès à la zone amont difficile. Les substrats sont par contre chaque fois moyennement diversifiés, dominés par les blocs et galets, avec quelques dépôts de limons en octobre. La qualité des eaux montre en mars une légère élévation de la teneur en PO_4^- et NH_4^+ (qui restent cependant en bonne qualité) et une contamination bactériologique (qualité moyenne pour les germes totaux et les *E. Coli*). Un film de couleur beige recouvrait d'ailleurs les substrats en mars.

Ici, le peuplement benthique est bien représenté en termes d'individus en automne comme en mars. En octobre, il est principalement constitué de Némouridae (39 %), de Limnephilidae (30 %) et de Baetidae (10 %), alors qu'en mars, ce sont les Chironomidae qui sont le mieux représentés (29 %), suivis des Leuctridae (25 %), des Limnephilidae (20 %) et des Baetidae (13 %). La diversité taxonomique est quasi identique entre les deux campagnes, avec 13 taxons recensés en octobre et 14 en mars. Les Chloroperlidae et Capniidae sont absents. Le GI 9 pour les deux campagnes retient la famille des Perlodidae comme taxon indicateur. La note IBGN reste identique avec 13, soit une qualité « satisfaisante ».

De mauvais raccordements ou des déversements d'eaux usées via un déversoir d'orage ou un bassin d'eau pluviale ou des rejets agricoles doivent être suspectés. Par contre, ils ne se marquent pas sur la qualité biologique de la station.

- **NAV 15.5 – Pont du Bois**

Cette station, localisée en aval du captage de Mottec subit d'une forte réduction du débit. La morphologie est toutefois naturelle. Les substrats sont moyennement diversifiés, non colmatés, mais dominés par les galets et blocs (de taille imposante, cf. Photo 4). La qualité des eaux est très bonne.

En octobre, le peuplement benthique est constitué de Rhyacophilidae (27 %), de Limnephilidae (23 %), de Leuctridae (14 %) et de Chironomidae (12 %). En mars, les Chironomidae dominent (47 %), ainsi que les Leuctridae (37 %) qui prolifèrent sur la station (respectivement plus de 1'660 et 1'320 individus recensés). Alors que l'abondance est faible à l'automne (432 individus), elle augmente notablement au mois de mars (3'559 individus, soit un facteur de 8 environ). La diversité taxonomique est assez bonne pour les deux campagnes et augmente légèrement en mars (13 et 15 taxons recensés). Les Chloroperlidae et Capniidae sont absents. La famille des Perlodidae est retenue en tant que taxon indicateur (GI 9). Elle permet à la station d'obtenir à chaque campagne une note de 13, soit une qualité « satisfaisante ». Le GI 9 (composés par les Perlodidae et les Taeniopterygidae) constitue 9.7 % du peuplement en octobre et moins de 1 % du peuplement en mars.

La faible abondance enregistrée en octobre peut être due à la purge du bassin de Mottec qui a eu lieu mi-août 2009 (soit 2 mois avant le prélèvement de faune benthique). D'ailleurs, aucune algue macroscopique n'avait été observée, alors que le peuplement de diatomées semble bien reconstitué. La note IBGN n'est toutefois pas affectée par l'impact de la purge, ni par le déversement d'eaux usées à Mottec (conduite endommagée depuis février 2010).

- **NAV 09.7 – Amont Vissoie**

La station se situe en aval de Mottec et en aval du captage sis à Mission. La station est quasi naturelle (quelques anciens gabions sont toutefois visibles en rive droite). Elle subit par contre une très forte réduction du débit (valeur la plus basse mesurée sur le bassin versant, avec 25 l/s en mars 2009). Elle est aussi soumise aux purges du bassin de Mottec et au dessablage de la prise à Mission. En octobre, un lâcher d'eau avait d'ailleurs interrompu la mesure du débit. Les substrats sont moyennement diversifiés, non colmatés, dominés par les blocs et galets. La qualité des eaux est très bonne.

Les Chironomidae (47 %) constituent pratiquement la moitié du peuplement en octobre, accompagnés par les Leuctridae (24 %) et les Baetidae (11 %). En mars, ce sont les Leuctridae qui constituent plus de la moitié de la population du prélèvement (51 % et qui montrent même une prolifération du nombre d'individus qui s'élève à plus de 1'450), puis les Chironomidae (30 %). L'abondance, bien représentée à l'automne (1'259 individus), augmente au mois de mars (2'825 individus, soit plus du double). La diversité

est aussi plus élevée en mars, passant de 12 à 14 taxons avec notamment deux familles supplémentaires de Plécoptères (Capniidae avec 4 individus et Chloroperlidae avec 1 seul individu). A partir de cette station, les Perlodidae disparaissent (exceptés sur les stations NAV 00.7 et NAV 00.1 avec un seul individu en octobre). Ce sont donc respectivement la famille des Leuctridae (GI 7) pour octobre et des Taeniopterygidae (GI 9) pour mars qui sont retenues en tant que taxon indicateur. Elles permettent à la station d'obtenir en octobre une note de 10, soit une qualité « moyenne » et de 13 en mars, soit une qualité « satisfaisante ». En l'absence d'autres taxons du GI 9 que les Taeniopterygidae, le test de robustesse (recherche du second GI puis recalcule de la note avec celui-ci) a été appliqué. Les Capniidae (GI 8) donnent alors une note de 12 (qualité « moyenne »).

L'impact de la purge de Mottec est très atténué comparativement à la station amont qui souffrait d'une forte baisse de l'abondance. La qualité biologique moyenne semble donc surtout due à la réduction drastique du débit. L'apport d'eaux usées du à l'endommagement de la canalisation à Mottec ne se perçoit pas sur la note IBGN du mois de mars.

• NAV 07.4 – Aval Vissoie

La station se localise en aval du bassin de Vissoie. Elle possède une morphologie naturelle. Les substrats sont moyennement diversifiés, dominés par les blocs et galets. Les fonds sont ensablés et une couche de limons recouvre les substrats en mars. Lors des prélèvements, le débit de dotation était inférieur aux prescriptions légales. En octobre 2009, la station avait subi une première purge mi-septembre, puis un « grand rinçage » le 13 octobre, soit 5 jours avant l'IBGN. La station semblait d'ailleurs totalement « décapée » et arborait une teinte bleu-gris.

La constitution du peuplement benthique diffère entre la campagne d'automne et de printemps. Alors qu'en octobre, les Baetidae (33 %), Taeniopterygidae (25 %), Leuctridae (16 %) et Rhyacophilidae (15 %) dominent, en mars, ce sont les Simuliidae (33 %), Leuctridae (32 %), Chironomidae (20 %), et Baetidae (11 %) qui forment la majorité du peuplement. L'abondance, extrêmement faible à l'automne (seulement 85 individus !), augmente fortement au mois de mars (2'671 individus, soit 30 fois plus élevé). La diversité taxonomique est faible en octobre, avec 9 taxons recensés, ce qui représente la diversité la plus mauvaise observée sur le bassin versant, mais augmente à 14 en mars. En l'absence d'autres familles plus sensibles vis-à-vis de la qualité du milieu, tels que Perlodidae, Chloroperlidae ou Capniidae, c'est la famille des Taeniopterygidae (GI 9) qui est retenue en tant que taxon indicateur pour les deux campagnes. La note IBGN est de 11 en octobre (soit une qualité moyenne) et de 13 en mars (qualité satisfaisante). Le test de robustesse (qui retient en l'occurrence les Leuctridae GI 7) affecte chacune des notes de 2 points, et donne respectivement un IBGN de 9 en octobre et de 11 en mars, soit pour les deux campagnes une qualité « moyenne ».

L'impact de la purge, puis sans aucun doute du rinçage, a eu un effet d'abrasion sur les substrats et d'entraînement vers l'aval de la faune benthique (phénomène de dérive). Le peuplement arrive à se reconstituer en mars, mais les taxons les plus sensibles sont absents.

• NAV 04.9 – Aval STEP Fang

La station se trouve en aval de l'exutoire de la STEP de Fang. Sa morphologie est naturelle. Les substrats sont moyennement à bien diversifiés, dominés par les blocs et galets. Si en octobre, les fonds ont un aspect « décapés » comme sur la station amont, on relève en mars la présence de matière organique. Les résultats physico-chimiques du mois de mars montrent une légère élévation de la concentration en ions ammonium et nitrates (mais la qualité reste bonne). La qualité bactériologique est par contre « moyenne » en octobre et mars.

La constitution du peuplement benthique diffère fortement entre la campagne d'automne et de printemps. L'abondance, faible à l'automne (152 individus), augmente fortement au mois de mars (5'100 individus, soit 30 fois plus). Les Baetidae (29 %), Leuctridae (22 %), Rhyacophilidae (13 %) et Oligochètes (11 %) dominent en octobre. En mars, le peuplement benthique est composé principalement par des Simuliidae (65 %, soit 3'370 individus recensés indiquant une prolifération), puis par des Leuctridae (17 %) et Chironomidae (13 %). La diversité taxonomique jugée moyenne en octobre avec 11 taxons recensés, est assez bonne en mars (13 taxons). En octobre, la famille des Taeniopterygidae (8 individus) est retenue en tant que taxon indicateur (GI 9). Elle permet à la station d'obtenir une note de 12, soit une qualité moyenne

(selon norme de base). En l'absence de Chloroperlidae, Perlodidae et Capniidae, le test de robustesse a été appliqué et donne une note IBGN de 10 (perte de 2 points avec les Leuctridae comme second GI - GI 7), soit une toujours qualité « moyenne ». En mars, les Leuctridae (GI 7) retenus comme taxon indicateur donnent à la station une note de 11, soit également une qualité « moyenne ».

L'impact de la STEP, sans doute cumulé à l'effet des purges, abaisse donc la qualité biologique de la station, considérée en tout temps « moyenne ».

• NAV 00.7 – Moulin Chippis

Cette station se localise à la sortie des gorges en plaine. Elle est distante de plus de 4 km de la précédente (et donc des rejets de STEP). Sa morphologie est naturelle. Les substrats sont moyennement diversifiés, dominés par les blocs et les galets. Les fonds sont ensablés en octobre, légèrement colmatés et un peu ensablés en mars. Les résultats physico-chimiques du mois de mars montrent une légère élévation de la concentration en ions ammonium, nitrites et nitrates (mais la qualité reste bonne). La qualité bactériologique est par contre « moyenne » en juillet et mars.

La constitution du peuplement benthique est assez similaire entre la campagne d'automne et de printemps. Il est représenté par un nombre élevé d'individus. Les Limnephilidae (86 %) dominent nettement en octobre, alors qu'en mars, ce sont les Leuctridae (57 %, prolifération) qui constituent la majorité du peuplement, suivis des Limnephilidae (28 %), sachant que ces derniers prolifèrent également sur les deux campagnes (respectivement plus de 2'950 et 1'000 individus recensés). La diversité taxonomique est assez bonne en octobre avec 14 taxons recensés, de même qu'en mars (16 taxons). La qualité est chaque fois « satisfaisante » avec une note IBGN identique de 13 (GI de 9, Taeniopterygidae). La famille des Capniidae apparaît en mars, bien que représentée par un seul individu uniquement. Les Perlodidae et Chloroperlidae sont absents. En appliquant le test de robustesse, on observe pour les deux campagnes une perte de 2 points sur l'IBGN (GI 7 donné par les Leuctridae), soit une note de 11 qui correspond à une qualité « moyenne ».

La qualité biologique tend à se reconstituer par rapport à la station amont, mais elle reste précaire et ne permet pas l'installation des taxons les plus sensibles. Effets des purges et impacts de la STEP se cumulent, fragilisant le milieu de façon chronique.

• NAV 00.1 – Chippis aval

La station se situe le plus en aval en plaine, juste en amont de la confluence avec le Rhône. La rivière subit un endiguement de son cours : le lit est resserré et les berges sont aménagées (mur en rive droite, enrochements en rive gauche). Les substrats sont moyennement diversifiés, dominés par les galets et les blocs. Les résultats physico-chimiques du mois de mars montrent comme pour la station juste en amont une légère élévation de la concentration en ions ammonium, nitrites et nitrates (mais la qualité reste bonne). La qualité bactériologique est par contre « moyenne » en juillet et mars.

La constitution du peuplement benthique est assez similaire entre la campagne d'automne et de printemps. Les Limnephilidae dominent nettement que ce soit en octobre (72 %) ou en mars (65 %), suivis par les Leuctridae (respectivement 15 % en octobre et 30 % en mars), avec prolifération du nombre d'individus en mars (3'187 Limnephilidae et 1'440 Leuctridae). L'abondance bien représentée à l'automne (1'298 individus), augmente au mois de mars (4'875 individus, soit un facteur de plus de 3.5). En octobre, 15 taxons sont recensés (diversité assez bonne), alors qu'en mars elle baisse à 12 taxons (diversité assez moyenne). Les Perlodidae, Chloroperlidae et Capniidae sont absents. La famille des Leuctridae est retenue en tant que taxon indicateur (GI 7) pour octobre, alors que pour mars, ce sont les Taeniopterygidae (GI 9, avec 5 individus). La qualité est cependant à chaque fois moyenne avec une note IBGN de 11 en octobre et 12 en mars. En appliquant le test de robustesse en mars, on observe une perte de 2 points sur l'IBGN (GI 7 donné par les Leuctridae), soit une note de 10 qui correspond toujours à une qualité moyenne.

Comme en amont, la qualité biologique s'améliore par rapport à la station juste en avalé de la STEP, mais elle reste précaire et ne permet pas l'installation des taxons les plus sensibles. L'endiguement se cumule à l'impact des purges et de la STEP.

- **NAV-FAN 00.1 – Torrent Fang**

La station est naturelle. Les substrats sont bien diversifiés, non colmatés, dominés par les blocs et les galets. Le débit de dotation était, lors des 2 campagnes, inférieur aux exigences légales. La qualité des eaux est très bonne.

Alors qu'en octobre, les Planariidae (23 %), Limnephilidae (19 %) et Leuctridae (16 %) dominent, en mars, ce sont les Chironomidae (59 %, avec prolifération, plus de 1'600 individus recensés) et les Baetidae (16 %) qui forment la majorité du peuplement. L'abondance, modérée à l'automne (846 individus), augmente considérablement au mois de mars (2'721 individus, soit un facteur de 3). La diversité taxonomique est très bonne en octobre, avec 24 taxons recensés, ce qui représente la diversité la plus élevée observée sur le bassin versant en 2009-2010. Elle baisse cependant à 19 en mars (quelques taxons très faiblement représentés en octobre ne sont plus retrouvés en mars). En comparaison avec la Gouggra, seules 3 familles de Plécoptères sont présentes (Leuctridae, Nemouridae et Perlodidae), alors que la Gouggra montre 2 familles supplémentaires (Chloroperlidae et Taeniopterygidae). Bien qu'en faible abondance, d'autres taxons sont toutefois présents uniquement dans le torrent de Fang : les Hydropsychidae, Hydroptilidae, Sericostomatidae, Haliplidae, Helodidae. La famille des Perlodidae est retenue en tant que taxon indicateur (GI 9) pour les deux campagnes. La qualité IBGN est chaque fois « satisfaisante » avec une diversité de 15 en octobre et 14 en mars.

- **GOU 02.5 – amont Grimentz**

Cette station représente pour notre étude l'amont de la Gouggra. Elle se localise toutefois en aval du barrage de Moiry et subit une forte réduction de son débit et une modification du régime hydrologique, car se trouve coupée de la part glaciaire. La station est naturelle. Les substrats sont moyennement diversifiés, dominés par les blocs et les galets. La qualité des eaux est très bonne.

La constitution du peuplement benthique diffère entre la campagne d'automne et de printemps. Alors qu'en octobre, les Taeniopterygidae (29 %) et les Limnephilidae (20 %) dominent, en mars, ce sont les Chironomidae (41%, avec prolifération, car plus de 1'470 individus recensés), les Limnephilidae (19 %), et les Psychodidae (14 %) qui forment la majorité du peuplement. La diversité taxonomique est nettement plus élevée que sur la Navisence. Elle est considérée comme très bonne en octobre avec 23 taxons recensés. Elle chute cependant à 17 en mars (6 taxons très faiblement représentés en octobre n'étant plus retrouvés en mars). Les familles des Chloroperlidae en octobre, puis des Perlodidae en mars, sont respectivement retenues en tant que taxon indicateur (GI 9). La qualité est chaque fois « satisfaisante » avec une note de 15 en octobre et 14 en mars.

L'impact de la réduction des débits ne se marque pas sur la qualité biologique. Il est même fort probable que soustraite à la fonte glaciaire et aux purges (faible quantité de MES), la station développe des conditions plus favorables au développement de la faune benthique.

- **GOU 00.0 – Embouchure**

Localisée juste en amont de la confluence avec la Navisence, cette station présente une morphologie naturelle, à forte pente constituée par de très gros blocs. Les substrats sont moyennement diversifiés en octobre, mais bien diversifiés en mars, dominés par les galets. En mars, les prélèvements ont été gênés par la grande quantité de neige qui recouvrait le lit (cf. Photo 12). La qualité des eaux est très bonne.

La constitution du peuplement benthique est proche de celle rencontrée en amont. Les listes des campagnes d'automne et de printemps sont assez semblables avec en octobre un peuplement principalement constitué de Leuctridae (25 %), de Chironomidae (25 %), de Limnephilidae (14 %) et de Taeniopterygidae (10 %), et en mars, dominance également des Leuctridae (28 %), suivis par les Limnephilidae (21%) et les Chironomidae (15 %). L'abondance, assez élevée à l'automne (2'191 individus), diminue au mois de mars (1'004 individus, soit la moitié). La diversité taxonomique est bonne en octobre avec 21 taxons recensés, mais chute à 16 en mars (5 taxons très faiblement représentés en octobre ne sont plus retrouvés en mars). La qualité est chaque fois « satisfaisante » avec une note IBGN de 15 en octobre, et 13 en mars. La famille des Chloroperlidae (9 individus), retenue en tant que taxon indicateur (GI 9), est présente uniquement en octobre. En mars, c'est la famille des Perlodidae (8 individus) qui devient le taxon indicateur (GI 9).

Comme en amont, la station n'est pas affectée par les anthropisations et la qualité biologique est constante, à un niveau qui peut être jugé « bon ».

6.3.2. Conclusion

Contrairement aux bassins versants précédemment étudiés, la Navisence révèle une abondance et une diversité inférieure en automne. Les affluents étudiés (torrent de Fang et Gougra) ont par contre une plus grande diversité taxonomique en octobre.

Au regard des résultats IBGN, la Navisence montre une qualité satisfaisante jusqu'à la station NAV 15.5 (aval Mottec). Fait exception la station tout en amont, seulement prélevée en octobre, et qui possède une qualité « moyenne » due aux conditions naturelles sévères. L'impact de la purge de Mottec ne se traduit que par une chute drastique de l'abondance. Par contre, dès l'amont de Vissoie et en aval, les atteintes se marquent sur la qualité biologique qui passe en « moyen » en octobre, voire aussi en mars (NAV 04.9, aval de la STEP de Fang et NAV 00.1), et qui redevient « satisfaisante » en mars, sans permettre toutefois l'installation des taxons les plus sensibles (Periodidae, Chloroperlidae). Le test de robustesse qui est appliqué en présence des Taeniopterygidae comme seul représentant du GI 9 décline les notes de 1 ou 2 points. Les effets sont respectivement d'amont vers l'aval : la purge du bassin de Vissoie (et le rinçage à la mi-octobre) qui se traduit essentiellement sur l'abondance, le rejet de la STEP de Fang (la qualité reste « moyenne » même en mars), puis la correction du lit sur la station tout en aval (également systématiquement en qualité « moyenne »).

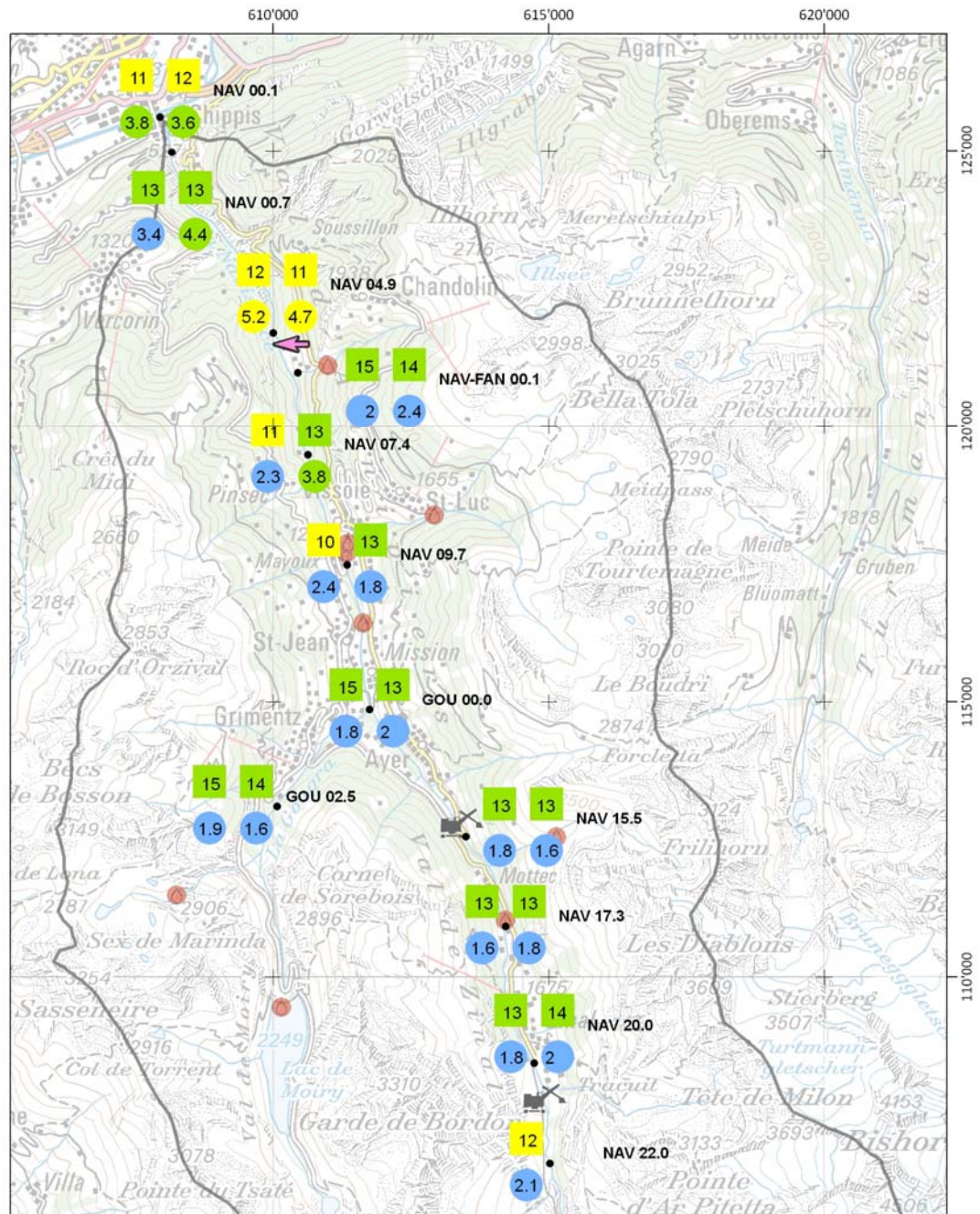
Torrent de Fang et Gougra montrent par contre une qualité supérieure et stable sur les 2 campagnes.

Du point de vue de la gestion des purges, il faudrait impérativement effectuer toutes les opérations (purge et rinçage) **avant la fin septembre** de manière à favoriser une recolonisation lors des journées d'octobre qui peuvent encore être chaudes et ensoleillées.

La Navisence (no Gewiss: 167)

Etat au 15.03.2010

ANALYSES IBGN - DI-CH



Echelle: 1:100'000

Système de classification

	Bon	Satisfaisant	Moyen	Médiocre	Mauvais
IBGN (norme AFNOR):	> 17	16 - 13	12 - 9	8 - 5	<= 4
DI-CH:	1.00 - 3.49	3.50 - 4.49	4.50 - 5.49	5.50 - 6.49	6.50 - 8.00

Atteintes principales Gravière Rejet STEP Prélèvements hydroélectriques

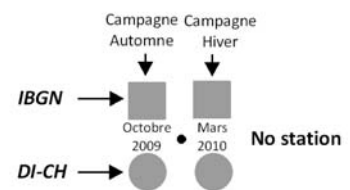


Figure 4 : Résultats des analyses IBGN et indices diatomiques d'octobre 2009 et mars 2010.

7. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RESULTATS

Période / station	Physico-chimie (paramètres déclassant NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ et PO ₄ ⁻)	Bactériologie (paramètres déclassant : germes totaux, Entérocoques ou <i>E. coli</i>)	Diatomées trophie	Diatomées saprobie	Note IBGN (qualité selon norme IBGN)
Octobre 2009					
NAV-22.0 - Amont La Lé			1.67	(I)-II	12
NAV-20.0 - Zinal amont Teinson			1.51	(I)-II	13
NAV-17.3 - Zinal aval, Pralong			1.5	I-II	13
NAV-15.5 - Aval Mottec			1.68	(I)-II	13
NAV-09.7 - Vissoie, La Comba			1.65	(I)-II	10
NAV-07.4 - Sampelets amont			1.67	II	11
NAV-04.9 - Fang, aval STEP			2.48	II-III	12
NAV-00.7 - Chippis, Moulin			1.85	II	13
NAV-00.1 - Chippis aval			2.06	II	11
NAV-FAN-00.1 Torrent de Fang			1.75	II	15
GOU-02.5 - Grimentz amont			1.61	I-II	15
GOU-00.0 - Grimentz aval			1.52	(I)-II	15
Mars 2010					
NAV-22.0 - Amont La Lé	-	-	-	-	-
NAV-20.0 - Zinal amont Teinson			1.45	II	14
NAV-17.3 - Zinal aval, Pralong			1.48	II	13
NAV-15.5 - Aval Mottec			1.47	II	13
NAV-09.7 - Vissoie, La Comba			1.49	(I)-II	13
NAV-07.4 - Sampelets amont			1.94	II	13
NAV-04.9 - Fang, aval STEP			2.4	II-(III)	11
NAV-00.7 - Chippis, Moulin			2.42	II-(III)	13
NAV-00.1 - Chippis aval			2.12	II-(III)	12
NAV-FAN-00.1 Torrent de Fang			1.93	II	14
GOU-02.5 - Grimentz amont			1.5	I-II	14
GOU-00.0 - Grimentz aval			1.65	II	13

Légende :

	très bon		
	bon	-	prélèvement non effectué
	moyen		
	médiocre		
	mauvais		

Tableau 21 : Confrontation des différents résultats obtenus sur le bassin versant de la Navisence en 2009-2010.

Globalement, l'ensemble des résultats concordent.

- Les qualités bonnes ou satisfaisantes s'observent sur les stations amont (NAV 20.2, NAV 17.3, NAV 15.5 et les affluents étudiés (torrent de Fang et Gougra aux 2 stations) ;
- Les baisses de qualité sont visibles en aval de la STEP de Fang, en octobre et mars pour NAV 04.9, essentiellement en mars pour les 2 stations plus en aval.

Toutefois, des divergences se voient sur certaines stations et peuvent être expliquées comme suit :

- La moins bonne qualité biologique de la station sise tout en amont (NAV 22.0) ne trouve pas d'explications dans une moindre qualité d'eau (très bonne, confirmée par l'indice tropique et saprobique donnés par les diatomées ; ce sont donc les conditions naturelle plus sévères, qui limitent le développement de la faune benthique ;
- Les éventuels rejets d'eaux usées ou agricoles (contaminations bactériologiques visibles sur NAV 17.3, Zinal aval) ne se marquent ni sur les diatomées, ni sur la qualité donnée par les IBGN ;
- L'endommagement de la canalisation en février 2010 était sans doute trop récente pour être enregistrée par les communautés diatomiques et benthiques (prélèvement mi-mars) ;
- L'effet de la purge et du rinçage de la retenue de Vissoie ne se traduit que sur les notes IBGN en octobre.

8. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS BIOLOGIQUES ANTERIEURS

Plusieurs prélèvements de faunes benthiques ont déjà été effectués depuis 1993. Le Tableau 22 présente les résultats disponibles dans la BD-Hydrobio qui peuvent être comparés, sachant que les prélèvements d'avril 2008 n'ont pas été retenus car effectués plus tardivement dans la saison.

Le nombre d'individus fluctuent fortement selon les campagnes et des proliférations sont régulièrement observées. Groupes indicateurs et notes IBGN ont globalement augmentés entre 1993 et 2000-2010. Il s'agit là de l'incidence du raccordement des eaux usées et de la mise en service de la STEP de Fang. Plus en détails, on peut tirer les conclusions suivantes :

- En 1993, la station aval Zinal montrait une moins bonne qualité ; des eaux usées étaient sans doute responsables de cette situation ;
- La station en amont de Vissoie (NAV 09.8 ou NAV 09.7) accusait une qualité moyenne en mars 1993 ; sa qualité reste perturbées de manière chronique (qualité également moyenne en octobre 2009) ;
- La qualité de la station en aval de Vissoie (NAV 08.3 ou NAV 07.4), affectées par les eaux usées en mars 1993, s'est améliorée (IBGN de 9 contre 11 à 13 depuis 2000) ; elle subit toutefois d'autres perturbations (notamment les purges du bassin de Vissoie) qui ne lui permet pas d'avoir une qualité satisfaisante stable ;
- La station en aval du rejet de la STEP (NAV 04.9) qui s'était fortement améliorée en mars 2000 (IBGN de 13) possède la même qualité en mars 1993 qu'en 2009-2010 ; les effluents de la STEP se marquent nettement ;
- La qualité de la station en sortie des gorges (NAV 00.9 ou NAV 00.7) s'est au contraire bien améliorée et semble actuellement stable ;
- Le torrent de Fang et la station de la Gougra amont conservent une même qualité entre 1993 et 2010 ;
- La station aval de la Gougra souffrait de rejets d'eaux usées en 1993 ; le problème semble résolu actuellement.

Campagne	Mars 1993*				Octobre 1993*				Mars 2000**				Mars 2005***				Octobre 2009				Mars 2010				
	Station	nbr ind.	GI	Σt	IBG N	nbr ind.	GI	Σt	IBG N	nbr ind.	GI	Σt	IBG N	nbr ind.	GI	Σt	IBG N	nbr ind.	GI	Σt	IBG N	nbr ind.	GI	Σt	IBG N
NAV 22.0																		1'694	9	10	12				
NAV 20.0		930	9	18	14	61	9	12	12					638	9	13	13	1'142	9	14	13	1'420	9	17	14
NAV 17.5 / NAV 17.3		993	9	10	12									691	9	15	13	1'380	9	13	13	1'511	9	14	13
NAV 15.5																		432	9	13	13	3'559	9	15	13
NAV 09.8 / NAV 09.7		5'620	7	12	10					10'190	9	16	13					1259	7	12	10	2'825	9	14	13
NAV 08.3 / NAV 07.4		381	7	7	9					5'263	9	13	13					85	9	9	11	2'671	9	14	13
NAV 04.9		8'071	7	13	11					5'119	9	13	13					152	9	11	12	5'100	7	13	11
NAV 00.9 / NAV 00.7		2'506	7	11	10	41	2	16	6	6'052	8	15	12					3'449	9	14	13	3'651	9	16	13
NAV 00.1																		1'298	7	15	11	4'875	9	12	12
NAV-FAN 00.1		2'459	8	22	14					2'658	9	21	15					846	9	24	15	2'721	9	19	14
GOU 02.5 / GOU 02.4		3'087	9	20	14	432	9	16	13					1'028	9	13	13	2'804	9	23	15	3'563	9	17	14
GOU 00.0		3'152	7	16	11													2'191	9	21	15	1'004	9	16	13

* en 1993, la STEP de Fang n'était pas construite (bureau ETEC) ; les rejets d'eaux usées localisés en aval de Vissoie affectaient les stations à partir de NAV 08.3

** en 2000, prélèvements effectués uniquement en mars, dans le cadre du suivi de la STEP de Fang (bureau ETEC)

*** en 2005, prélèvements effectués uniquement en mars, dans le cadre du mandat « assainissement des bassins versants » (art. 80 de la LEaux), bureau GREN

Seules les campagnes effectuées entre les mois d'octobre et de mars ont été retenues ; celles échantillonnées en avril 2008 par le bureau GREN lors du suivi des purges ne sont pas prises en compte

Tableau 22 : Comparaison des résultats obtenus sur le bassin versant de la Navisence entre 1993 et 2010, à l'aide de l'IBGN.

9. RESUME - CONCLUSION

Depuis 1990, le Service de la Protection de l'Environnement du Canton du Valais (SPE) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface. Cette approche de la qualité globale des cours d'eau se base sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux, l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBGN). L'étude 2009-2010 s'est portée sur le bassin versant de la Navisence en étudiant **la Navisence** (sur env. 22 km), **la Gouggra** (sur env. 2.5 km) **et le torrent de Fang**.

L'amont de la Navisence n'est pas influencé par des captages servant à l'exploitation hydroélectrique. Ce n'est qu'à partir de la station NAV 15.5 que des prises d'eau réduisent les débits. Gouggra et torrent de Fang sont également captés.

Le bassin versant comporte 1 station d'épuration implantée à Fang. Des rejets d'eaux usées sont toutefois suspectés localement et l'endommagement d'une canalisation d'eaux usées depuis février 2010 a été signalé au SPE.

Deux gravières exploitent les matériaux dans le lit de la Navisence : en amont de Zinal et en aval de Mottec. Elles sont susceptibles d'influencer les stations aval.

Pour l'étude de ce bassin versant, 9 stations ont été retenues sur la Navisence elle-même, et 3 sur les affluents (1 sur le torrent de Fang et 2 sur la Gouggra), en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements. Trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (juillet, octobre et mars) ; par contre, deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » ont été menées (octobre et mars). Selon les buts recherchés et leur accessibilité, les stations ont fait l'objet d'une étude complète ou partielle.

Les campagnes d'analyses physico-chimiques et bactériologiques mettent en évidence une bonne à très bonne qualité des eaux sur l'ensemble du bassin versant. En juillet, les concentrations en phosphore total sont supérieures aux objectifs de qualité des eaux, mais elles sont à mettre en lien avec les MES apportées par la fonte glaciaire et ne sont pas d'origine organique. A l'aval de la STEP de Fang, les nitrates et ions ammonium s'élèvent légèrement et un phénomène de réduction des nitrates semble avoir lieu dans le milieu naturel (baisse des nitrates, apparition de nitrites et augmentation des ions ammonium). Des contaminations bactériologiques s'observent également de manière récurrente en aval de la STEP. L'impact des rejets de la STEP se marque donc de manière discrète sur la qualité physico-chimique.

Au total, 143 taxons de diatomées ont été trouvés sur le bassin versant de la Navisence. Cela représente près de 51% de la flore rhéophile valaisanne répertoriée actuellement dans la banque de données. Dans le cours amont de la Navisence, la densité des peuplements est très faible en octobre 2009, sans doute conditionnés par l'action érosive des MES sans qu'on puisse distinguer nettement l'origine (naturelle, gravières ou purges). En mars, la densité est meilleure, mais les peuplements sont en pleine croissance de fin de printemps, et donc dominés par les espèces pionnières. Dans la Gouggra, la densité des peuplements est meilleure, sauf à Grimontz aval en mars, où le développement du périphyton n'avait probablement pas encore bien démarré lors des prélèvements. La biodiversité floristique est bonne. Au ruisseau de Fang, bien que les peuplements soient assez spécialisés, leur densité est stable, ainsi que leur composition spécifique.

Selon le DI-CH, la plupart des stations atteignent les objectifs écologiques de l'OEaux. Elles sont qualifiées de « très bonnes » ou « bonnes ». Les eaux du cours amont de la Navisence sont également constamment de fort bonne qualité saprobique et trophique. A l'aval de Vissoie (Sampelets amont), la qualité se dégrade en mars 2009 (apport marqué d'eaux usées peut être lié à l'effondrement partiel de la route de la STEP pendant l'hiver et à la rupture de l'égout ?). L'égout endommagé à l'aval de Mottec depuis février 2010, ne semble pas quant à lui avoir affecté les eaux de la Navisence. Les rejets de la STEP de Fang (NAV 04.9) par contre sont permanents. Le DI-CH est qualifié de « moyen ». Les effluents péjorent la qualité des eaux de manière marquée tant en automne qu'en hiver (impact à caractère légèrement toxique, qui se manifeste également par l'augmentation de l'abondance des formes tératologiques). Malgré le bon fonctionnement de la STEP, l'impact se marque sur la rivière sans doute par manque d'eau de dilution. Cet impact influence tout le bas du cours de la rivière, bien que son effet se réduise, mieux en automne qu'en hiver (moins d'eau de dilution). Les eaux de la Gouggra sont en permanence de très bonne qualité.

Les eaux du ruisseau de Fang sont bonnes, mais paraissent un peu trop chargées par rapport aux autres stations en amont de la STEP. Il faut cependant signaler que les eaux ne portent pas la marque de pollution excessive, comme c'était apparemment le cas autrefois.

La gravière ne semble pas avoir d'impact significatif sur les communautés de diatomées. Si les purges n'ont pas d'effet négatifs sur la qualité saprobique et trophique des eaux de la Navisence, elles prolongent et augmentent l'activité érosive des eaux en diminuant la production primaire et la biogénéicité du cours d'eau.

D'après les invertébrés benthiques (méthode IBGN), et contrairement aux autres bassins versants précédemment étudiés, la Navisence révèle une abondance et une diversité inférieure en automne, alors que les affluents étudiés (torrent de Fang et Gouggra) ont une plus grande diversité taxonomique en octobre.

Au regard de ces résultats, la Navisence montre une qualité satisfaisante jusqu'à la station NAV 15.5 (aval Mottec). Fait exception la station tout en amont, seulement prélevée en octobre, et qui possède une qualité « moyenne » due aux conditions naturelles sévères. Par contre, dès l'amont de Vissoie et en aval, les atteintes se marquent sur la qualité biologique qui passe en « moyen » en octobre, voire aussi en mars (NAV 04.9, aval de la STEP de Fang et NAV 00.1), et qui redevient « satisfaisante » en mars, sans permettre toutefois l'installation des taxons les plus sensibles (*Perlodidae*, *Chloroperlidae*). Les effets sont respectivement d'amont vers l'aval : la purge du bassin de Vissoie (et le rinçage à la mi-octobre) qui se traduit essentiellement sur l'abondance, le rejet de la STEP de Fang (même en mars la qualité de la station reste « moyenne »), puis la correction du lit sur la station tout en aval (également systématiquement en qualité « moyenne »). Torrent de Fang et Gouggra montrent par contre une qualité supérieure et stable sur les 2 campagnes.

La qualité des eaux de la Navisence s'est nettement améliorée depuis la mise en service de la STEP en 1998. En aval de Vissoie, la rivière souffrait encore (hiver 2009-2010) d'un déficit important en eau du fait de l'absence de débit résiduel en aval du captage. La mise en place d'un débit de dotation de 470 l/s depuis mai 2010 devrait permettre d'améliorer sensiblement la qualité des eaux en aval du rejet de la STEP.

Quelques propositions peuvent être formulées pour améliorer la qualité de la Navisence :

- finaliser le plan général d'évacuation des eaux (PGEE) afin de corriger les déficits observés sur le réseau d'eaux usées et raccorder les rejets encore existants ;
- mettre en place un système d'inspections régulières sur le réseau et intervenir rapidement en cas de problème ;
- suivi de la station en aval de la STEP de Fang pour connaître l'évolution de la qualité biologique avec l'octroi du débit de dotation légal (débit inférieur lors des investigations 2009-2010) ;
- réduire la quantité d'eaux claires parasites (actuellement de 65%) qui perturbent le fonctionnement et les rendements d'épuration de la STEP ;
- améliorer la structure écomorphologique de l'embouchure de la Navisence pour que sa morphologie soit plus naturelle et puisse offrir des substrats plus diversifiés ; une renaturation de l'embouchure devrait être proposée dans le cadre du projet de Troisième correction du Rhône ;
- effectuer impérativement toutes les opérations de purge et rinçage avant la fin septembre de manière à favoriser une recolonisation lors des journées d'octobre qui peuvent encore être chaudes et ensoleillées ;
- afin de mieux distinguer l'impact des purges et de les réduire, il serait opportun de faire régulièrement des mesure de MES, ainsi que des dénombrements quantitatifs de diatomées, avant et après les purges.

Sion, le 23 décembre 2010
Document établi par Régine Bernard et Dr François Straub

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 2004. Qualité des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). *NF T90-350*. Paris.
- AFNOR, 2000. Norme Française NF T 90-354. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Juin 2000, 63 p.
- 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*.
- 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.
- CORDONIER A., STRAUB F., ETEC, 2000. Observation de la qualité des eaux de surface. Etude pilote : Diatomées sur la Dranse de Bagnes. *Service de la Protection de l'Environnement, Canton du Valais*. 13 p. + annexes.
- CORDONIER A., 2000. Comparaison de plusieurs méthodes diatomiques pour diagnostiquer la qualité de l'eau des cours d'eau : application à la Dranse de Bagnes. *Conférence lors du Congrès de la CILEF, Clermont-Ferrand, juillet 2000*.
- CORDONIER A. et ETEC, 2001. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2000 : la Morge. *Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais*.
- CORDONIER A., STRAUB F., BERNARD R., BERNARD M., 2004. Bilan de la qualité de l'eau des rivières valaisannes à l'aide des diatomées. *Bulletin des sciences naturelles du Valais, la Murithienne* 12 : 73-82.
- COSTE M. et PRYGIEL J., 1998. Mise au point de l'indice biologique diatomée, un indice diatomique pratique applicable au réseau hydrographique français. *L'eau, l'industrie, les nuisances*, n° 211, 1998.
- 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.
- EAWAG, 1991. L'azote dans l'air et l'eau. *Nouvelles de l'EAWAG n° 30*. Dübendorf.
- ELBER F., MARTI K. & NIEDERBERGER K., 1991. Pflanzenökologische und limnologische Untersuchung der Reussdelta-Gebietes (Kanton Uri). *Ver. Geobot. Inst. ETHZ, Stiff. 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.
- 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., 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. + annexes.

- 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 Saletse. 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., 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.
- HÜRLIMANN J., 1993. *Kieselalgen als Bioindikatoren aquatischer Ökosysteme zur Beurteilung von Umweltbelastungen und Umweltveränderungen*. Dissertation, Universität Zürich 1-118.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2002. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Diatomées - niveau R (région). A paraître dans : L'Environnement pratique - Information concernant la qualité des eaux. *OFEFP, Berne*.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2006. « Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz (Modul-Stufen-Konzept) - Kieselalgen Stufe F ». Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wasser, Sektion Gewässerreinigung und Restwasser. 3003 Bern. 122 p.
- 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.
- HOFMANN G., 1987. *Diatomeengesellschaften saurer Gewässer des Odenwaldes und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren*. Diplomarbeit an der Universität Frankfurt am Main : 1-264 .
- IDEALP, BINA, FORUM UMWELT AG, NIVALP SA et GREN 2009a. Notice d'impact de purge et vidange. Bassin de Mottec – FMG. Rapport pour le canton du Valais, 29 p.
- IDEALP, BINA, FORUM UMWELT AG, NIVALP SA et GREN 2009b. Notice d'impact de purge et vidange. Bassin de Vissoie – FMG. Rapport pour le canton du Valais, 25 p.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique.
- KNISPEL S., KLEIN A., BERNARD M., BORNARD C., PERFETTA J., RATOUIS C., 2005. Qualité biologique des cours d'eau du bassin versant lémanique. *Rapp. Comm. Int. proct. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004*, 117-129

- 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., METZELTIN D., 1996. Indicators of Oligotrophy 800 taxa representative of three ecologically distinct lake type. *Iconographia Diatomologica, Volume 2. Koeltz Scientific Books. 1996. 390 p.*
- 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.*
- LENOIR A. et COSTE M., 1996. Development of a practical diatom indice of overall water quality applicable to the french national water board network. In "Use of algae for monitoring rivers II. B.A. Whitton & E. Rott (eds), *E Rott, Institut für Botanik, Univ. Innsbruck: 29-43.*
- 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.
- LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J., 1993. OMNIDIA : software for taxonomy. Calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia 269/270: 509-513.*
- LOIR M., 2004. Guide des diatomées . *Les guides du naturaliste. Delachaux et Niestlé, Paris, 2004. 239 pages*
- 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*
- NIVALP et GREN 2010. Bassin de compensation de Mottec et bassin de compensation de Vissoie. Suivi des purges et vidanges 2009 et plan global de gestion des purges et vidanges sur le bassin versant de la Navisence. Rapport pour les Forces motrices de La Gougra SA, 41 p. et 6 annexes.
- NOEL F. et FASEL D., 1985. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. *Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. - Vol 74 1/2/3 p. 1-332.*
- OFEFP, 1991. Recommandations pour l'évaluation de la qualité hygiénique des eaux de baignade de lacs et de rivières. *Information concernant la protection des eaux n°7.*

- OFEFP, 1998. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué. *Informations concernant la protection des eaux n°26*, 43 p.
- OFEFP, 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Module chimie - Analyses physico-chimiques niveau R et C. Projet. *Informations concernant la protection des eaux*.
- 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., et al., 2005. Benthic diatoms in western European streams with altitudes over 800 m : Characterisation of the main assemblages and correspondence with ecoregions. *A paraître dans J. of Phycology*
- SCHIEFELE S., 1987. Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Landshut. *Diplomarbeit am Lehrstuhl für systematische Botanik an der Ludwig-Maximilians-Universität München : 1-207*.
- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationsberichte 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.
- 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*.
- GAP-VS, 2007. Rapport d'assainissement pour les cours d'eau avec différents captages. Bassin versant de la Tièche / Raspille, Sionne, Losentse, Rèche. *Canton du Valais*
- 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, nlle sér.*, 14, p. 35-41.
- WASSON JG, CHANDESRIS A., et PELLA H., 2002. Définition des hydro-écorégions de France métropolitaine. Approche régionale de typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés. *Rapport CEMAGREF Lyon BEALHQ et MATE/DE*, 190 p.
- WASSON JG, CHANDESRIS A., PELLA H. et BLANC L., 2003. Typologie des eaux courantes pour la Directive Cadre Européenne sur l'eau : l'approche par hydro-écorégions. *CEMAGREF Lyon*.
- WASSON JG, CHANDESRIS A., PELLA H., BLANC L., VILLENEUVE B. et MENGIN N., 2004. Détermination des valeurs de référence de l'IBGN et propositions de valeurs limite du « bon état » Version 2, document de travail. *CEMAGREF, VALOREZ, ZABR*.

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur la Navisence et la Gougra en 2009 et 2010.

Annexe 2 : Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco, juin 2010.

Annexes 3 : Tableau des résultats bruts des analyses des peuplements de diatomées de la Navisence et la Gougra en 2009 et 2010. **Voir fichier électronique.**

Annexes 4 : Impacts de la gravière de La Lé, des purges des retenues de Mottec et de Vissoie, ainsi que des rinçages.



PRELEVEMENTS					ANALYSES IN SITU						ANALYSES EN LABORATOIRE										BACTERIOLOGIE			
	Lieu - Station	Code	Altitude	Date	Débit	temp.	Cond.	pH	O2	O2	Cond. Labo	pH	MES	COT	CI	COD	Ptot	PO4	NH4	NO2	NO3	Germes aérob. méso	Esch. Coli	Entérocoques
			m		l/s	°C	µS/cm		mg/l	%	µS/cm		mg/L	mg/L C	mg/L	mg/L C	mg/L P	mg/L P	mg/L N	mg/L N	mg/L N	n/ml	n/100 ml	n/100 ml
N° 1	Zinal amont La Lé	NAV 22.0	1730	28.07.2009		5.3			9.3	92	28	7.8	284.6	0.1	0.38	0.0	0.106	0.002	0.024	0	0.09	40	3	1
N° 2	Zinal amont (Teinson)	NAV 20.0	1675	28.07.2009		6.5			8.9	90	77	7.6	199.4	0.1	0.38	0.0	0.039	0.004	0.029	0	0.12	55	2	11
N° 3	Pralong	NAV 17.3	1565	28.07.2009		7.1			9.3	91	55	7.6	184.6	0.1	0.58	0.1	0.04	0.003	0.03	0.001	0.14	60	5	14
N° 4	aval Mottec (pont du Bois)	NAV 15.5	1455	28.07.2009	200	10.4			8.5	92	283	8.2	0.2	0.1	2.3	0.1	0.003	0.003	0.012	0	0.63	95	0	1
N° 5	Vissoie amont (la Comba)	NAV 09.7	1150	28.07.2009	143	10.6			8.8	90	218	8.1	2.8	0.3	2.38	0.2	0.003	0.003	0.031	0	0.42	310	15	28
N° 6	Sampelets amont	NAV 07.4	955	28.07.2009		7.8			9.8	92	146	8	95.7	0.2	1.36	0.1	0.037	0.003	0.054	0	0.22	250	10	27
N° 7	Fang (aval STEP)	NAV 04.9	800	28.07.2009		8.5			9.7	92	182	8	198.4	0.2	1.49	0.1	0.077	0.005	0.02	0	0.32	450	160	170
N° 8	Chippis (Moulin)	NAV 00.7	541	28.07.2009		10.6			9.5	92	236	8	390.7	0.3	1.55	0.2	0.104	0.014	0.024	0	0.41	1400	300	530
N° 9	Chippis aval	NAV 00.1	530	28.07.2009		11			9.4	91.2	234	8	639.0	0.3	1.84	0.3	0.179	0.004	0.019	0.001	0.34	1600	450	610
N° 10	Torrent de Fang	NAV-FAN 00.1	860	28.07.2009	120	11.2			9	91	162	8	149.3	0.2	3.19	0.2	0.024	0.005	0.022	0	0.32	250	25	21
N° 11	Grimentz amont	GOU 02.5	1599	28.07.2009	154	9.3			8.6	91	179	8.1	1.8	0.2	0.89	0.2	0.002	0.002	0.017	0	0.17	200	10	40
N° 12	Grimentz aval	GOU 00.0	1260	28.07.2009	350	10.2			8.7	91	202	8.1	8.3	0.2	1.58	0.2	0.01	0.008	0.017	0	0.26	720	50	56
N° 1	Zinal amont La Lé	NAV 22.0	1730	19.10.2009	-	1.9	109	7.7	11.8	102	112	7.7	2.9	0.2	0	0.2	0.013	0.004	0.016	0	0.18	45	1	0
N° 2	Zinal amont (Teinson)	NAV 20.0	1675	19.10.2009	251	3.4	350	7.6	10.9	100	325	7.7	73.3	0.2	0	0.2	0.015	0.004	0.022	0	0.21	150	0	0
N° 3	Pralong	NAV 17.3	1565	19.10.2009	287	2.9	335	8.2	10.8	97	333	7.9	0.0	0.2	0	0.1	0.216	0.003	0.013	0	0.30	180	160	56
N° 4	aval Mottec (pont du Bois)	NAV 15.5	1455	19.10.2009	60	3.6	315	8.4	10.9	97	314	8.1	0.0	0.2	0.23	0.2	0.114	0.003	0.02	0.003	0.57	330	35	23
N° 5	Vissoie amont (la Comba)	NAV 09.7	1150	19.10.2009	Lâché	3.6	-	8.2	11.3	98.4	307	8	0.0	0.4	2.14	0.3	0.058	0.002	0.018	0	0.63	180	3	2
N° 6	Sampelets amont	NAV 07.4	955	19.10.2009	90	2	635	8.5	12.6	105	623	8	46.5	0.3	4.9	0.3	0.066	0.033	0.012	0	0.63	120	0	3
N° 7	Fang (aval STEP)	NAV 04.9	800	19.10.2009		4.8	690	8.4	12	102.6	662	8	6.5	0.6	5.1	0.5	0.066	0.003	0.034	0	1.39	380	660	250
N° 8	Chippis (Moulin)	NAV 00.7	541	19.10.2009		5.6	792	8.38	11.25	96	776	8.1	0.0	0.4	4.68	0.4	0.033	0.021	0.012	0	1.23	250	160	88
N° 9	Chippis aval	NAV 00.1	530	19.10.2009	144	5.1	790	8.3	11.6	96	768	8.1	0.0	0.5	4.95	0.4	0.061	0.023	0.02	0	1.14	360	42	64
N° 10	Torrent de Fang	NAV-FAN 00.1	860	19.10.2009	5	3.4	215	8	11.9	99	208	7.9	0.0	0.4	1.92	0.4	0.011	0.006	0.019	0	0.41	180	0	3
N° 11	Grimentz amont	GOU 02.5	1599	19.10.2009	-	1.8	192	8.1	13	115	196	8	18.1	0.3	0	0.2	0.02	0.003	0.023	0	0.25	720	0	48
N° 12	Grimentz aval	GOU 00.0	1260	19.10.2009	155	2.3	219	8.3	11.7	98	218	7.9	2.1	0.3	0	0.3	0.017	0.003	0.026	0	0.38	350	2	6
N° 1	Zinal amont La Lé	NAV 22.0	1730	15.03.2010																				
N° 2	Zinal amont (Teinson)	NAV 20.0	1675	15.03.2010	107	3.7	555	8	9.9	91	572	7.7	0.1	0.2	0.14	0.2	0.008	0.004	0.008	0	0.23	15	0	0
N° 3	Pralong	NAV 17.3	1565	15.03.2010	126	5.2	571	8.3	10.8	103	561	8.3	0.1	0.3	1.89	0.3	0.027	0.023	0.099	0	0.32	2400	210	95
N° 4	aval Mottec (pont du Bois)	NAV 15.5	1455	15.03.2010	44	3.6	357	8.2	11	99	355	8.3	0.1	0.3	2.26	0.2	0.032	0.012	0.006	0	0.49	200	0	5
N° 5	Vissoie amont (la Comba)	NAV 09.7	1150	15.03.2010	25	4.3	320	8.1	11.8	103	317	8.3	0.1	0.4	4.9	0.4	0.024	0.001	0.017	0	0.50	240	0	0
N° 6	Sampelets amont	NAV 07.4	955	15.03.2010	61	2.7	709*	8.4	12.6	107	701	8.1	12.0	0.3	8.88	0.3	0.031	0.012	0.012	0	0.63	160	0	1
N° 7	Fang (aval STEP)	NAV 04.9	800	15.03.2010	95	4.7	749*	8	11.8	100	728	8	3.8	1.2	15.8	1.1	0.057	0.022	0.143	0.01	4.42	480	800	220
N° 8	Chippis (Moulin)	NAV 00.7	541	15.03.2010	180	4.3	1042	8.2	13	105	1030	8.2	2.5	0.7	12.21	0.7	0.032	0.009	0.139	0.02	2.37	350	740	240
N° 9	Chippis aval	NAV 00.1	530	15.03.2010	160	4	1046	8.3	13.1	106	1029	8.2	3.7	0.8	14.31	0.8	0.064	0.010	0.243	0.02	2.74	570	1050	260
N° 10	Torrent de Fang	NAV-FAN 00.1	860	15.03.2010	5	2.2	207	8.2	12.4	99	208	8.1	0.1	0.3	4.32	0.2	0.045	0.018	0.009	0	0.48	120	0	1
N° 11	Grimentz amont	GOU 02.5	1599	15.03.2010	-	3.5	198	7.9	11.4	102	207	8.1	0.1	0.2	0.07	0.2	0.026	0.003	0.013	0	0.27	20	0	0
N° 12	Grimentz aval	GOU 00.0	1260	15.03.2010	63	1.7	242	8.2	12.2	100	242	8.1	0.1	0.3	3.1	0.2	0.068	0.006	0.009	0	0.44	300	7	5

ANNEXES 2

Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco, juin 2010

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

F. Straub, juin 2010

Préambule

Les méthodes sélectionnées ci-dessous sont destinées à apprécier la qualité des eaux de rivières uniquement. C'est la raison pour laquelle, seule la communauté de diatomées épilithiques (qui vit sur les galets) en pleine eau courante 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.

Descriptif des méthodes

• Prélèvement, préparation, analyse des diatomées et estimation de la vitesse de l'eau

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

Pour détruire la matière organique et nettoyer les frustules des diatomées, de l'acide chlorhydrique (HCl) et de l'eau oxygénée (H₂O₂) sont ajoutés dans un pilulier de chaque station. Le traitement des échantillons est réalisé selon une des méthodes préconisées par le manuel s'application de la méthode suisse (STRAUB 1981 *in* HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2006 p. 119), légèrement modifiée : l'usage des acides à chaud a été remplacé par un traitement à H₂O₂ à froid pendant 3 semaines.

Les frustules nettoyés sont repris en suspension avec des volumes connus d'eau déminéralisée, pour pouvoir estimer quantitativement la biomasse 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 biomasse 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.

• Relevés de terrain

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

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

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

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

- **Biomasse de diatomées**

La biomasse de diatomées est exprimée en nombre de cellules de diatomées par cm². Des variations de biomasse peuvent être liées à des fluctuations des concentrations d'engrais, de substances toxiques dans les eaux et de température. En rivière, la biomasse 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 biomasse est en général plus élevée). En cas de fortes turbidités, le pouvoir érosif de l'eau est supérieur, si bien que la biomasse des diatomées (et du périphyton en général) est moindre.

- **Taux de fragmentation des valves de diatomées**

Ce taux est exprimé en % par rapport à l'ensemble des diatomées et des restes présents. En rivière, normalement les taux de fragmentation sont ≤ 50%. 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. Comme pour la biomasse, 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.

- **Diversité floristique**

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

La flore totale comprend en plus, les taxons moins abondants, qui sont relevés en plus du dénombrement, au cours d'un effort complémentaire de 0.5 heure de recherche par échantillon. Ce nombre ne peut être comparé qu'au petit nombre de relevés pour lesquels cet aspect du peuplement a aussi été étudié.

- **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 19a4). Des peuplements de faible diversité structurale existent dans les milieux extrêmes, dans lesquels un facteur écologique limite l'implantation des espèces (p. ex. acidité, carence, pauvreté, froid, toxicité, agitation). On observe une forte diversité structurale dans les peuplements des eaux plutôt calmes, carbonatées, chaudes et légèrement engraisées de plaine.

Contrairement à la tradition française, en Suisse et en Allemagne, l'indice est calculé avec le logarithme népérien. Pour comparaison, 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 (pour 3694 échantillons, HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2006). Dans ce lot, les indices ≤ 2.0 sont révélateurs de situations exceptionnelles : oligotrophie, surcharges de carbonates comme dans les sources karstiques ou pollutions excessives.

- **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 (

Figure 1). 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 :

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

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

Ce coefficient permet de comparer la **composition structurale** de deux populations. 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 1 (J. Hürlimann, com. orale).

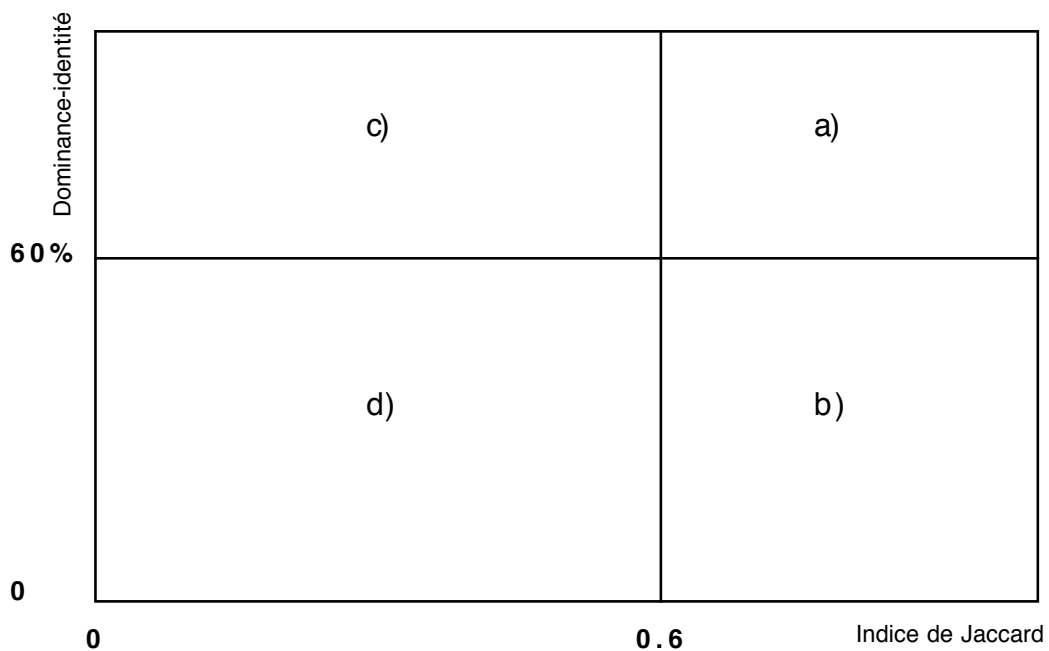


Figure 1 : cadre du diagramme de similitude servant à comparer deux communautés sur la base de l'indice de Jaccard et de la dominance-identité.

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

• Taux de formes tératologiques

Ce taux est exprimé en % de l'ensemble des diatomées non-fragmentées. Sur le tableau des résultats bruts (Annexes), figurent les espèces trouvées également sous formes monstrueuses. Les causes de ces malformations sont de deux ordres. Lorsqu'elles sont génétiques, tous les individus de l'espèce présentent la même déformation. Lorsqu'elles sont environnementales, seuls certains individus en portent la trace. Les facteurs tératogènes environnementaux connus actuellement sont soit, dans les eaux très propres, des carences (p. ex. en silicates), des chocs thermiques ou lumineux. Dans les eaux polluées, les

métaux lourds, les herbicides, les pesticides et résidus de combustion des hydrocarbures, sont connus pour causer des malformations (ESGUERRA *et al.* 2006). Dans les populations bien nourries, il est rare de trouver de telles formes, si bien qu'un taux de 1% de monstruosité semble déjà significatif (STRAUB & JEANNIN 2006, STRAUB, non pub., enquête orale auprès des membres de l'ADLAF).

• L'Indice Diatomique Suisse (DI-CH)

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

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

Le DI-CH poursuit deux buts principaux :

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

La méthode comprend 8 groupes de qualité d'eau, basés sur les concentrations de 6 paramètres chimiques de pollution anthropique : ammonium, nitrite, somme de l'azote inorganique, phosphore total, 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 ZELINKA & MARVAN 1961 suivante :

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

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 8 groupes de départ sont ramenés à 5 classes du « système modulaire gradué R ». Les stations sont alors classées en deux catégories :

- celles obtenant un indice de 1 à 4.49 (couleur bleue et verte) respectent les objectifs écologiques fixés par l'OFEFP ;

- celles ayant un indice de 4.5 à 8 (couleur jaune, orange et rouge) n'atteignent pas les objectifs écologiques.

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

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

La méthode « diatomées suisse » recommandée par l'OFEFP a donc été choisie comme indice diatomique de pollution générale pour cette étude, afin que le diagnostic corresponde exactement aux exigences de la loi suisse. Pour concrétiser l'interprétation de cet indice (réducteur par essence), la composition des peuplements est représentée sur des histogrammes qui présentent les % des cinq classes de sensibilité des diatomées.

• Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau

Le niveau saprobique représente l'intensité des phénomènes de biodégradation qui ont lieu dans l'eau. En rivière, le taux d'oxygène n'étant souvent pas limitant, le niveau saprobique est proportionnel au taux de matières organiques oxydables. Les diatomées étant soit sensibles envers ces matières, soit 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 (Annexe \$). Ils ont été attribués empiriquement au cours d'études extensives de populations *in situ* ou au cours d'expérimentations ponctuelles en milieux artificiels (valeurs des indices tirés essentiellement de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991, LANGE-BERTALOT 1993, HÜRLIMANN ET STRAUB 1991, DENYS 1991, HOFMANN 1994, VAN DAM *et al.* 1994). L'indice de quatre degrés (1 = très sensible à 4 = très tolérant) indique jusqu'à laquelle des quatre classes saprobiques (I, oligosaprobie à IV polysaprobie, KOLKWITZ 1950, LIEBMANN 1958, SLADACEK 1973) chaque taxon peut résister. Le diagnostic est posé à partir de la fréquence relative des quatre groupes de sensibilité à l'intérieur de l'assemblage de diatomées trouvé. Cette méthode, contrairement à celles des indicateurs de classe, reconnaît pour des autotrophes vrais comme la plupart des diatomées, qu'il n'y a pas en principe de dépendance directe de ces organismes aux matières organiques, mais seulement une tolérance plus ou moins marquée. Ainsi, on peut trouver tous les taxons, en faible abondance (forte concurrence) dans les basses classes de charge organique, tandis que dans les classes élevées, seuls quelques taxons tolérants peuvent vivre en abondance (faible concurrence). La définition des classes saprobiques ainsi que l'échelle de diagnostic à partir de assemblages de diatomées sont résumées au Tableau 2.

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

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

<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
<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>	Moyen
<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>	Médiocre
<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 eutroques 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.

• 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 indicielle 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.

• 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 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). 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 7 : 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.

• 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 natu-

rels. 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 insuffisantes ou trop partielles pour en tirer des conclusions écologiques modernes.

Bibliographie

- DENYS L., 1991. A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the western belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. *Service géologique de Belgique, Professional paper* 246 : 1-41.
- DOUGLAS B. 1958. The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.*, 46 : 295-322.
- ELBER F., MARTI K. & NIEDERBERGER K., 1991. Pflanzenökologische und limnologische Untersuchung der Reussdelta-Gebietes (Kanton Uri). *Ver. Geobot. Inst. ETHZ, Stiff. 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.
- 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.
- HÜRLIMANN J., 1993. *Kieselalgen als Bioindikatoren aquatischer Ökosysteme zur Beurteilung von Umweltbelastungen und Umweltveränderungen*. Dissertation, Universität Zürich 1-118.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2001. « Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Diatomées - niveau R (région) ». A paraître dans : L'Environnement pratique - Information concernant la qualité des eaux. *OFEFP, Berne*.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2006. « Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz (Modul-Stufen-Konzept) - Kieselalgen Stufe F ». Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wasser, Sektion Gewässerreinigung und Restwasser. 3003 Bern. 122 p.
- HÜRLIMANN J. & STRAUB F., 1991. Morphologische und ökologische charakterisierung von Sippen um den *Fragilaria capucina* - komplex sensu Lange-Bertalot 1980. *Diatom Research* 6 (1) : 21-47.
- HÜRLIMANN J., ELBER F., NIEDERBERGER K., STRAUB F., STÖCKLI A. & NIEDERHAUSER P., 2001. Historische Kieselalgenproben als biologische Referenzen zur Bewertung von Fließgewässern des Schweizer Mittellandes - erste Ergebnisse. *Studies on Diatoms, Lange-Bertalot-Festschrift*, A.R.G. Ganter Verlag K.G., Ruggell, 401-415.
- HOFMANN G., 1987. *Diatomeengesellschaften saurer Gewässer des Odenwaldes und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren*. Diplomarbeit an der Universität Frankfurt am Main : 1-264 .

- KOLKWITZ R., 1950. Oekologie der Saprobien. Ueber die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. *Schriftenreihe des Verein für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene* 4, Piscator Ver., Berlin-Dahlem : 1-64.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986-1991. « Süßwasserflora von Mitteleuropa ». *Band 2, 1.-4. Teil. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart*
- LANGE-BERTALOT H., 1978. Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 51 : 393-427.
- LANGE-BERTALOT H., 1979a. Pollution tolerance of Diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64 : 285-304.
- LANGE-BERTALOT H., 1979b. Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung, exemplarisch für den unteren Main. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 56 : 184-219.
- LANGE-BERTALOT H., 1993. 85 New Taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süßwasserflora von Mitteleuropa vol. 2. *Bibliotheca diatomologica* 27 : 1-454.
- LANGE-BERTALOT H., (unter Mitarbeit von A. Steindorf) 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 28: 633-677.
- LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984. *Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques.* (2e éd.). Coll. d'écologie 12, Masson, Paris, 260 p.
- LIEBMANN H., 1958. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band 1. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena : 1-640.
- OFEFP, 1998. « Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué ». *Informations concernant la protection des eaux n°26*, 43 p.
- REICHARDT E., 1991. Beiträge zur Diatomeenflora der Altmühl III : Wasserqualität und Diatomeenbesatz. *Arch. Hydrobiol., Alg. Studies* 62 : 107-132.
- RENKONEN O., 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. *Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo* 6/1, 231. Cité par ENGELBERG, K. 1987.
- SCHIEFELE S., 1987. *Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Landschut.* 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. Informationsberichte 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*, nlle sér., 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.

ANNEXES 3

Tableau des résultats bruts des analyses des peuplements de diatomées de la Navisence et la Gougra en 2009 et 2010.

Voir fichier électronique

ANNEXES 4

Impacts de la gravière de La Lé, des purges des retenues de Mottec et de Vissoie, ainsi que des rinçages.

- **Impact de la Gravière de La Lé (amont Zinal)**

Vu l'augmentation progressive de la densité de diatomées, la gravière n'aurait pas d'effet sur le développement des communautés de diatomées. Il faut cependant noter qu'à Zinal Teinson, la très faible densité est très fortement corrélée aux taux excessifs de MES en octobre 2009, ce qui tout de même pourrait traduire un impact de la gravière. Cette exploitation pourrait jouer un rôle sur la réduction des biodiversités floristique et structurale des peuplements situés en aval. L'absence totale d'algues macroscopiques en octobre (en particulier *Hydrurus foetidus*) à Zinal Teinson pourrait être due aux rejets de particules fines par la gravière. Ces indications sont données au conditionnel, car les effets peuvent également provenir de l'action des particules fines transportées par les eaux de fonte du glacier de Zinal.

- **Impact de la purge de Mottec**

Apparemment, il n'y a pas d'effet sur la densité des diatomées directement à l'aval de Mottec. L'augmentation progressive de la densité est cependant bloquée dès aval Mottec, aussi bien en octobre qu'en mars : la purge de Mottec accentuerait-elle l'action érosive des MES glaciaires à tel point que l'impact soit continu jusqu'en mars ?

Cette purge pourrait jouer un rôle sur la réduction des biodiversités floristique et structurale des peuplements situés en aval. La purge pourrait être responsable de l'extrême spécialisation du peuplement.

L'absence totale d'algues macroscopiques en octobre (en particulier *Hydrurus foetidus* et *Chrysonobula holmesii*) à aval Mottec pourrait être due aux rejets de particules fines par la purge.

La purge semble tout de même causer une érosion des communautés végétales, puisqu'à aval Mottec nous avons trouvé en suspension dans l'eau de grandes quantités d'algues filamenteuses et des mousses sénescents en décomposition (contrairement aux observations de NIVALP et GREN 2010, p. 27). A ce propos, une remarque doit être faite. Dans les études d'impact des purges, la disparition des algues filamenteuses est considérée comme positive. C'est un détournement de l'observation qu'en eaux oligotrophes leur développement est faible, c'est à dire que dans ce cas seulement ce critère est positif. Dans les autres cas, utiliser comme positif leur absence ou leur élimination, est douteux : c'est le résultat du point de vue esthétique et subjectif (des promeneurs et des pêcheurs), qu'un écosystème naturel doit être « propre en ordre ».

Au point de vue écologique, c'est moins positif. Le fait que les algues filamenteuses sont arrachées n'améliore pas la qualité locale des eaux (qui potentiellement contiennent de toute manière les engrais en suffisance pour faire pousser ces végétaux). Au point de vue de l'autoépuration ou même de métabolisme local, cet arrachage réduit le potentiel d'activité de la biocénose : moins de microorganismes disponibles (qui vivent accrochés aux algues filamenteuses), moins de caches et de nourriture pour les invertébrés herbivores. Par ailleurs, l'élimination des algues filamenteuses par l'érosion, n'est que le signe tangible, du risque d'élimination (ou au moins de limitation) moins visible de toute la communauté microbienne, si importante dans l'équilibre de la rivière. Cette remarque est aussi valable dans le cas de Vissoie.

- **Impact de la purge de Vissoie**

A l'aval de Vissoie, la croissance des diatomées semble bloquée, puis chute de façon drastique à Sampelets amont. Cela est observé tant en octobre qu'en mars. Comme pour Mottec, la purge de Vissoie accentuerait-elle l'action érosive des MES glaciaires à tel point que l'impact soit continu jusqu'en mars ? La très faible densité de diatomées observée à Sampelets amont en octobre 2009 est fortement corrélée avec le taux excessif de MES mesuré à cette station. Si la purge de Vissoie a un impact, c'est peut être plus par le biais des remises en suspension des sédiments limono-argileux. Cet impact ne s'exercerait pas directement sous la purge, mais plus en aval, comme à Sampelets, à cause des conditions géomorphologiques particulièrement tourmentées de la rivière à cette station.

A Vissoie la Comba, le taux de fragmentation des diatomées particulièrement élevé (degré de létalité), pourrait être lié à la purge.

Cette purge pourrait jouer un rôle sur la réduction des biodiversités floristique et structurale (au point de vue quantitatif) du peuplement automnal de Vissoie la Comba, mais pas à Sampelets amont.

Il faut tout de même relever que c'est à Vissoie la Comba, station directement soumise à la purge de la retenue, que l'on trouve le peuplement de diatomées le plus riche en espèces de la liste rouge, en particulier en automne avec 27.2% de la biomasse formée par ces espèces en danger en Europe centrale. La purge aurait-elle un effet favorable au développement des espèces rares de diatomées ?

L'absence totale des algues macroscopiques en octobre (en particulier *Hydrurus foetidus* et *Chrysonobula holmesii*, mais aussi les algues vertes) à Vissoie la Comba et à Sampelets amont pourrait être due aux rejets de particules fines par la purge (cela confirme les observations).

Toutes ces indications sont sans doute liées à l'impact érosif des forts taux de MES en octobre. Mais distinguer l'activité des fines glaciaires de celles rejetées par les purges, n'est pas aisé, vu qu'aucun processus expérimental n'a été appliqué pour distinguer ces deux impacts qui se cumulent.

• Marques d'érosion en aval de la Navisence

Aux stations Chippis Moulin et aval Chippis, en octobre, un grand nombre de diatomées avaient des valves fortement érodées, sans être obligatoirement fragmentées. On distingue ces valves, car leurs bords sont usés et qu'elles sont plus fines qu'habituellement. Elles sont parfois si fines, qu'il est difficile de les distinguer par manque de contraste, même avec les éclairages particuliers que nous utilisons pour voir ces algues. Ces valves érodées sont mélangées aux autres parfaitement bien formées. Ce mélange est typique de remises en suspension de sédiments fins en amont et de dérive de squelettes de diatomées, dérive qui cause leur érosion. Ces squelettes se déposent en aval lorsque l'énergie des eaux est moindre et viennent alors se mélanger aux diatomées autochtones. Ce phénomène est souvent visible dans les sédiments lacustres, au large des embouchures des rivières. Dans le Rhône, pourtant aussi marqué par l'impact des fines glaciaires, nous n'avons jamais trouvé de tels mélanges, même dans les stations plus ou moins calmes. Ces observations, en aval de la Navisence pourraient donc être une des marques d'érosion brutale et ponctuelle des communautés microbiennes, causées par les décharges de fines lors des purges et des rinçages. Le fait que les purges (en tous cas celle de Vissoie) aient un impact jusqu'en plaine avait été soulevé par IDEALP 2009b par rapport aux poissons. Cet impact sur les poissons semble avoir été réduit avec les nouvelles prescriptions de purges et rinçages (NIVALP et GREN 2010, p. 30 et suiv.). Par contre l'impact sur les communautés microbiennes semble plus constant, d'autant plus que les rinçages, dont le but est d'éliminer les bancs de limons sableux déposés en amont, remettent ces sédiments en suspension et causent probablement une augmentation brutale des MES à effet érosif.

• Conclusion

Il n'y a pas de signe marqué de l'influence particulière de la gravière et des purges (que l'on pourrait distinguer de l'impact des MES glaciaires) sur les communautés de diatomées. La difficulté de distinguer les deux impacts a aussi été relevée par IDEALP et al. 2009b, p. 21. Ni la gravière, ni les purges n'ont d'effets négatifs sur les qualités saprobique et trophique des eaux de la Navisence (cela confirme l'avis de NIVALP et GREN 2010, p. 26).

Cause probables du manque de signes probants :

Les diatomées à l'aval de Mottec ont été prélevées deux mois après la purge, si bien que leurs communautés auraient eu le temps de se reconstituer, si elles avaient été marquées par les décharges de particules fines. Par contre à l'aval de Vissoie, les prélèvements ont été réalisés un mois après la purge, mais seulement 5 jours après le rinçage. La très faible densité des peuplements à Sampelets amont est peut-être le signe le plus probant de l'activité érosive, bien qu'à cette station, en mars, une limitation du développement des diatomées est aussi observée.

La saisonnalité de l'activité biologique de la rivière à régime glaciaire semble avoir un impact important : la preuve est que dans le ruisseau de Fang, qui n'est pas alimenté par des eaux de fonte glaciaires, la densité du peuplement de diatomées est stable.

Pour mieux distinguer les impacts des fines glaciaires, des fines provenant des purges :

- faire des mesures de MES plus régulièrement avant et après les purges (tous les jours et échelonner par la suite) ;

- réaliser des prélèvements quantitatifs de diatomées avant les purges et directement après, puis un mois ou six semaines après sur un tronçon de plusieurs km.

Un tel programme permettrait de décrire l'état naturel des peuplements de diatomées en régime de fonte, mettre en évidence l'impact éventuel sur la destruction partielle ou totale des peuplements, déterminer sur quelle distance l'impact se marque et évaluer le temps qu'il faut pour que les communautés reprennent leur état initial d'avant la purge et le rinçage ponctuels.

Difficultés de comparaison avec les études d'impact des purges et rinçages :

Les mesures et prélèvements n'ont pas été réalisés aux mêmes stations, ce qui rend la comparaison délicate, à part pour le tronçon de plaine.