



**CANTON DU VALAIS  
KANTON WALLIS**

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

Departement für Verkehr, Bau und Umwelt  
Dienststelle für Umweltschutz

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



Campagne 2014

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

**Rapport et  
annexes**

**ETEC Sàrl**

Ecologie aquatique,  
c/o biol conseils sa  
Rue de Lausanne 15  
CH 1950 Sion  
tél. : +41 27 205 60 71  
e-mail : [info@etec-vs.ch](mailto: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](mailto:fstraub@phycoeco.ch)

**La Liène**

**Décembre 2015**





## TABLE DES MATIERES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. PRESENTATION DU CONTEXTE .....</b>  | <b>1</b>  |
| 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 bisses</i> .....  | 4         |
| 2.3.3. <i>Assainissement des eaux usées</i> .....   | 4         |
| 2.3.4. <i>Extraction de graviers</i> .....  | 5         |
| 2.3.5. <i>Aménagement du lit</i> .....  | 5         |
| 2.3.6. <i>Valeurs naturelles</i> .....  | 6         |
| <b>3. METHODOLOGIE .....</b>  | <b>6</b>  |
| 3.1. PRINCIPES ET INTERVENANTS .....  | 6         |
| 3.2. LOCALISATION DES STATIONS, CAMPAGNES, METHODES UTILISEES.....  | 6         |
| 3.2.1. <i>Choix des stations et principe de codification</i> .....  | 6         |
| 3.2.2. <i>Dates des campagnes et conditions météorologiques</i> .....   | 12        |
| 3.2.3. <i>Événements particuliers survenus durant la période de prélèvement</i> .....                                   | 13        |
| 3.2.4. <i>Hydrologie et physico-chimie</i> .....  | 13        |
| 3.2.5. <i>Études des diatomées</i> .....  | 15        |
| 3.2.6. <i>Prélèvements et analyses biologiques : les macroinvertébrés</i> .....   | 16        |
| <b>4. QUALITE PHYSICO-CHEMIE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX.....</b>   | <b>17</b> |
| 4.1. RESULTATS.....   | 17        |
| 4.2. INTERPRETATION.....  | 17        |
| 4.2.1. <i>Débits</i> .....  | 17        |
| 4.2.2. <i>Température</i> .....   | 18        |
| 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, COD)</i> .....  | 19        |
| 4.2.7. <i>Formes azotées (<math>\text{NH}_4^+</math>, <math>\text{NO}_2^-</math>, <math>\text{NO}_3^-</math>)</i> ..... | 20        |
| 4.2.8. <i>Phosphore (<math>\text{PO}_4^{3-}</math>, <math>P_{\text{tot}}</math>)</i> .....                              | 21        |
| 4.2.9. <i>Bactériologie</i> .....   | 21        |
| 4.2.1. <i>Phyto-sanitaires et micropolluants</i> .....  | 22        |
| 4.2.2. <i>Conclusion sur les résultats physico-chimiques et bactériologiques</i> .....                                  | 24        |
| <b>5. ÉTUDE DES DIATOMEES ET QUALITE BIOLOGIQUE DES EAUX.....</b>   | <b>26</b> |
| 5.1. RESULTATS BRUTS .....  | 26        |
| 5.2. ÉTAT DES COMMUNAUTES DE DIATOMEES .....  | 26        |
| 5.2.1. <i>Présentation des résultats quantitatifs</i> .....   | 26        |
| 5.2.2. <i>Densité des peuplements</i> .....   | 26        |
| 5.2.3. <i>Fragmentation</i> .....   | 27        |
| 5.2.4. <i>Tératologie</i> .....   | 29        |
| 5.2.5. <i>Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore</i> .....  | 30        |
| 5.2.6. <i>Diversité structurale des communautés</i> .....   | 32        |
| 5.2.7. <i>Conclusion sur l'état des peuplements de diatomées</i> .....  | 33        |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.3. AUTRES ALGUES .....   | 34        |
| 5.4. DIATOMEES ET QUALITES BIOLOGIQUES DES EAUX .....                                | 35        |
| 5.4.1. <i>Mise en garde</i> .....  | 35        |
| 5.4.2. <i>État de santé global (légal)</i> .....                                     | 35        |
| 5.4.3. <i>Niveaux saprobique et trophique</i> .....                                  | 36        |
| 5.4.4. <i>Conclusion sur la qualité biologique des eaux</i> .....                    | 38        |
| <b>6. ETUDE DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES ET QUALITE BIOLOGIQUE DU COURS D'EAU</b> | <b>39</b> |
| 6.1. SUBSTRATS .....   | 39        |
| 6.2. FAUNE BENTHIQUE ECHANTILLONNEE.....   | 39        |
| 6.3. RESULTATS LIES A L'INDICE BIOLOGIQUE SUISSE (IBCH) .....                        | 44        |
| <b>7. SYNTHESE PAR STATION .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>8. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RESULTATS .....</b>                            | <b>60</b> |
| <b>9. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS BIOLOGIQUES ANTERIEURS.....</b>                 | <b>61</b> |
| 9.1. DIATOMEES - COMPARAISON AVEC LES DONNEES ANTERIEURES .....                      | 61        |
| 9.2. FAUNE BENTHIQUE - COMPARAISON AVEC LES DONNEES ANTERIEURES.....                 | 62        |
| <b>10. RESUME - CONCLUSION .....</b>   | <b>64</b> |
| <b>11. ZUSAMMENFASSUNG – FAZIT .....</b>   | <b>66</b> |
| <br>   |           |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>   | <b>66</b> |
| <b>ANNEXES .....</b>   | <b>69</b> |

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

## ÉTUDE 2014 : LA LIÈNE

## 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 2013). Ces études s'inscrivent également dans le cadre des plans d'action de la CIPEL, à savoir celui de la période 2011-2020 « Préserver le Léman, ses rives et ses rivières aujourd'hui et demain », ainsi que dans le produit e-DICS 1301 des objectifs du SPE. Cette approche vise à apprécier la qualité globale des cours d'eau ; elle se base sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux, sur l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBCH). En 2014, le choix du SPE s'est porté sur **La Liène**. Ce mandat a été attribué aux bureaux ETEC Sàrl à Sion, BINA à Turtmann et PhycoEco (Dr François Straub) pour la partie « diatomées ».

Le SPE mène également depuis plusieurs années des campagnes pour évaluer la qualité des eaux vis à vis des produits phytosanitaires. En 2014, c'est le bassin versant de la Liène qui a été retenu ; les résultats des analyses des phytosanitaires sur eau (SPE, 2014) ont donc été intégrés à cette étude.

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

## 2. PRESENTATION DU CONTEXTE

## 2.1. Bassin versant

Le bassin versant de la Liène se situe en rive droite du Rhône légèrement en amont de Sion. La rivière est alimentée par les glaciers du massif du Wildhorn (REYNARD, 2000), puis reçoit de nombreux torrents latéraux, dont un affluent principal en rive gauche, l'Ertense. En plaine, son cours constitue la limite entre les villages de St-Léonard et d'Uvrier avant de se jeter dans le fleuve. Les caractéristiques du bassin versant selon l'Atlas hydrologique suisse sont reportées dans le Tableau 1.

| Critères                         | Caractéristiques selon l'Atlas hydrologique suisse   |
|----------------------------------|--|
| <b>Sous-bassins</b>              | 4 sous-bassins : 50-221 (amont Zeuzier)<br>50-222 (Zeuzier-Croix)<br>50-224 (Croix-usine hydroélectrique)<br>50-227 (St-Léonard) |
| <b>Superficie</b>                | 152 km <sup>2</sup>  |
| <b>Altitude moyenne</b>          | 1'443 m  |
| <b>Pente moyenne</b>             | 15 % (varie entre 6.8 % et 21.3 % selon les sous bassins)  |
| <b>Surface glacière</b>          | atteint 5.5 % sur le sous-bassin amont (50-221)  |
| <b>Surface boisée</b>            | 23 % de la surface totale du bassin, mais jusqu'à 38 % dans 50-222   |
| <b>Surfaces rendues étanches</b> | au maximum 8.3 % pour 50-224 et 0 % 50-221   |
| <b>Communes concernées</b>       | Ayent, Icogne, St-Léonard, Sion, Lens, Arbaz, Randogne   |

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

## **2.2. Réseau hydrographique**

La Liène prend sa source à 2'440 m d'altitude environ, en aval du glacier des Eaux Froides. Elle s'écoule ensuite parmi les moraines avant de se jeter dans le lac de retenue de Zeuzier. Elle poursuit ensuite son cours au sein d'une vallée encaissée et reçoit les eaux de l'Ertense au lieu-dit « Pra du Taillour ». Cet affluent naît entre la Pointe de la Plaine Morte et le Tubang à environ 2'600 m d'altitude et draine une partie des eaux du Glacier de la Plaine Morte (Reynard, 2000).

En aval de cette confluence, la Liène parcourt un long linéaire dans un environnement formé de forêts et de gorges, avant de recevoir l'eau de nombreux torrents latéraux. La majorité d'entre eux proviennent du versant Ayent-Anzère en rive droite (les plus importants étant les torrents de Croix, de Forniri, de la Rognieuse et de Botyre) ; plusieurs petits torrents pentus descendent de l'autre versant.

A son arrivée en plaine, la Liène est fortement corrigée et s'écoule en ligne droite jusqu'au Rhône, en traversant le village de St-Léonard.

Selon l'Atlas hydrologique suisse, la longueur de la Liène est de 15.2 km, celle de l'Ertense de 5.2 km.

Le réseau hydrographique principal est présenté sur la Figure 1.

Le long de son parcours, la rivière est caractérisée par plusieurs régimes hydrologiques (ASCHWANDEN, 1986). En tête de bassin versant, la Liène et l'Ertense sont soumis à un régime b-glacio-nival. Dès la confluence avec le torrent de Forniri, le régime est glacio-nival.

La Liène est une rivière de montagne, appartenant selon ILLIES (1963) au rhithron. Sur le plan piscicole, la zonation établie par HUET (1949) le 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 et de la base de données BDInvent et des documents sur les concessions hydroélectriques.

Une partie des eaux du bassin versant sont utilisées pour les besoins hydroélectriques. L'aménagement hydroélectrique de la Liène S.A, comprend un bassin d'accumulation d'un volume de 50'000 m<sup>3</sup> construit à Zeuzier qui capte les eaux de la Liène amont et du torrent de Vatseret. De Zeuzier, l'eau est amenée par un puits sous pression à la station caverne de Croix pour y être turbinée une première fois, puis reprise en conduite forcée vers la centrale de St-Léonard pour un nouveau turbinage et restitution au Rhône (pour information, le bisse de Sillonin est alimenté par la conduite forcée de la centrale de St-Léonard avec une dotation de 200 l/s entre avril et septembre et 40 l/s en octobre). Il existe également une usine auxiliaire à 1'389 m, l'usine en caverne de Chamarin, qui prélève pendant l'été un maximum de 550 l/s du puits sous pression et dont les eaux turbinées alimentent le bisse d'Ayent (dotation de 450 l/s de mai à septembre et 100 l/s en octobre).

Un autre aménagement hydroélectrique appartenant aux services industriels de Sion exploite les eaux de la Liène. Une prise située à 675 m d'altitude capte les eaux de la rivière (débit d'équipement 600-700 l/s). Celles-ci s'écoulent dans une galerie souterraine, puis le débit est réparti entre le bisse de Clavoz (dotation de 200 l/s entre le 15 avril et fin septembre) et la conduite sous pression menant à l'usine du Beulet. L'eau est restituée directement au droit de l'usine, dans la Liène (altitude 542 m).

Selon l'Atlas hydrologique suisse, les captages (cf. Tableau 2) modifient notablement des débits moyens annuels :

- En aval du bassin d'accumulation de Zeuzier et du bassin d'accumulation de Croix, le débit résiduel est inférieur à 20 % du débit moyen annuel ;
- Dès la confluence avec l'Ertense, le débit du cours d'eau représente 21-40 % du débit naturel ;
- Le reste du linéaire conserve un débit entre 21-40 % du débit moyen annuel.

| Concession            | Captage                   | ouvrage   | Type                             | Date construction              | Cours d'eau |
|-----------------------|---------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Liène SA              | Zeuzier                   | bassin accumulation                             | Hydroélectrique                  | 1957                           | Liène       |
| Liène SA              | Vatseret 1 et 2           | prises d'eau                                    | Hydroélectrique                  | 1957                           | Vatseret    |
| Liène SA              | Bassin de Croix           | bassin compensation                             | Hydroélectrique                  | 1957                           | Liène       |
| Ville de Sion         | Bisse de Sion             | conduite usine Croix                            | Irrigation                       | 1901-03                        |             |
| Consortage            | Bisse d'Ayent             | eaux turbinées Chamarin                         | Irrigation                       | Avant 1448                     |             |
| Consortage            | Bisse de Lens             | Pompage bassin Croix si débit Liène insuffisant | Irrigation                       | 15 <sup>e</sup> siècle         | Liène       |
| Consortage            | Bisse du Ro               | Zeuzier   | Irrigation                       | 14 <sup>e</sup> siècle         |             |
| Consortage            | Bisse de Sillonin         | conduite forcée usine St-Léonard                | Irrigation                       | 17 <sup>e</sup> siècle         |             |
| SI Sion<br>Consortage | Beulet<br>Bisse de Clavoz | prise d'eau                                     | Hydroélectrique<br>et Irrigation | 1907<br>13 <sup>e</sup> siècle | Liène       |
| St-Léonard            | Sud CFF                   | écluses (dotation Croix)                        | Irrigation                       |                                | Liène       |
| St-Léonard            | Route cantonale           | écluses (dotation Croix)                        | Irrigation                       |                                | Liène       |

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

| Installation – type d'ouvrage   | Purge         | Fréquence              | Remarque                       |
|---------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| Zeuzier – bassin d'accumulation | Vanne de fond | Annuelle à bisannuelle | Entretien du lit               |
| Croix – Bassin de compensation  | oui           | Tous les 10 ans        | Elimination des sédiments      |
| Croix - dessableur              | oui           | 5 fois par an          | Elimination des sédiments      |
| Beulet                          | ?             | Non connue             | Pas d'informations disponibles |

Tableau 3 : Bilan des purges réalisées par les ouvrages sis sur la Liène.

Deux ouvrages sont soumis à une autorisation de purge et vidange : le bassin d'accumulation de Zeuzier et le bassin de compensation de Croix. Le mode de vidange décrit dans les paragraphes suivants reprend les éléments du rapport élaboré dans le cadre de l'assainissement des prélèvements existants (SFH, 1998).

La vanne de fond du barrage de Zeuzier est purgée avec une fréquence annuelle à bisannuelle. La granulométrie des sédiments n'est pas connue ni les quantités, mais elles devraient être peu importantes. Les lâchés sont surtout réalisés dans un but d'entretien du lit. En 1995, un débit maximum de 16 m<sup>3</sup>/s a été utilisé, afin de ne pas compromettre la sécurité au niveau de St-Léonard.

Dans le cadre de l'assainissement selon art. 80 LEaux et ss, un essai de crue morphogène a été réalisé le 11 juin 2013, avec un débit maximum de 10m<sup>3</sup>/s entre 13 et 14 heures.

Le bassin de Croix est équipé à son entrée d'un dessableur-dégraveur. La purge se fait par la conduite de contournement à une fréquence moyenne de cinq fois par an. Entre le 16 mars et le 16 avril, le bassin de Croix fait l'objet d'une révision annuelle qui nécessite la vidange de la retenue (soit uniquement des eaux claires) ; il n'est par contre purgé que tous les dix ans (évacuation des sédiments accumulés). Les deux dernières purges ont eu lieu en mai 1996 et avril 2009.

Les deux prises d'eau du Vatseret ne sont pas équipées de dessableur. Celle du Beulet en possède par contre un.

### 2.3.2. Prises d'eau potable et bisses

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

Plusieurs prises de bisse sont inventoriées sur le bassin versant (cf. Tableau 2). La plupart des bisses sont alimentés par les installations hydroélectriques (bisse de Sion, d'Ayent, bisse de Sillonin, Clavoz, cf. paragraphe 2.3.1) Le bisse de Lens est alimenté par une prise sur la Liène, mais également par pompage à partir du bassin de Croix lorsque le débit de la Liène est insuffisant (dotation de 300 l/s entre avril et septembre et de 60 l/s en octobre). Les meunières de Saint-Léonard sont mises en eau au moyen d'écluses situées dans le village et distantes de quelques centaines de mètres. Le débit nécessaire à ces meunières est donné depuis le bassin de croix (dotation de 1000 l/s entre mai et septembre).

### 2.3.3. Assainissement des eaux usées

L'amont du bassin versant de la Liène est constitué par des glaciers et des zones de haute montagne. A l'aval du barrage de Zeuzier, la rivière coule dans un vallon forestier préservé de l'urbanisation. Pour la partie amont, les principales activités sont donc l'agriculture de montagne (pâturage) et le tourisme estival doux (ballade, pêche, camping, etc.).

Dans le vallon et en plaine, les sources de pollution proviennent des zones habitées et de l'agriculture.

Selon le SPE, il n'existe aucun rejet d'eaux usées non traitées dans le bassin versant, à l'exception de quelques habitations isolées. Deux stations d'épuration traitent les eaux usées, la STEP d'Icogne et la STEP d'Ayent (-Voos), dont les exutoires aboutissent dans la Liène (cf. coordonnées et caractéristiques dans le Tableau 4).

| STEP       | Dimensionnement (Eq. Hab) | Capacité hydraulique m <sup>3</sup> /j (l/s) | Coordonnées du rejet | Mise en service (extension) | Milieu Récepteur | Q <sub>347</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Facteur dilution |
|------------|---------------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| Icogne     | 1'067                     | 350 (4)                                      | 599'360/126'060      | 1980 (2003/04)              | Torrent de Groge | 0.300                                | 75               |
| Ayent-Voos | 11'250                    | 5'400 (62.5)                                 | 597'960/123'270      | 1995                        | Liène            | 0.300                                | 5                |

Tableau 4 : Caractéristiques des différentes STEP du bassin versant de la Liène (SPE, 2010 et 2015).

Les secteurs non raccordés, d'altitudes en particulier, bénéficient d'un assainissement individuel (fosses septiques). Les réseaux d'assainissement sont dotés de BEP (bassins d'eaux pluviales) et de DO (déversoirs d'orage) qui sont susceptibles de produire un impact sur le milieu récepteur. Les études menées par les communes pour les PGEE (plans généraux d'évacuation des eaux) dressent l'état des cours d'eau et évaluent l'effet de ces ouvrages de déversement, approche qui n'entre pas dans le cadre du bilan de ce dossier. Par contre, une superposition de l'emplacement des ouvrages et des relevés ASL (Association pour la Sauvegarde du Léman)<sup>1</sup> a été effectuée pour connaître les éléments qui pouvaient influencer les stations d'études (cf. Tableau 5 et Tableau 6). Seuls les rejets ASL identifiés en 1998 comme étant des eaux usées (EU) ont été pris en compte.

Après analyse de l'incidence de ces apports et rejets latéraux, il apparaît que la station LIE 03.8 est en quelque sorte « protégée » par la dérivation des eaux (prise du Beulet), sauf en période de déversement de la prise, situation qui correspond aux périodes de hautes eaux, avec dilution importante des polluants potentiels. Cette station subit donc vraisemblablement peu d'atteinte à sa qualité physico-chimique. Les stations LIE 01.9 et LIE 00.1 subissent par contre l'impact du rejet de la STEP d'Ayent, mais aussi l'effet cumulé des autres sources de dégradation de la qualité des eaux (STEP d'Icogne, DO, BEP, rejets d'eaux

<sup>1</sup> L'ASL mène depuis plusieurs années des campagnes de terrain dans le cadre de « l'Opération Rivières Propres – ORP » qui consiste à établir l'inventaire quasi exhaustif des rejets sur les communes du bassin versant du Léman. Pour la Liène, cet inventaire a été réalisé en 1998 et publié en 2001.

usées s'ils existent toujours). Aucun apport polluant supplémentaire n'a par contre été recensé entre les deux stations aval LIE 01.9 et LIE 00.1.

| Milieu récepteur                 | Ouvrages / rejets       | Stations d'étude influencées                            | Remarque                             |
|----------------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
| Torrent Forniri                  | 1 rejet ASL (EU)        | Aval restitution usine Beulet :<br>LIE 01.9 et LIE 00.1 | LIE 03.8 si déversement prise Beulet |
| Torrent Rogneuse                 | 2 rejets ASL (EU)       | Aval restitution usine Beulet :<br>LIE 01.9 et LIE 00.1 | LIE 03.8 si déversement prise Beulet |
| Liène                            | STEP Icoigne            | Aval restitution usine Beulet :<br>LIE 01.9 et LIE 00.1 | LIE 03.8 si déversement prise Beulet |
| Torrent de Luc                   | 1 rejet ASL (EU)        | Aval restitution usine Beulet :<br>LIE 01.9 et LIE 00.1 | LIE 03.8 si déversement prise Beulet |
| Torrent de Villa (Grand Torrent) | 1 BEP, 2 DO             | Aval restitution usine Beulet :<br>LIE 01.9 et LIE 00.1 | LIE 03.8 si déversement prise Beulet |
| Torrent Botyre                   | 1 BEP, 1 rejet ASL (EU) | LIE 01.9 et LIE 00.1                                    | -                                    |
| Torrent de Blignoud              | 2 BEP                   | LIE 01.9 et LIE 00.1                                    | -                                    |
| Liène                            | STEP Ayent              | LIE 01.9 et LIE 00.1                                    | -                                    |

Tableau 5 : Bilan des rejets pouvant influencer la qualité des eaux des stations étudiées.

#### 2.3.4. Extraction de graviers

Une seule gravière exploite encore les matériaux dans le lit de la Liène. Il s'agit de la gravière Aymon SA qui se situe au droit du hameau de Giète Délé à environ 150 m en amont du bassin de compensation de Croix (coordonnées : 600'000 / 128'300). Selon le SPE, la quantité de matériaux excavés durant l'année 1994 avoisine les 1000 m<sup>3</sup> de grave.

Un dépotoir a été construit à la sortie des gorges par la commune de Saint-Léonard, pour des questions de sécurité. Un projet d'aménagement a été exécuté durant l'hiver 2011-2012 (construction d'un nouveau mur une cinquantaine de mètres en amont de l'ancien seuil ce qui a permis la restauration de la migration piscicole, mise en place d'une grille de rétention des bois flottants, etc.) pour assurer un volume de stockage de 5'000 m<sup>3</sup> en cas de crue centennale.

#### 2.3.5. Aménagement du lit

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

Sur une grande partie de son linéaire, la Liène coule dans un vallon naturel peu habité ; seuls quelques endroits sont localement touchés par des infrastructures (barrage de Zeuzier, nouvelle prise en amont du bassin de compensation de Croix, bassin de compensation de Croix, prise du Beulet). En plaine par contre, la rivière est totalement endiguée depuis l'amont du village de Saint-Léonard jusqu'à son embouchure dans le Rhône. Son lit coule entre 2 murs et sur un radier de pierres scellées à l'intérieur du village. En aval des voies CFF, la Liène est contenues entre 2 digues. Celle en rive droite accueille une végétation herbacée et arbustive entretenue parfois de manière drastique (suppression totale de la végétation sur la berge). Les caractéristiques morphologiques des stations sont synthétisées dans le Tableau 6.

Plusieurs seuils artificiels sont à relever :

- Les aménagements hydroélectriques et prises d'eau implantés dans la Liène constituent des ouvrages techniques qui modifient localement le lit et créent des obstacles infranchissables pour le poisson (barrage de Zeuzier, bassin de compensation de Croix, prise du Beulet, etc.) ;
- Dans la traversée du village, 2 vannes utilisées pour l'irrigation (alimentation des meunières) créent un obstacle lorsqu'elles sont fermées.

Rappelons cependant que le principal frein à la migration piscicole reste le très faible débit qui peut être observé à certaines périodes (une centaine de l/s). La morphologie actuelle du lit, sans chenal d'étiage,

entraîne un étalement de la lame d'eau qui n'atteint bien souvent que de 5 cm de hauteur dans tout le linéaire aval, jusqu'au Rhône.

### 2.3.6. Valeurs naturelles

La rive gauche entre le lac de Zeuzier et Icoigne est classée en zone de protection cantonale du paysage. Aucun site naturel protégé n'est présent au niveau de la Liène elle-même. La zone de l'embouchure de la Liène dans le Rhône est inscrite dans le Réseau Ecologique National REN, pour les Zones humides. Cependant, le cours d'eau à ce niveau est totalement endigué sur ses deux rives.

## 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 : bureau BINA pour les campagnes de mars, août et octobre 2014 ;
- examen de la **qualité physico-chimique** de l'eau à l'aide de sondes portables : bureau BINA ; analyses des échantillons d'eau : laboratoire du SPE ; analyses **bactériologiques** : laboratoire du SCAV ;
- Intégration des résultats sur la présence de **produits phytosanitaires et de micropolluants** dans les eaux, données tirées du rapport du SPE sur la qualité des eaux (SPE, 2014) : bureau ETEC ;
- étude des **diatomées** fixées sur le substrat comme indicatrices de la qualité des eaux (prélèvements des échantillons, détermination et interprétation des résultats) : Dr François Straub (PhycoEco), avec constitution d'une collection de référence qui sera déposée au Musée de la Nature en Valais ;
- étude **biologique** à l'aide d'une méthode basée sur la 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, BINA 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, 6 stations** ont été retenues en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements (cf. Figure 1 et photos pages suivantes).

Le principe de **codification** des stations en Valais est le suivant : les 3 lettres sont les premières lettres capitales du nom du cours d'eau, « LIE » pour la Liène. Les chiffres qui leur font suite représentent la distance kilométrique de la station par rapport à la confluence avec le milieu récepteur (soit le Rhône pour la Liène, conformément aux codes GEWISS attribués par la Confédération). Ainsi, « LIE 16.1 » indique la station de la Liène sise à 16.1 km de l'embouchure du Rhône.

D'amont en aval et par rivière, les coordonnées des stations sont les suivantes :

- |  |  |
|--|--|
| ➤ LIE 16.1 : 598'628 / 133'876 (Photo 1) ; | ➤ LIE 01.9 : 597'980 / 122'800 (Photo 5) ; |
| ➤ LIE 08.7 : 599'998 / 128'314 (Photo 2) ; | ➤ LIE 00.1 : 598'730 / 121'280 (Photo 6) ; |
| ➤ LIE 03.8 : 598'830 / 124'160 (Photo 3) ; |  |
| ➤ LIE 02.5 : 598'115 / 123'400 (Photo 4) ; |  |

Les caractéristiques du milieu et les interventions humaines susceptibles d'influencer les stations étudiées apparaissent dans le Tableau 6.

| Stations                                  | Code            | Altitude (en m) | Pente*    | Caractéristiques morphologiques   | Interventions humaines  |
|---|-----------------|-----------------|-----------|-----------------------------------|---|
| Amont Zeuzier                             | LIE 16.1        | 1'815           | 4%        | Rivière et débit naturel          | Aucune (pâturage)   |
| Amont Usine de Croix                      | LIE 08.7        | 930             | 6%        | Rivière naturelle                 | Réduction des débits (barrage Zeuzier en amont)   |
| Amont usine hydro-électrique Beulet       | LIE 03.8        | 553             | 5%        | Rivière naturelle                 | Réduction des débits (captage Beulet) ; si déversement prise du Beulet apports eaux usées (DO, BEP, STEP Icoigne) |
| <i>Aval usine hydro-électrique Beulet</i> | <i>LIE 03.4</i> | <i>523</i>      | <i>5%</i> | <i>Rivière naturelle</i>          | <i>Aval restitution, mais débits réduits (barrage Zeuzier et bassin de Croix)</i>                                 |
| Amont STEP Ayent                          | LIE 02.5        | 523             | 4%        | Rivière naturelle                 | Réduction des débits (barrage Zeuzier et bassin de Croix)   |
| Aval STEP Ayent                           | LIE 01.9        | 510             | 1%        | RG corrigée                       | Aval rejet STEP d'Ayent   |
| St-Léonard aval                           | LIE 00.1        | 498             | 0.5%      | 2 berges corrigées (canalisation) | Aval rejet STEP d'Ayent   |

\* La pente correspond à la pente moyenne entre les deux courbes de niveau (20 m de dénivellation) directement en amont et en aval de chaque station. La station en italique n'a fait l'objet que du suivi « analyses phytosanitaires ».

Tableau 6 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin versant de la Liène (année 2014).



Photo 1 : LIE 16.1, « Amont Zeuzier » (ETEC, octobre 2014).



Photo 2 : LIE 08.7, « Usine de Croix » (ETEC, octobre 2014).



Photo 3 : LIE 03.8, « Amont usine hydroélectrique Beulet » (ETEC, mars et octobre 2014).

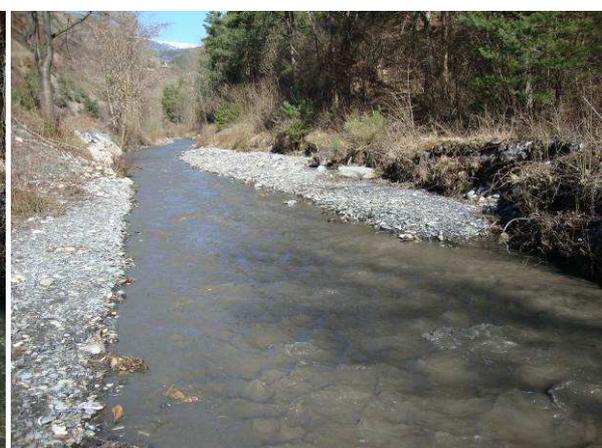


Photo 4 : LIE 02.5, « Amont STEP Ayent », eaux claires à gauche, turbides à droite (ETEC, mars 2014).



Photo 5 : LIE 01.9 « Aval STEP Ayent », vue vers l'amont et vers l'aval (EETEC, mars et octobre 2014).



Photo 6 : LIE 00.1, « St-Léonard Aval » (EETEC, mars et octobre 2014).

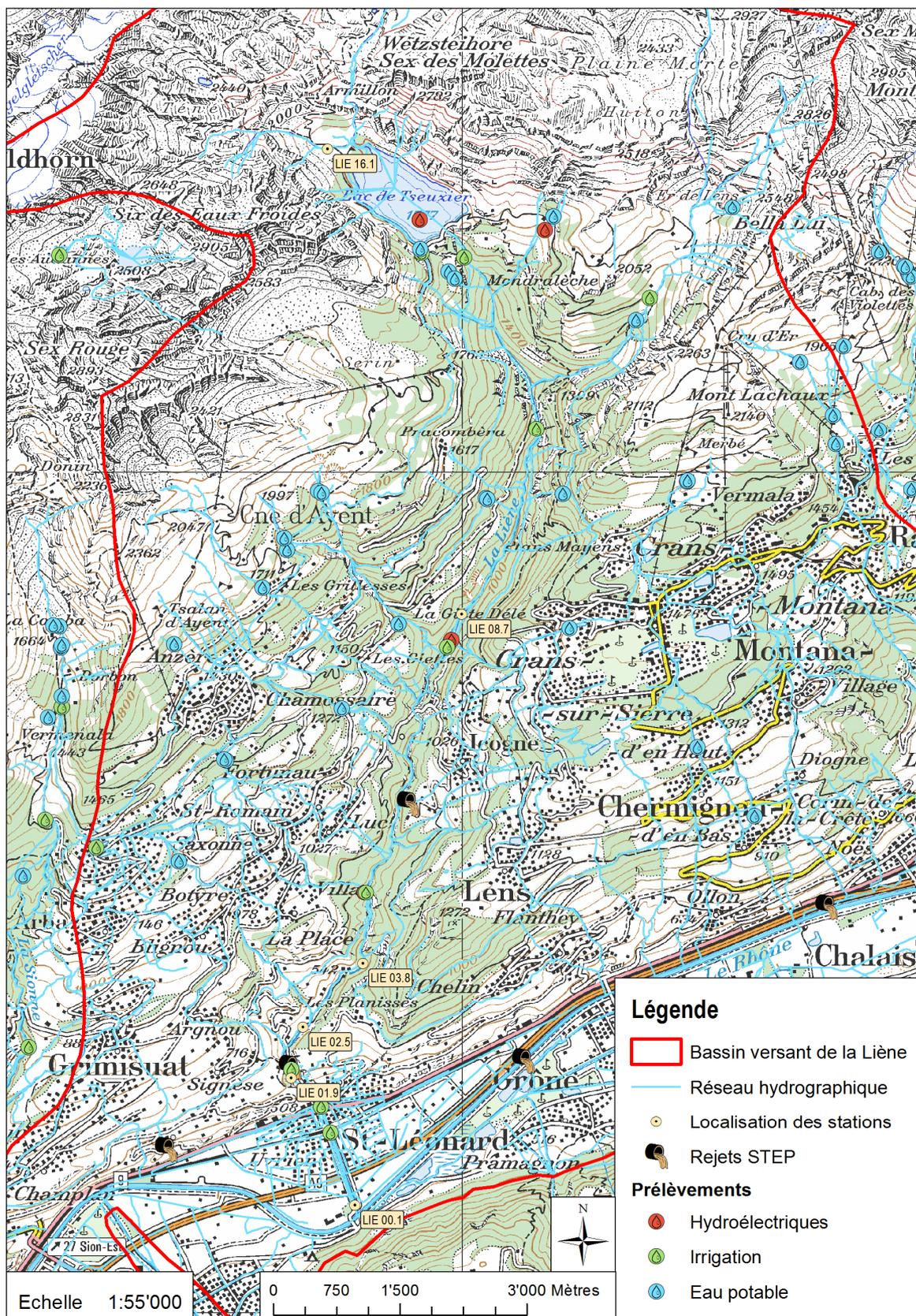


Figure 1: Contexte du bassin versant de la Liène et la localisation des stations d'échantillonnage (2014). Les captages sont extraits de la base de données BD-Invent.

### 3.2.2. Dates des campagnes et conditions météorologiques

Les dates des campagnes et emplacement des stations définies dans le cahier des charges ont pu être respectées. Aucune modification n'a été apportée au protocole initial. Au total, trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (mars, août et octobre 2014 par le bureau BINA). Deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » (d'après la méthode de l'IBCH, cf. paragraphe 3.2.6) ont été menées, en mars et octobre 2014 par les bureaux ETEC et PhycoEco. Compte tenu de l'enneigement hivernal et de l'impossibilité d'accéder facilement en amont du barrage de Zeuzier, la station LIE 16.1 n'a été échantillonnée qu'en été et en automne, conformément au cahier des charges.

Le Tableau 7 récapitule les dates des diverses campagnes et indique les conditions météorologiques. Les prélèvements ont si possible été réalisés par temps sec ; le cas échéant, les hauteurs de précipitations (toujours faibles) sont mentionnées pour le jour même et les 2 jours précédents. On relèvera les précipitations suivantes :

- 4, 5, 6 août            0 + 0.2 + 0 = 0.2 mm
- 14, 15, 16 octobre    5.4 + 0.9 + 0 = 6.3 mm

| Date                       | Condit. météo*                   | Type analyse                                     | LIE 16.1 | LIE 08.7 | LIE 03.8 | LIE 03.4 | LIE 02.5 | LIE 01.9 | LIE 00.1 |
|----------------------------|----------------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 10 mars 2014               | Soleil<br>(0 mm)                 | Diatomées, IBGN<br>Débit, Physico-chim, Bactério |          | +        | +        |          | +        | +        | +        |
| 01, 15 et 30<br>avril 2014 | Soleil                           | Phytosanitaires                                  |          |          | +        | +        | +        | +        |          |
| 13 et 27 mai<br>2014       | Nuageux<br>et pluie<br>d'orage   | Phytosanitaires                                  |          |          | +        | +        | +        | +        |          |
| 06 août 2014               | Soleil et<br>nuageux<br>(0.2 mm) | Débit, Physico-chim, Bactério<br>Phytosanitaires | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |
| 3 septembre<br>2014        | Soleil                           | Phytosanitaires                                  |          |          | +        | +        | +        | +        |          |
| 16 octobre<br>2014         | Pluvieux<br>(6.3 mm)             | Diatomées, IBGN<br>Débit, Physico-chim, Bactério | +        | +        | +        |          | +        | +        | +        |

\*Hauteur de pluie totale en mm le jour même et les 2 précédents ; données de la station de Sion.

Tableau 7 : Protocole d'étude de la Liène en 2014.

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

#### • Fenêtre d'échantillonnage utilisée pour l'IBCH

Les stations à échantillonner sur le bassin versant sont situées à des altitudes comprises entre 500 m et 1'815 m d'altitude. La méthode IBCH de l'OFEV recommande pour les cours d'eau non soumis aux hautes eaux des fontes nivales et glacières un échantillonnage de mars (basse altitude) à juin (haute altitude) et un deuxième passage facultatif entre les périodes de mi-mai à mi-octobre. La Liène étant un cours d'eau à régime hydrologique nival-alpin dans sa partie inférieure, mais étant influencé par des apports glaciaires sur son bassin versant amont, en accord et sur recommandation du SPE, les campagnes ont été fixées mi-mars avant la fonte nival et glacière et mi-octobre après les crues de fin d'été.

### 3.2.3. Événements particuliers survenus durant la période de prélèvement

En mars, des travaux étaient effectués à proximité du lit et pouvaient temporairement troubler les eaux (cf. Photo 4). De notre avis, cette situation n'a toutefois pas interférée sur les résultats, mis à part les MES.

Lors des prélèvements d'octobre sur les stations en aval de la STEP d'Ayent, LIE 01.9 et LIE 00.1, il a été constaté un dysfonctionnement de la STEP et un déversement d'effluent directement dans la Liène (cf. Figure 2). Le SPE a fourni les informations ci-dessous, qui sont prises en compte dans les interprétations.

« La STEP d'Ayent fonctionnait correctement en 2014 au niveau des paramètres  $DBO_5$ , et Ptot. Des dépassements sont à noter en fin d'année (novembre-décembre) pour les MES et le Ptot. Concernant l'azote la STEP nitrifie à certaines périodes de mai à octobre. Du fait de cette nitrification partielle, les rejets présentent des concentrations dépassant les  $0.3 \text{ mgN/l}$ . Des déversements de la STEP (eaux usées non traitées) ont eu lieu du lundi 13.10 au 05.11.2014 avec des débits de  $50$  à  $2910 \text{ m}^3/\text{j}$  (moyenne  $451 \text{ m}^3/\text{j}$  ou  $5 \text{ l/s}$  calculée sur  $24\text{h/j}$ ). Les 15 et 16 octobre (jour des prélèvements), la STEP a été totalement by-passée et a déversé respectivement  $740$  et  $880 \text{ m}^3/\text{j}$  (moyenne de  $10 \text{ l/s}$  calculée sur  $24\text{h/j}$ ) d'eaux usées non traitées. »

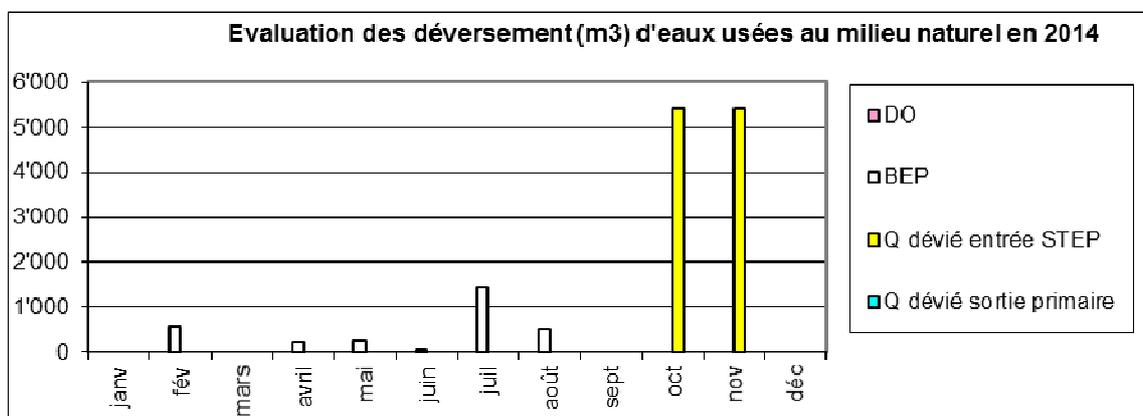


Figure 2: Volumes d'eau déversés dans le milieu récepteur et origine de ces eaux.

### 3.2.4. 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).

Les prélèvements d'eau pour doser les phytosanitaires et autres micropolluants ont été effectués par le SPE (cf. rapport spécifique SPE 2014). Cinq pesticides (diuron, isoproturon, linuron, penconazole et terbutylazine) et 7 autres micropolluants ont été suivis à l'aide de capteurs passifs POCIS (travail de Master EPFL, 2014), méthode qui permet d'obtenir une concentration moyenne des pesticides sur des périodes de 3 semaines du 16 avril au 1er octobre 2014, avec une immersion de 21 jours (CARPINTEIRO & al, 2014).

Les sédiments ont été prélevés depuis la berge, de préférence en zones calmes, présentant des dépôts de vase plus ou moins organique sur une épaisseur de 1 à 10 cm. Des algues ont aussi été récoltées.

#### • 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 et micropolluants

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.

Les analyses phytosanitaires de l'eau ont été faites sur un échantillon moyen 24h (cf. rapport SPE 2014) ou sur les composés retenus par les capteurs passifs immergés. Les concentrations ont ensuite été quantifiées par chromatographie liquide couplée à une double spectrométrie de masse.

Les micropolluants des sédiments (métaux lourds et HAP - hydrocarbures aromatiques polycycliques) ont été dosés aux laboratoires ANESA à Martigny et du SPE.

### • Références pour la qualité physico-chimique des eaux

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

| Appréciation de la qualité | COD<br>(mg C/l) | Nitrates<br>(mg N/l)<br>NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Nitrites<br>(mg N/l)<br>NO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>pour cl<10 mg/l | Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>(mg N/l) |           | Ortho-P<br>(mg P/l)<br>PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Ptotal<br>(mg P/l)<br>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 8 : Classes de qualité des principaux paramètres chimiques des eaux (LIECHTI 2010).

### • Références pour la qualité bactériologique des eaux

| Paramètres              | Unités   | Classe de qualité |          |            |            |          |
|-------------------------|----------|-------------------|----------|------------|------------|----------|
|                         |          | Très bonne        | Bonne    | Moyenne    | Médiocre   | Mauvaise |
| Germes totaux           | n/ml     | < 500             | 501-1000 | 1001-25000 | -          | > 25000  |
| <i>Escherichia coli</i> | 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 9 : Interprétation des résultats bactériologiques pour les eaux courantes d'après les classes utilisées par le plan MAPOS (Germes totaux) le SEQ-Eau - Agences de l'Eau françaises (*Escherichia coli* et Entérocoque).

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.

- **Références pour les produits phytosanitaires dans les eaux superficielles et les sédiments**

Pour les pesticides organiques (produits biocides et phytosanitaires), une valeur unique de 0.1 mg/l (soit 100 ng/l) à ne pas dépasser est fixée pour chaque substance dans l'OEaux. D'autres seuils de qualité pour les micropolluants sont apportés dans les études établies par les Agences de l'eau française (1997), notamment celle de Seine Normandie (2008), ainsi que dans les recommandations pour la qualité de l'environnement publiées par le gouvernement canadien (2014). Toutefois, par souci de clarté, pour l'eau seule la norme de l'OEaux a été utilisée dans le rapport du SPE et repris dans celui-ci. La liste des produits phytosanitaires et autres composés analysés et détectés sont en annexe du rapport SPE (2014).

La législation suisse reste lacunaire quant à la qualité des sédiments ou les micropolluants concentrés dans les algues : elle ne propose pas de normes ou d'objectifs de référence (du moins de manière quantitative). L'interprétation s'est donc basée sur les objectifs publiés par la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR, 1995), les seuils de qualité établis par les Agences de l'eau française (ADE, 1999, 2003) et les recommandations pour la qualité de l'environnement conçues par le gouvernement canadien (GC, 2014).

### 3.2.5. Etudes des diatomées

Les détails de la méthodologie utilisée pour les prélèvements et l'analyse des diatomées figurent en Annexe 3. 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 10). 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 10 : 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, les niveaux saprobique et trophique, sont développés dans le paragraphe 5.4.3.

### 3.2.6. Prélèvements et analyses biologiques : les macroinvertébrés

- **L'IBCH (dérivé de la norme française d'Indice Biologique Global Normalisé)**

- La méthode retenue pour l'analyse de la qualité biologique est celle de l'**IBCH**, détaillée dans la partie Macrozoobenthos de la méthode d'appréciation des cours d'eau, niveau R (Stucki, 2010).

Elle prend en compte toute la problématique des **mosaïques d'habitats** (combinaison des substrats et des vitesses), paramètre soupçonné comme prépondérant pour les cours d'eau. En effet, la nature et la qualité des substrats du fond déterminent la diversité et l'abondance des macroinvertébrés benthiques ; ceux-ci dépendent très fortement de la capacité « biogénique »<sup>2</sup> de ces substrats. La **structure et l'état des fonds** ont été relevés lors des prélèvements de faune benthique.

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

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

Le calcul de l'IBCH se fonde :

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

La note ainsi obtenue, comprise entre 1 et 20 (minimum et maximum), donne une appréciation de la qualité biologique globale de la station (cf. Tableau 11). Elle intègre les paramètres abiotiques (diversité des substrats, vitesse du courant, physico-chimie des eaux, débit, etc.) et biotiques (faune benthique, niveau trophique, etc.). La méthode IBCH permet d'obtenir une note rapide de qualité du milieu aquatique qui fait office de valeur de référence dans le temps. Une interprétation plus poussée des listes faunistiques est toutefois nécessaire pour cerner les atteintes éventuelles.

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

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

Tableau 11 : Note IBCH et interprétation de la qualité biologique globale.

<sup>2</sup> Aptitude à héberger une faune abondante et diversifiée.

## 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 3) indique, pour chaque station, la qualité des eaux à l'aide des quatre paramètres retenus (DOC, N-NH<sub>4</sub>, P-PO<sub>4</sub> et Ptot), ainsi que les résultats bactériologiques en mars, août et octobre 2014.

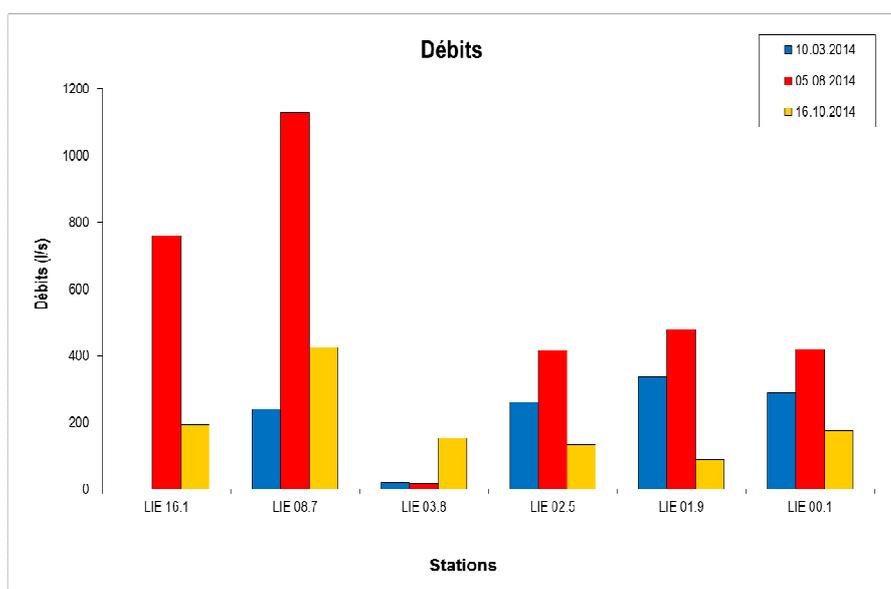
### 4.2. Interprétation

#### 4.2.1. Débits

Les résultats des mesures de débit sont présentés dans le Tableau 12. De manière générale, les débits sont plus élevés en août 2014, période de fonte des neiges, alors qu'ils sont les plus faibles en mars et octobre 2014, période d'étiage (cf. Graphique 1). L'impact du barrage de Zeuzier, du bassin de Croix et de l'installation hydroélectrique du Beulet est très marqué sur les débits, surtout au mois d'août, avec des valeurs qui chutent entre les stations de mesure LIE 16.1, LIE 08.7 et LIE 03.8 (seulement 20 l/s en août). Les débits restent ensuite relativement constants sur les trois stations aval.

| Débit l/s           |                       |             |             |             |             |             |
|---------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Stations<br>Période | LIE<br>16.1<br>(15.9) | LIE<br>08.7 | LIE<br>03.8 | LIE<br>02.5 | LIE<br>01.9 | LIE<br>00.1 |
| Mars 2014           | -                     | 240         | 20.5        | 260         | 338         | 290         |
| Aout 2014           | 760<br>(3'556)        | 1'130       | 19          | 416         | 477         | 420         |
| Octobre 2014        | 194                   | 426         | 154         | 134         | 89          | 177         |

Tableau 12: Débits mesurés sur le bassin versant de la Liène entre mars, août et octobre 2014.

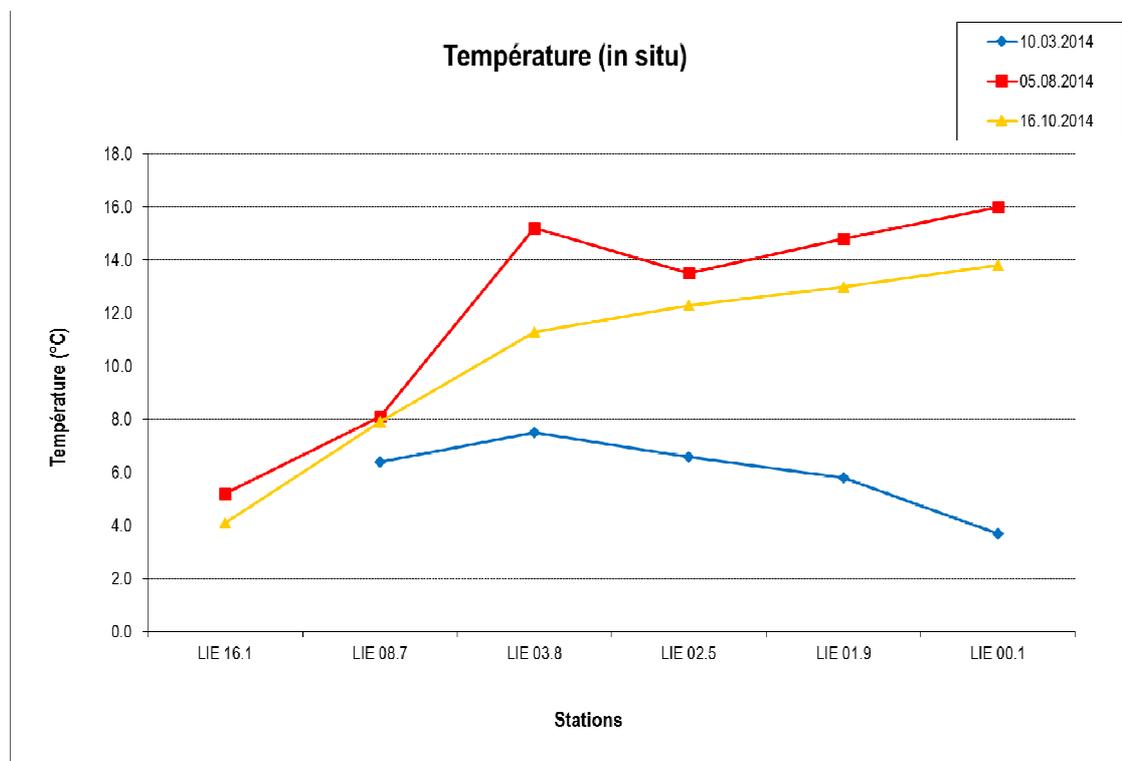


Plus en aval de LIE 16.1, après confluence de l'affluent en RG, un débit de 3'556 l/s a été mesuré en entrée du lac de Zeuzier.

Graphique 1 : Débits mesurés sur le bassin versant de la Liène entre mars, août et octobre 2014.

#### 4.2.2. Température

Les températures les plus élevées sont mesurées en août (entre 5.2°C et 16°C), puis sont plus fraîches en octobre (entre 4.1°C et 13.8°C) et sont les moins élevées en mars (entre 3.7°C et 7.5°C), en lien avec les températures extérieures qui influencent directement celles de l'eau. Une tendance à l'augmentation de la température d'amont en aval s'observe pour la Liène, à l'exception de la campagne de mars, pour laquelle la tendance est inversée (cf. Graphique 2).



Graphique 2 : Températures mesurées sur la Liène entre mars, août et octobre 2014.

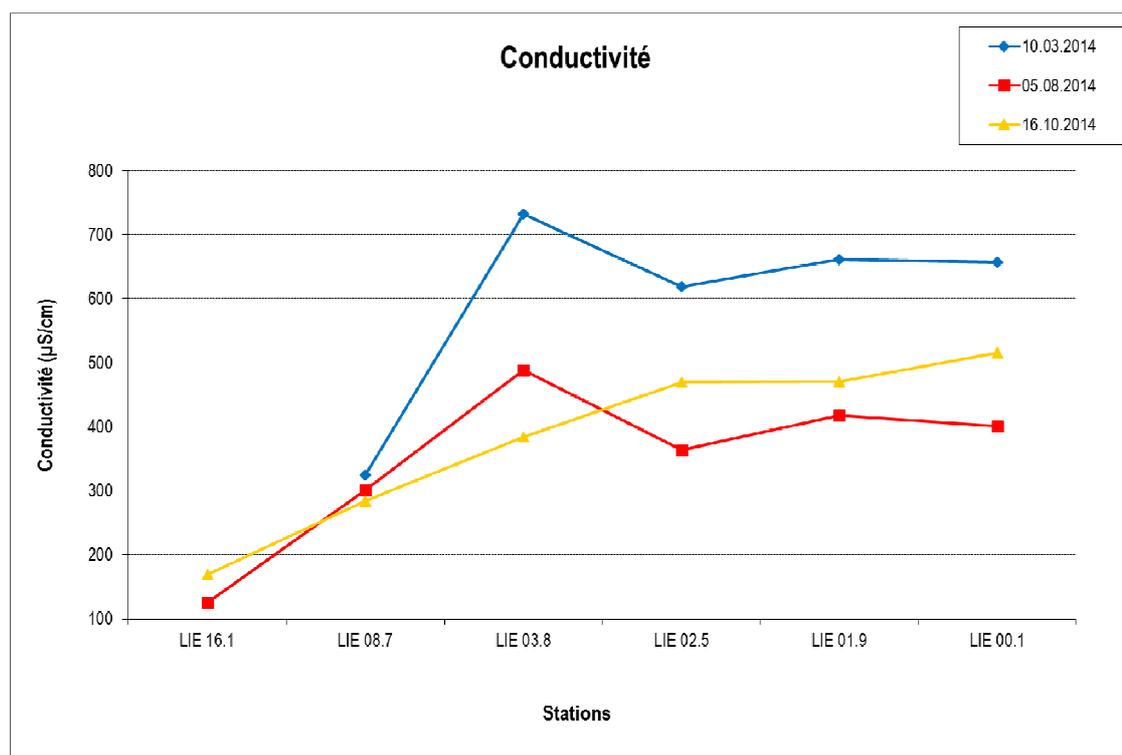
#### 4.2.3. pH

Les mesures effectuées sur les échantillons portés en laboratoire révèlent un pH qui fluctue entre 7.4 et 8.3 toutes campagnes confondues. Les valeurs les plus basses ont été relevées en octobre pour LIE 01.9 (7.6) et LIE 00.1 (7.4), montrant des eaux moins basiques.

#### 4.2.4. Conductivité

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

Les mesures obtenues en laboratoire, présentées dans le Graphique 3, montrent des résultats similaires à ceux obtenus *in situ* avec les sondes de terrain. Les eaux apparaissent peu minéralisées dans la station amont (LIE 16.1) de la Liène (< 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), puis fluctuent entre 300 et 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en août et en octobre. En mars, par contre, l'eau est plus minéralisée, puisque les valeurs sont comprises 600 et 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à partir de la station LIE 03.8 et en aval. Bien que les courbes se détachent clairement entre les campagnes, les mêmes tendances générales s'observent : une augmentation linéaire sur les 3 stations amont, puis des valeurs relativement stables pour les trois stations aval.



Graphique 3 : Conductivités sur le bassin versant de la Liène entre mars, août et octobre 2014, mesurées en laboratoire.

#### 4.2.5. Matières en suspension (MES)

Pour les campagnes des mois d'août et octobre, les concentrations de MES (cf. Tableau 13) sont très faibles depuis l'amont, jusque sur la station LIE 02.5 (< 7 mg/l), sauf pour la campagne de mars, du fait des travaux à proximité du lit (cf. paragraphe 3.2.3). En aval, les valeurs augmentent avec des maxima de 58.2 mg/l en août (LIE 01.9) et de 36.9 mg/l en octobre (LIE 00.1). Ces valeurs plus élevées témoignent des rejets de la STEP d'Ayent, située entre les stations LIE 02.5 et LIE 01.9.

| Stations     | LIE 16.1 | LIE 08.7 | LIE 03.8 | LIE 02.5 | LIE 01.9 | LIE 00.1 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Période      |          |          |          |          |          |          |
| Mars 2014    | -        | 6.3      | 6.7      | 28.9     | 10.8     | 3.4      |
| Aout 2014    | 3.9      | 2.1      | 0.0      | 6.5      | 58.2     | 55.3     |
| Octobre 2014 | 0.0      | 0.5      | 0.3      | 0.0      | 15.9     | 36.9     |

Tableau 13: Taux de MES mesurés sur le bassin versant la Liène entre mars, août et octobre 2014.

#### 4.2.6. Matière organique (DOC, COD)

- **DOC ou COD** (Carbone Organique Dissous) (cf. Figure 3 et résultats en Annexe 1)

Les valeurs ne dépassent pas 3 mg/l (station LIE 00.1 en octobre 2014), ce qui correspond à des eaux faiblement chargées en matière organique. La qualité de l'eau, qui satisfait aux exigences légales, est toujours considérée comme **très bonne à bonne**. Une augmentation d'amont en aval du DOC est néanmoins observée, traduisant un léger enrichissement, surtout en aval du rejet de la STEP d'Ayent.

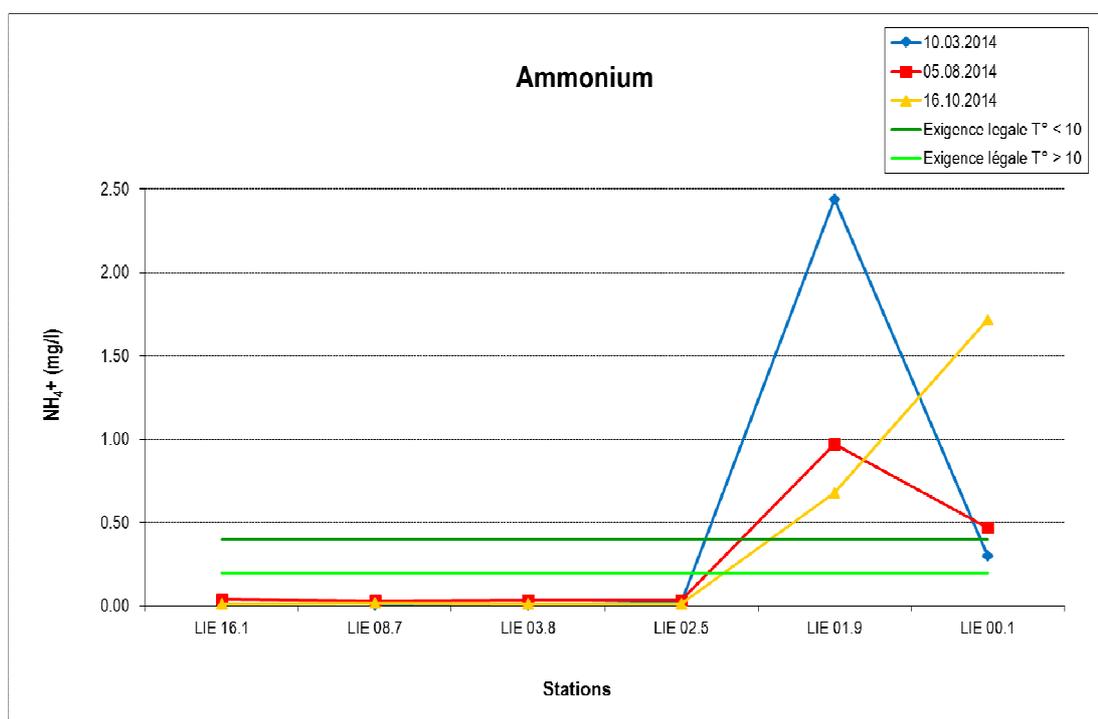
- **TOC ou COT** (Carbone Organique Total) (cf. résultats en Annexe 1)

Le TOC montre les mêmes classes de qualité que le DOC. Les valeurs sont légèrement supérieures pour les trois campagnes (entre 1.1 et 4.5 mg/l). D'amont en aval, les concentrations augmentent surtout en aval du rejet de la STEP d'Ayent. La qualité de l'eau satisfait néanmoins aux objectifs légaux ; elle est considérée comme **très bonne à bonne**.

#### 4.2.7. Formes azotées ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ )

- **$\text{NH}_4^+$**  (ammonium) (cf. Graphique 4, Figure 3 et résultats en Annexe 1)

Pour les trois campagnes, la qualité de l'eau ( $T^\circ < 10^\circ\text{C}$ ) est considérée comme **très bonne** jusqu'à la station LIE 02.5. En aval, les valeurs sont comprises entre 0.47 à 2.44 mg/l. Elles dépassent les normes légales et la qualité de l'eau est considérée comme **mauvaise**. Les dépassements ont été enregistrés aux deux stations en aval de la STEP d'Ayent (LIE 01.9 et LIE 00.1), indiquant que les rejets en sont la cause.



Graphique 4 : Concentrations en ions ammonium mesurées sur Liène entre mars, août et octobre 2014 avec exigences de l'OEaux selon température de l'eau.

- **$\text{NO}_2^-$**  (nitrites) (cf. résultats en Annexe 1)

Les nitrites sont la forme intermédiaire de l'oxydation des  $\text{NH}_4^+$ . L'EAWAG (1991) détermine pour les eaux courantes des valeurs limites en nitrites en tenant compte de la concentration en chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), car la toxicité des nitrites diminue en leur présence. Le module chimie (LIECHTI 2010) propose donc d'adapter les classes de qualité en fonction de la teneur en chlorures :

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

Pour toutes les stations, la deuxième règle a été appliquée, sachant que la qualité est surestimée pour les stations amont en août et octobre ( $\text{Cl}^- < 10 \text{ mg/l}$ ), mais qui ne présentent quasi aucune trace de nitrites, et sous-estimée pour la campagne de mars ( $\text{Cl}^- > 20 \text{ mg/l}$ ).

La même tendance que pour les ions ammonium est observée. Les concentrations en  $\text{NO}_2^-$  sont très basses ( $< 0.006 \text{ mgN/l}$ ) pour les stations situées en amont de la STEP d'Ayent, soit une qualité de l'eau qui est très bonne. Tandis qu'à l'aval, trois valeurs sont égales ou supérieures à  $0.05 \text{ mgN/l}$  (qualité moyenne) influencées par les rejets de la STEP d'Ayent. En regard des concentrations en ammonium et nitrites, il apparaît clairement que la STEP d'Ayent ne nitrifie pas les effluents (mars et octobre avec les eaux déversées sans traitement) ou seulement partiellement (août).

- **$\text{NO}_3^-$**  (nitrates)

Les nitrates sont la forme finale de l'oxydation de l'ammoniac. La qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre est systématiquement **très bonne à bonne** pour toutes les campagnes (concentration comprise entre  $0.2$  et  $3.2 \text{ mgN/l}$ ), avec une tendance à l'augmentation de la concentration en  $\text{NO}_3^-$  d'amont en aval. La campagne de mars montre des concentrations légèrement plus élevées, en lien avec des valeurs de Chlorures plus hautes (Cl entre  $30$  et  $40 \text{ mg/l}$ ), pouvant être mis en relation avec l'effet du salage des routes.

- **Bilan azoté**

Les différentes formes d'azote cumulées montrent une charge faible pour les stations en amont du rejet de la STEP d'Ayent, et des valeurs parfois très élevées en aval, en particulier en ion ammonium qui dépassent presque toujours l'objectif légal.

#### 4.2.8. Phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{P}_{\text{tot}}$ )

- **$\text{PO}_4^{3-}$**  (orthophosphates) (cf. Figure 3 et résultats en Annexe 1)

Les concentrations en orthophosphates (phosphore d'origine anthropique, directement assimilable par les plantes) sont faibles et la qualité de l'eau est considérée comme **bonne à très bonne**, à l'exception des stations LIE 01.9 et LIE 00.1 qui sont en catégorie **mauvaise** en octobre car elles dépassent fortement les exigences légales ( $0.095$  et  $0.170 \text{ mg/l}$ ).

- **$\text{P}_{\text{tot}}$**  (phosphore total) (cf. Figure 3 et résultats en Annexe 1)

Les concentrations en phosphore total sont faibles et la qualité de l'eau est considérée comme **très bonne** pour toutes les stations en amont du rejet de la STEP d'Ayent, avec des concentrations toujours inférieures aux objectifs de qualité des eaux ( $0.07 \text{ mgP/l}$ ). Les valeurs du phosphore total et des orthophosphates sont similaires pour les campagnes d'août et octobre 2014, mais elles diffèrent légèrement en mars 2014 avec notamment des concentrations plus élevées en phosphore total dans la station juste à l'aval de la STEP, qui pourraient s'expliquer par les MES mises en suspension lors des travaux à proximité du lit (turbidité intermittente, cf. Photo 4).

#### 4.2.9. Bactériologie

- **Germes totaux** (cf. Tableau 14 et résultats en Annexe 1)

Les stations en amont du rejet de la STEP d'Ayent (LIE 16.1 jusqu'à LIE 02.5) sont classées en catégorie **très bonne ou bonne** pour toutes les campagnes. A partir de LIE 01.9, en aval du rejet de la STEP, la qualité est moyenne, sauf pour la campagne d'octobre 2014 qui se distingue nettement avec des résultats moins bons, classant les stations en catégorie **mauvaise**.

Ces résultats démontrent l'altération de la qualité des eaux liée au rejet de la STEP d'Ayent, avec un pic de valeurs extrêmement haut en octobre dû au dysfonctionnement (déversement d'eaux usées non traitées, cf. chapitre 3.2.3).

- ***Escherichia coli*** (bactéries indicatrices d'une contamination fécale récente, cf. Tableau 14 et résultats en Annexe 1)

Les stations amont de la Liène (jusqu'à LIE 02.5 comprise) sont en catégorie **très bonne à bonne** toutes campagnes confondues. En revanche, les deux stations en aval du rejet de la STEP d'Ayent sont classées en catégorie **médiocre** pour 5 des 6 résultats.

- **Entérocoques** (cf. Tableau 14 et résultats en Annexe 1)

Les résultats sont similaires à ceux d'*E. coli* : qualité **très bonne** à **bonne** en amont du rejet de la STEP d'Ayent, **médiocre** en aval.

| Germes   | Germes totaux /ml |       |         | <i>Escherichia coli</i> /100 ml |       |         | Entérocoque /100 ml |       |         |
|----------|-------------------|-------|---------|---------------------------------|-------|---------|---------------------|-------|---------|
|          | Mars              | Aout  | Octobre | Mars                            | Aout  | Octobre | Mars                | Aout  | Octobre |
| LIE 16.1 | -                 | 20    | 15      | -                               | 0     | 0       | -                   | 1     | 0       |
| LIE 08.7 | 70                | 15    | 90      | 0                               | 4     | 56      | 0                   | 17    | 11      |
| LIE 03.8 | 100               | 120   | 650     | 6                               | 18    | 190     | 7                   | 14    | 70      |
| LIE 02.5 | 340               | 300   | 660     | 60                              | 96    | 180     | 38                  | 62    | 33      |
| LIE 01.9 | 12'000            | 2'600 | 50'000  | 3'000                           | 3'200 | 5'400   | 3'000               | 1'100 | 5'400   |
| LIE 00.1 | 5'200             | 3'500 | 50'000  | 1'800                           | 4'600 | 9'000   | 1'400               | 1'150 | 7'200   |

Légende

|          |          |     |         |         |
|----------|----------|-----|---------|---------|
|          |          |     |         |         |
| Très bon | Médiocre | Bon | Mauvais | Moyenne |

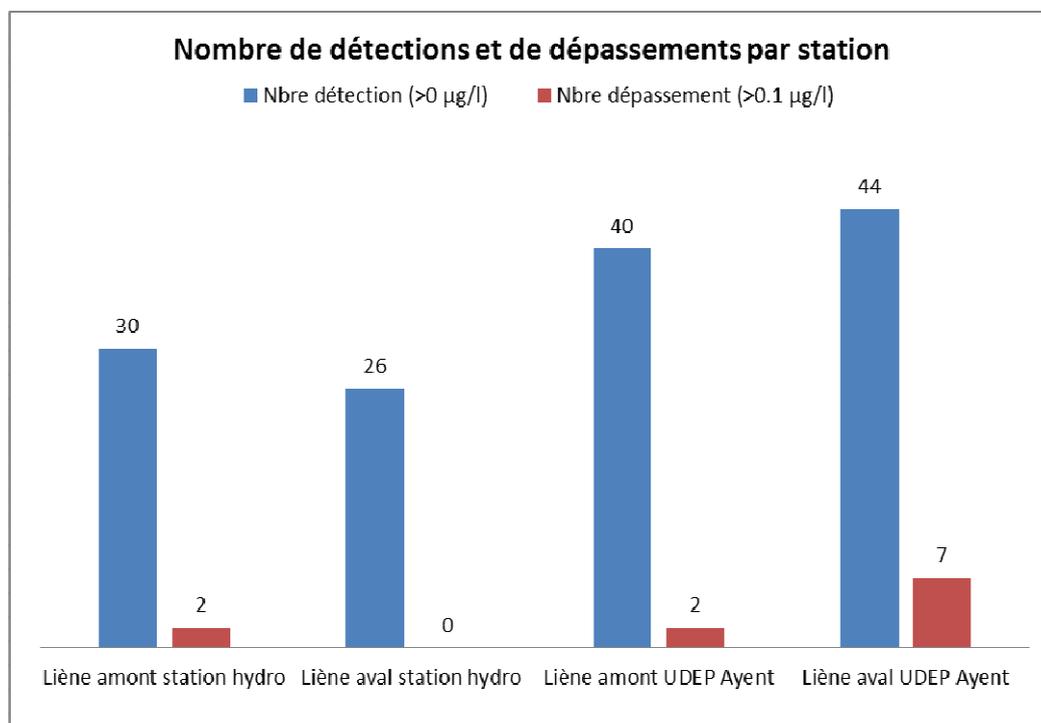
Tableau 14 : Bactériologie obtenue sur le bassin versant de la Liène entre mars et octobre 2014.

- **Bilan global**

Les trois types d'analyses bactériologiques montrent une qualité des eaux **très bonne** à **bonne** sur les stations amont, puis des eaux **moyennes**, le plus souvent **médiocres** (voire **mauvaise** pour les germes totaux) en aval de la STEP d'Ayent, mettant en évidence des contaminations, surtout en octobre 2014.

#### 4.2.1. Phytoprotecteurs et micropolluants

(cf. Graphique 5, Graphique 6 et résultats en Annexe 2)

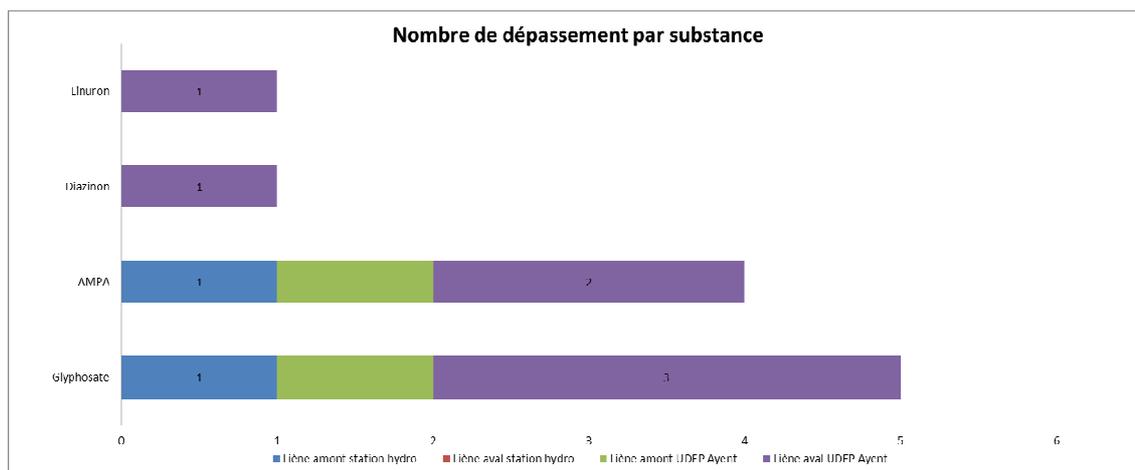


Graphique 5 : Nombre de micropolluants et produits phytosanitaires détectés dans l'eau (en bleu) et dépassant le seuil légal (en rouge) pour les cinq prélèvements effectués en 2014.

Le nombre de dépassements de la norme fixée par l'OEaux ( $\geq 0.1 \mu\text{g/l}$ ) augmente d'amont en aval.

S'il est au maximum de 2 sur les stations LIE 03.8 et LIE 02.3 (la station LIE 03.4 n'en présente aucun, seules des détections de substance sont observées), il atteint le chiffre de 7 en aval du rejet de la STEP d'Ayent (LIE 01.9). Pour presque toutes les campagnes, le glyphosate (désherbant non-sélectif) et l'AMPA (principal produit de dégradation du glyphosate) sont quasiment systématiquement trouvés. En aval de la STEP, on rencontre également du linuron (autre herbicide) et du diazinon (insecticide).

Ces produits proviennent vraisemblablement des zones viticoles alentours apportés par ruissellement, mais peuvent également être amené par les effluents de la STEP d'Ayent (station de récupération des eaux de lavage des bossettes dont les résidus de traitement sont passés sur charbon actifs et renvoyés en tête de la STEP d'Ayent).



Graphique 6 : Nombre de dépassement du seuil légal selon l'OEaux, ( $> 0.1 \mu\text{g/l}$ ) de chaque produit phytosanitaire dans l'eau pour l'ensemble des prélèvements 2014. Chacune des quatre stations est représentée par une couleur différente. La caféine, qui ne possède pas de norme légale, n'est pas prise en compte.

Il est à souligner que parmi les substances détectées, trois sont interdites par l'Union Européenne (annexe I, Directive 91/414/CEE concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques). Il s'agit du dichlobenil, de la simazine, et du diazinon (insecticide). Parmi ces trois substances, le dichlobenil est détecté à deux reprises sur la Liène, même si les concentrations demeurent relativement faibles. Le diazinon n'est détecté qu'une fois sur l'ensemble des stations, mais dépasse le seuil légal fixé par l'OEaux en aval de la STEP d'Ayent fin mai.

Les résultats tirés des capteurs passifs placés en amont et en aval de la zone influencée par les activités agricoles montrent que le diuron, le linuron et la terbutylazine sont retrouvés lors de chaque période d'échantillonnage sur la station aval de la Liène. Les concentrations aqueuses du diuron et du linuron dépassent souvent la valeur seuil de  $100 \text{ ng/L}$  fixée par l'OEaux. Le penconazol a été détecté dans la grande majorité des cas en aval de la Liène, mais le seuil de  $100 \text{ ng/L}$  n'a toutefois jamais été atteint. L'isoproturon n'a quant à lui jamais été mesuré à une concentration plus élevée que la limite de quantification. Les concentrations aqueuses des 4 pesticides estimées à l'aides des POCIS sont systématiques plus élevées que celles mesurées avec l'échantillonneur automatique. Ceci pourrait provenir du fait que l'échantillonneur automatique ne prend pas en compte certaines augmentations de concentration lors d'événements de pluie qui lessive les sols p. ex.).

Sur les sédiments, tous les métaux lourds analysés ont été détectés. 3 dépassent le seuil de « bonne » qualité recommandé par les Agences de l'eau française (SEQ Eaux) : le cuivre (deux fois en catégorie « passable »), le nickel (cinq fois en qualité « passable ») et le zinc (deux fois en catégorie « passable »). Huit des quinze HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) analysés sont détectés dans la Liène, sans dépasser les seuils légaux.

#### 4.2.2. 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 le linéaire de cours d'eau en amont de la STEP d'Ayent. En revanche, de nombreux dépassements sont observés en aval du point de rejet des effluents.

Les normes légales sont ponctuellement dépassées pour les formes azotées et phosphatées aux stations LIE 01.9 et LIE 00.1. De même, les analyses bactériologiques mettent en évidence des contaminations dans ces deux stations (cf. Figure 3).

Ces résultats concordent avec les analyses complémentaires qui ont été réalisées dans le cadre du suivi des produits phytosanitaires (outre les micropolluants, les principaux paramètres caractéristiques de la pollution organique des eaux, carbone organique, azote et phosphore, ainsi que les MES sont également analysés). Pour les différentes campagnes, la qualité des eaux apparaît très bonne à bonne en amont des rejets de la STEP, et devient médiocre à mauvaise ponctuellement pour l'ammonium et les nitrites.

Les analyses sur les produits phytosanitaires montrent également une augmentation du nombre de dépassement en aval de la STEP.

L'ensemble des résultats montrent l'impact des rejets de la STEP dans un tronçon à débit réduit, ainsi que l'accumulation de produits phytosanitaires dans la partie aval de la Liène au printemps, qui correspond aux principales périodes de traitement. De ce point de vue, les résultats observés en 2014 sont comparables aux valeurs retrouvées en 2013.

Relevons le dysfonctionnement de la STEP d'Ayent du lundi 13.10 au 05.11.2014. Des déversements d'eaux usées non traitées se sont produits avec des débits de 50 à 2910 m<sup>3</sup>/j (moyenne 5.2 l/s). Les 15 et 16 octobre (jour des prélèvements) la STEP a été totalement by-passée et à déversée respectivement 740 et 880 m<sup>3</sup>/j ou 36 et 54 l/s d'eaux usées non traitées.

Ces données restent toutefois des **clichés ponctuels** ; de plus les résultats des campagnes sont basés sur des prélèvements instantanés.

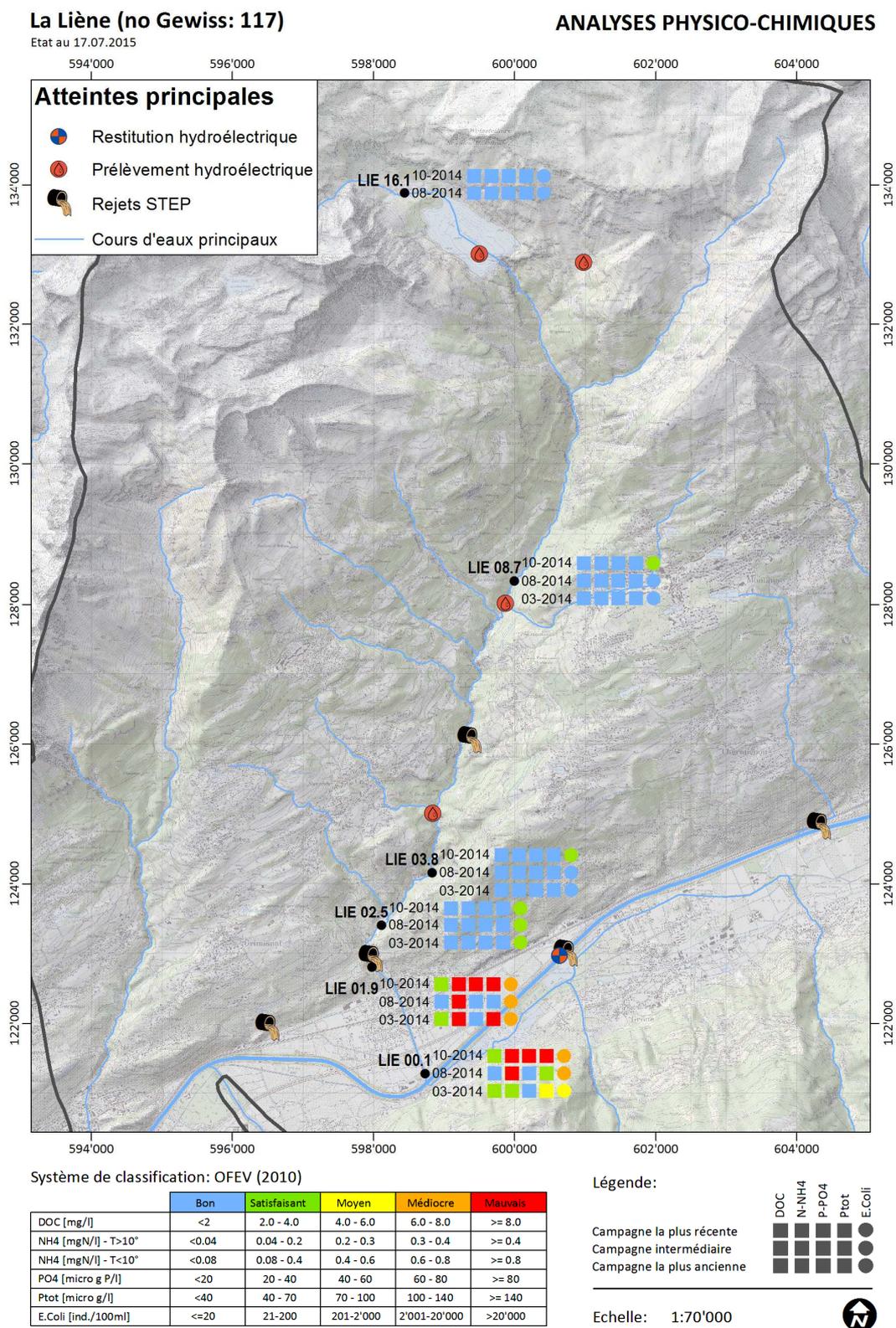


Figure 3 : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur le bassin versant de la Liène (2014).

## 5. ÉTUDE DES DIATOMEES ET QUALITE BIOLOGIQUE DES EAUX

### 5.1. Résultats bruts

Les résultats bruts de l'analyse des communautés de diatomées prélevées dans la Liène se trouvent dans le tableau de l'Annexes 4. Dans la colonne B de ce tableau figurent les espèces et variétés de diatomées classées en fonction de leur résistance saprobique (colonne C). Dans les colonnes D à I apparaissent respectivement les valeurs indicatrices et les valeurs de pondération des indices DI-CH2002, DI-CH2006 et trophique selon SCHMEDITJE & al. 1988. Les valeurs de l'ancien indice DI-CH2002 sont données pour faciliter la comparaison avec les premières études des diatomées des rivières valaisannes. La colonne J signale la présence de formes monstrueuses de diatomées (tératologie). Dans les colonnes K à U pour chaque espèce, figurent les données de la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996, HOFMANN *et al.* 2011). Ces indications servent à juger de la valeur patrimoniale des peuplements de diatomées. Dans 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.

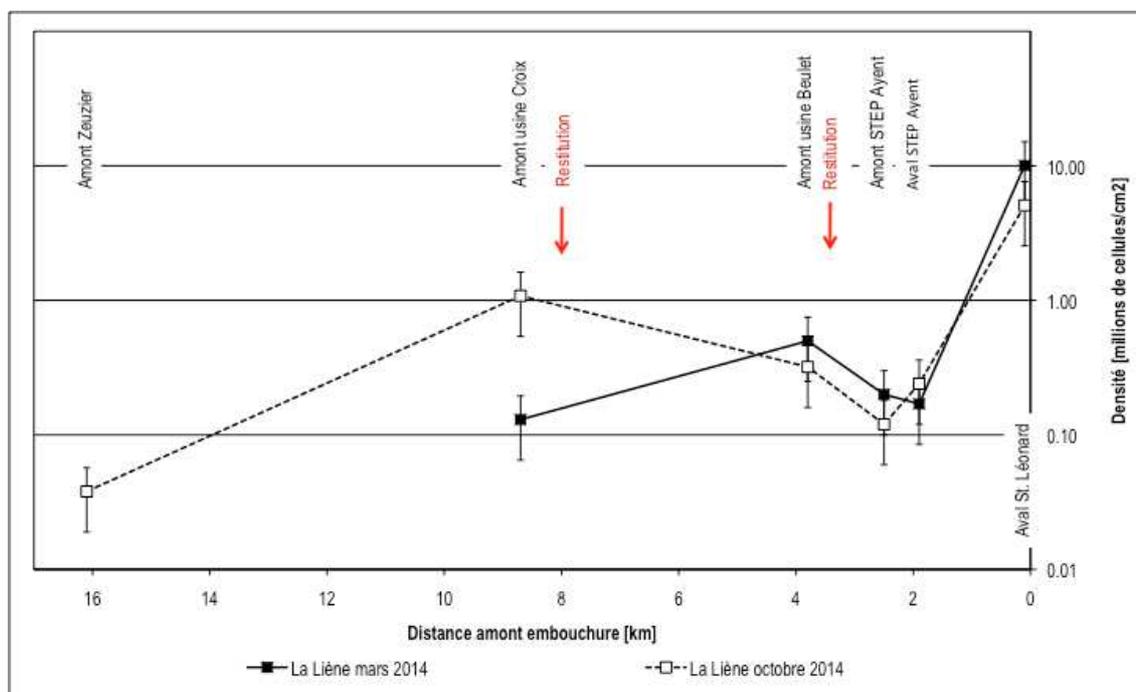
### 5.2. État des communautés de diatomées

#### 5.2.1. Présentation des résultats quantitatifs

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

#### 5.2.2. Densité des peuplements

Les densités de diatomées épilithiques vivant dans le courant sont distribuées d'amont en aval de la Liène sur le Graphique 7 (attention, l'échelle des densités est logarithmique !).

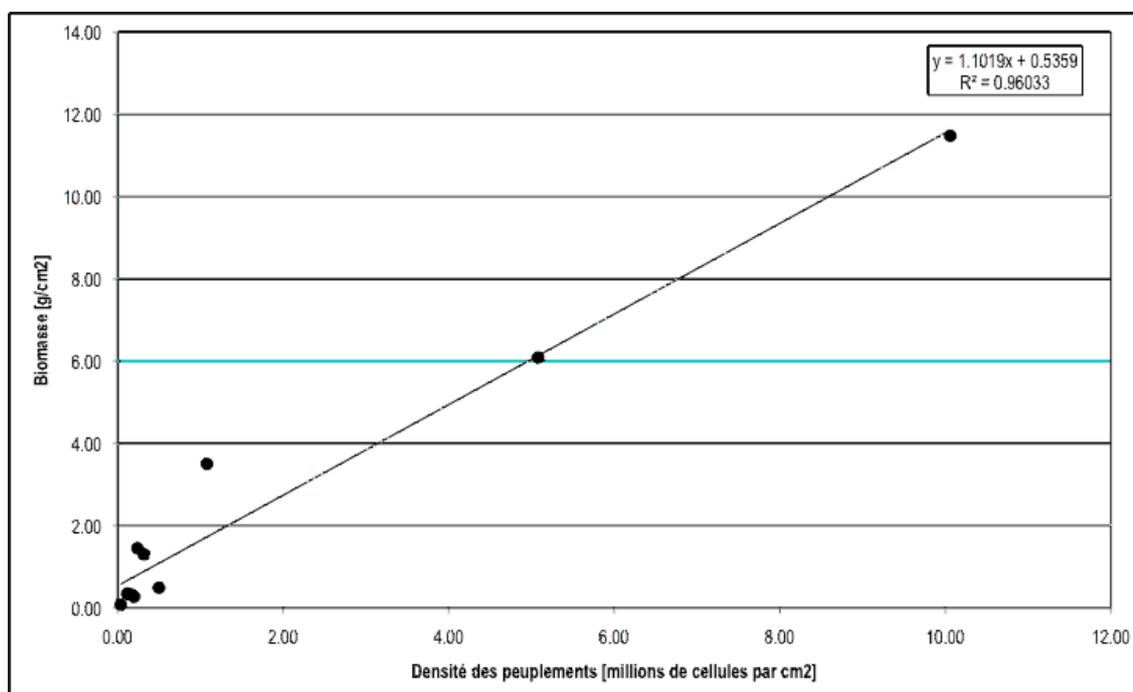


Graphique 7 : Répartition des densités de diatomées épilithiques d'amont à l'aval de la Liène. Valeurs hivernales en traits pleins, valeurs automnales en pointillés.

En hiver, les peuplements en amont ont des densités relativement faibles de  $10^5$  cellules par  $\text{cm}^2$  comme dans les autres rivières latérales du Rhône soumises à des impacts hydroélectriques. En amont du bassin de Croix le peuplement est déjà réduit, si bien que l'impact de la réduction du débit ne se marque pas. Par contre à l'aval de l'usine Beulet, une diminution significative de densité est enregistrée, densité qui reste stable jusqu'à l'aval de la STEP d'Ayent. Par contre à l'aval de St-Léonard, le peuplement est pléthorique. En automne, en amont de Zeuzier, la densité est très faible comme dans d'autres torrents de haute montagne. Par contre, en amont du bassin de Croix, le peuplement est bien développé avec 1 million de cellules par  $\text{cm}^2$ . On observe par contre une diminution des densités sur les stations en aval. Il est intéressant de noter qu'aux 4 stations aval, les densités sont quasiment identiques aux deux saisons. Ces variations de densité ne sont ni corrélées aux variations de vitesse, ni à celles de débits.

La biomasse est directement corrélée à la densité des peuplements (fonction linéaire qui explique le 98% de la variance entre les deux grandeurs) comme on peut le voir sur Graphique 8.

A l'amont de l'usine Croix, en octobre 2014, la valeur de biomasse, plus élevée proportionnellement, sort un peu de la distribution. Cela est dû au fait, que le peuplement à cet endroit est formé en bonne partie par des diatomées plus grosses qu'aux autres stations : *Gomphonema angustivalva* et *Gomphonema pumilum* var. *elegans* (toutes deux de classe de taille 2), ainsi que *Diatoma moniliformis* (classe de taille 3). Cela indique que les perturbations hydrauliques ont été moins violentes à cet endroit, par rapport aux autres stations (dans lesquelles, les petites diatomées pionnières de classe de taille 1 dominent).

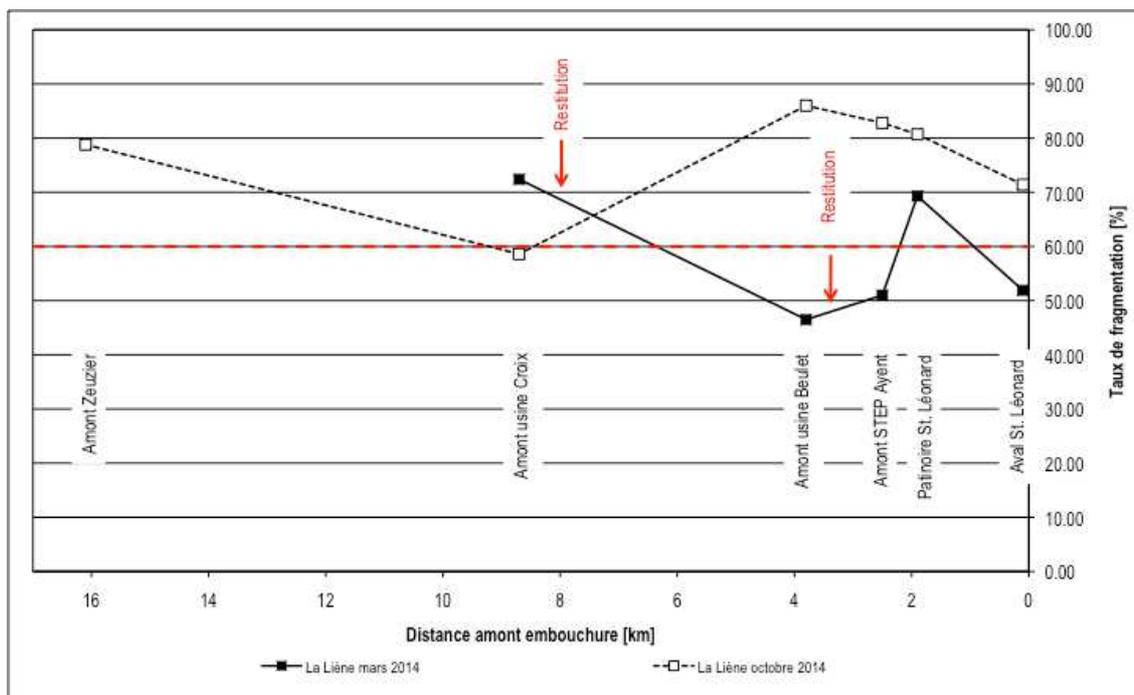


Graphique 8 : Distribution des valeurs calculées de biomasses en fonction des densités des peuplements de diatomées.

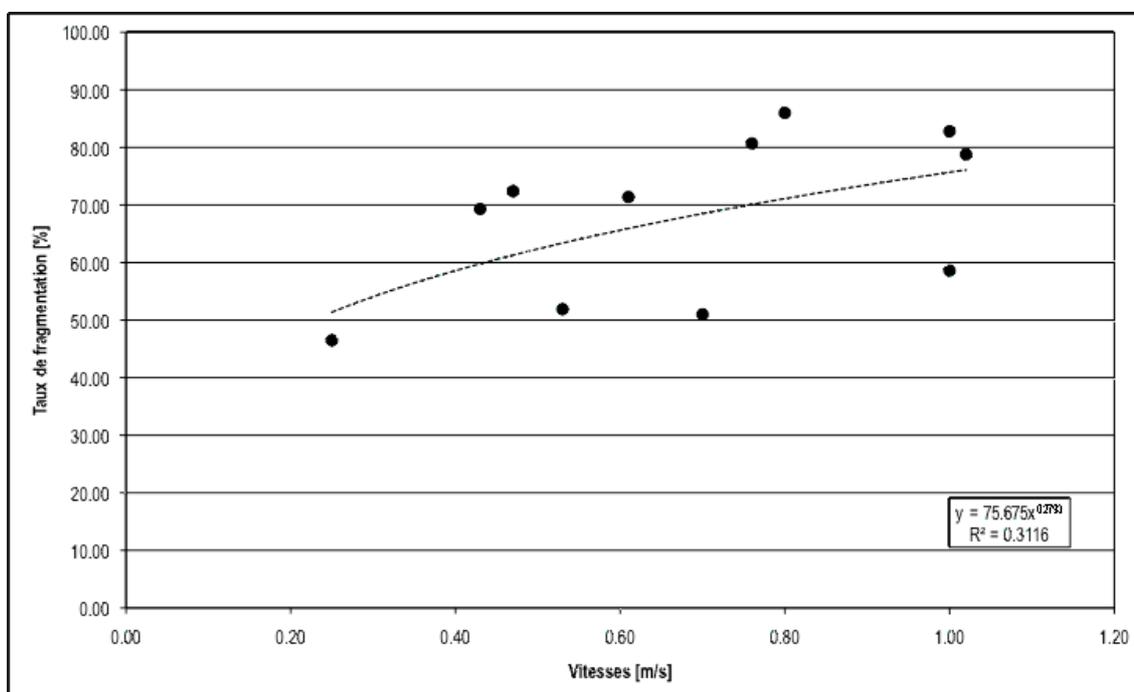
### 5.2.3. Fragmentation

Les taux de fragmentation des diatomées sont présentés sur le Graphique 9. En moyenne, les taux de fragmentation sont plus élevés que dans d'autres rivières latérales du Rhône et dans le fleuve lui-même. Si en mars, seuls à deux stations (amont usine Croix et Aval STEP Ayent) la fragmentation dépasse le taux critique, en octobre, tout le cours a été sujet de perturbations qui ont causé une forte mortalité, avec des taux de fragmentation dépassant largement les 60%. L'activité hydraulique est responsable partiellement de cette mortalité, car 55.8% des fluctuations des taux de fragmentation sont expliquées par les variations des vitesses de l'eau (Graphique 10). Par contre ces taux de fragmentation ne sont pas dépendants des débits. Les variations des taux de fragmentation expliquent partiellement les variations des densités de peuplements, mais seulement à 34.9% (Graphique 11). Il faut préciser cependant, que globalement de toute manière les taux de fragmentation sont élevés (en moyenne 74.9%) et les densités des

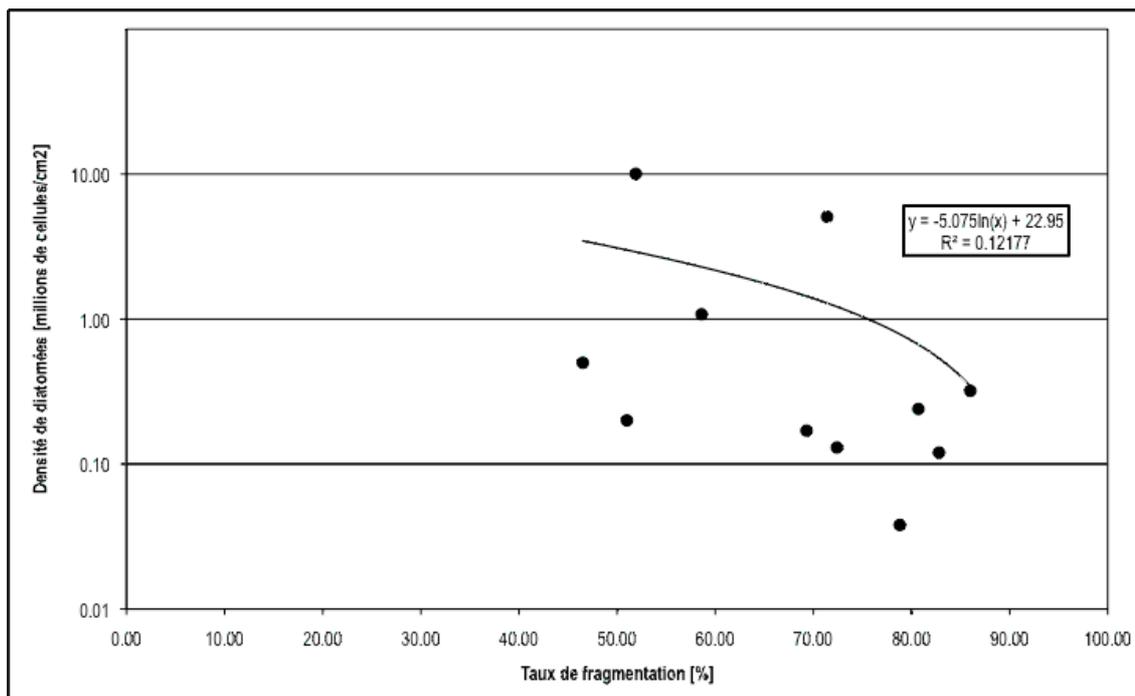
peuplements faibles (ce qui est cohérent). Il manque probablement une plus grande palette de valeurs pour obtenir une corrélation meilleure.



Graphique 9 : Distribution des taux de fragmentation des diatomées d'amont à l'aval de la Liène. Valeurs hivernales en traits pleins, valeurs automnales en pointillés. Le traitillé rouge à 60% indique la limite des valeurs significatives de mortalité liée à de fortes perturbations.



Graphique 10 : Relation entre les taux de fragmentation et la vitesse des eaux. Une fonction de puissance explique que le 55.8% des taux de fragmentation est déterminé par les augmentations des vitesses de l'eau.



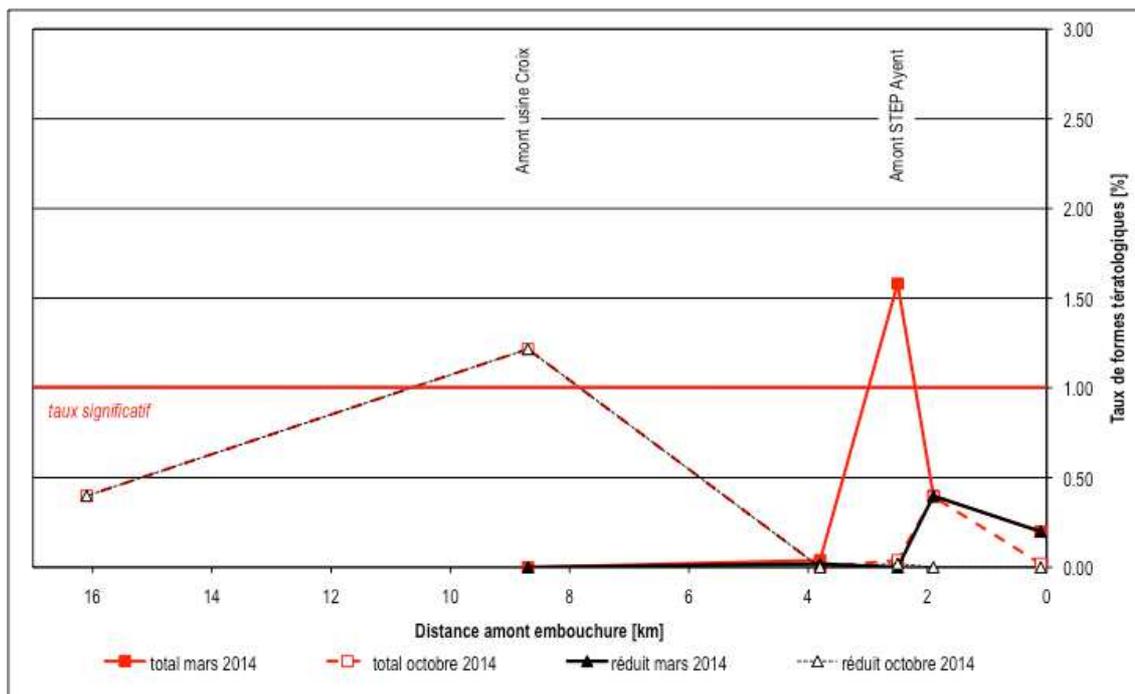
Graphique 11 : Relation entre les taux de fragmentation et la densité des peuplements. Une fonction logarithmique inverse explique que le 34.9% des baisses de densité des peuplements est dû à de la mortalité manifestée par les taux de fragmentation.

Il n'est pas aisé de comprendre quels sont les facteurs qui ont déterminés les tailles des peuplements.

A l'aval de St-Léonard, malgré de forts taux de fragmentation, les peuplements sont très denses. Cela est lié au fait que les vases organiques polluantes ont tendance à coller sur place les fragments de diatomées, qui ainsi sont moins entraînés par le courant, phénomène observé également dans La Ronde, haut Jura (STRAUB & JEANNIN 2006). Par ailleurs le vif développement des diatomées à cet endroit est aussi lié à la forte eutrophie et une moindre agitation de l'eau.

#### 5.2.4. Tératologie

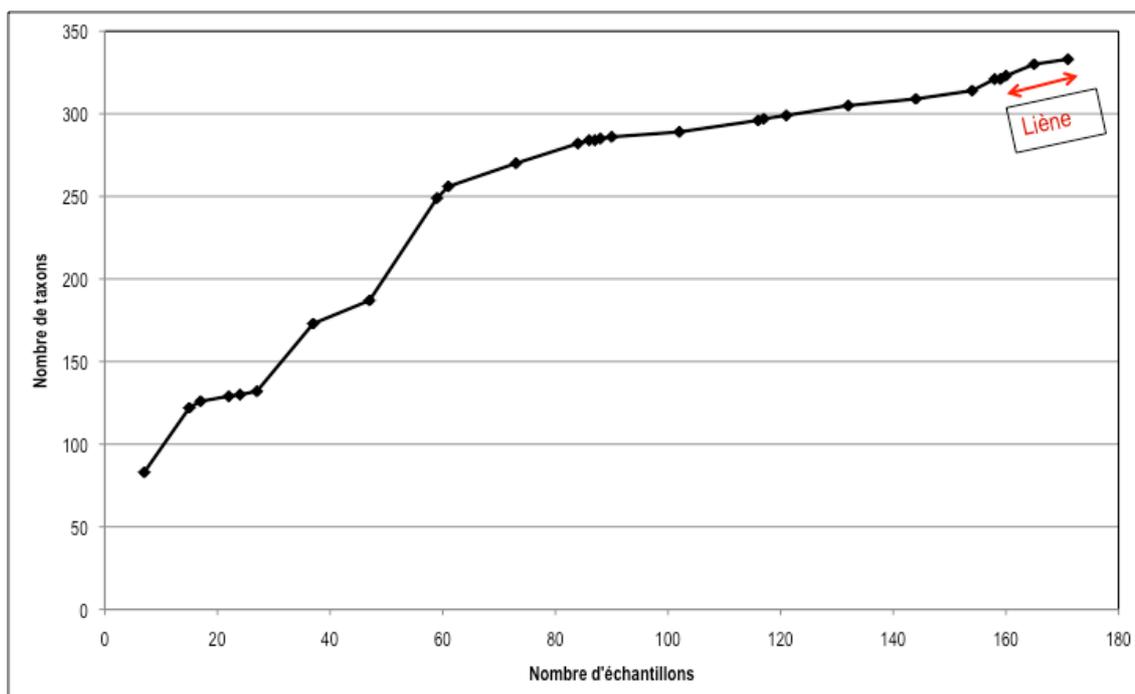
La répartition des formes monstrueuses est donnée sur le Graphique 12. Les taux totaux figurent en rouge. Il est admis actuellement par la communauté scientifique que seuls des taux  $\geq 1\%$  sont significatifs de perturbations sublétales. Les taux réduits (dont on a soustrait l'abondance des formes tératologiques qui affectent légèrement la forme des cellules du genre pionnier *Achnanthydium*) sont présentés en noir. Cette réduction est suggérée par le fait que chez les espèces pionnières à forte capacité de reproduction, une malformation mineure (une des terminaisons des valves est pointue) semble apparaître indépendamment de la qualité des eaux (STRAUB & al. 2014). En mars à l'amont de la STEP d'Ayent, les seules formes tératologiques affectent légèrement la forme des cellules d'*Achnanthydium lineare*, très petite espèce pionnière. Ces déformations peuvent être mises sur le compte des problèmes de croissance pendant la colonisation de ce tronçon soumis aux perturbations hydrauliques de la restitution de l'usine Beulet, mais pourraient tout de même être liées aux dépassements des teneurs de résidus d'herbicides trouvés déjà en amont (SPE 2014). En aval de la STEP par contre, les formes tératologiques affectent *Nitzschia fonticola*, une espèce bien plus résistante aux pollutions. Dans ce cas, on peut suspecter une certaine toxicité des eaux liée à des émissions de nitrites, de micropolluants et/ou de résidus de pesticides. En octobre, des formes tératologiques relativement abondantes ont été trouvées à l'amont du barrage et à l'amont de l'usine Croix. Dans ces stations, les espèces affectées sont *Fragilaria arcus*, *F. austriaca*, *Diatoma moniliformis* et *D. problematica*. Ces espèces sont souvent déformées, même en haute montagne. Les causes de malformations suivantes ont été évoquées : oligotrophie, rayonnement UV, émissions naturelle de métaux lourds.



Graphique 12 : Répartition des taux de formes tératologiques le long de La Liène. En rouge, taux totaux en mars et octobre 2014. En noir taux réduits (sans les formes qui affectent légèrement le genre *Achnanthydium*) en mars et octobre 2014.

### 5.2.5. Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore

La progression irrégulière des découvertes floristiques dans les rivières valaisannes, réalisées par PhycoEco, figure sur le Graphique 13.

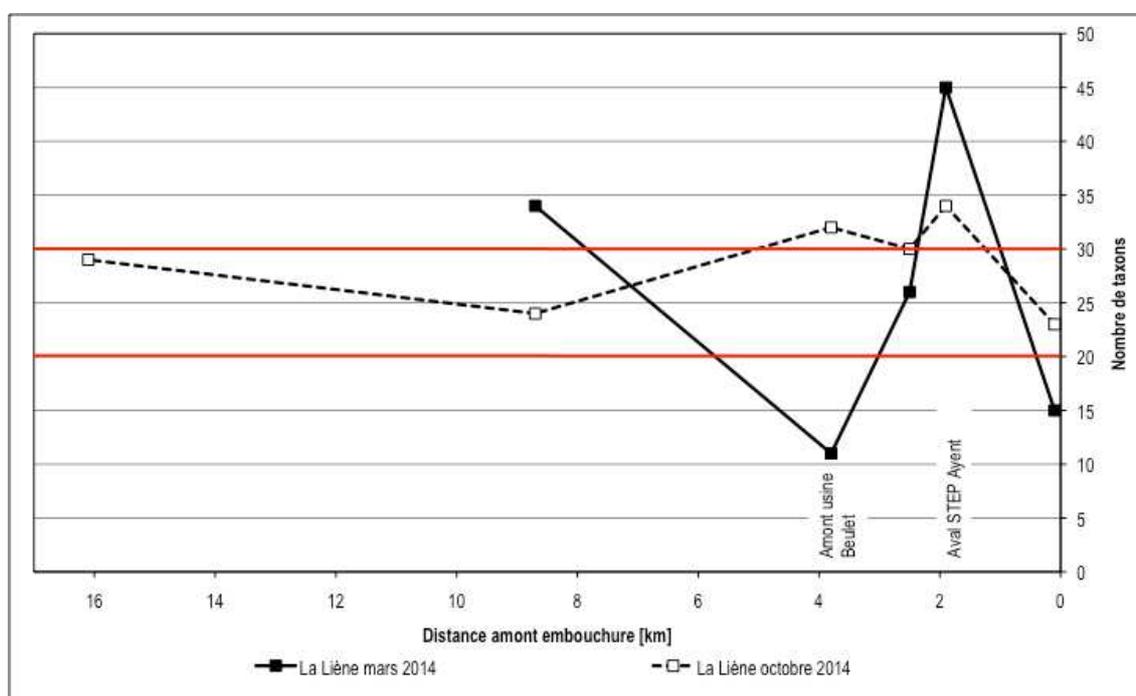


Graphique 13 : Progression des mentions floristiques de diatomées en rivières valaisannes, au cours des études menées par PhycoEco.

Dans les 11 échantillons prélevés, 128 taxons de diatomées ont été trouvés, un nombre en moyenne comparable à celui trouvés dans d'autres rivières latérales du Rhône. Ce nombre représente le 38.4% de la flore rhéophile valaisanne répertoriée actuellement dans la banque de données de PhycoEco (en tout 333 taxons pour 171 échantillons de la Salentse, Sionne, Gamsa, Navisence, Gougra, Vispa, Dranse, Dixence, du ruisseau de Fang, des Borgnes, des Vièzes, de la Liène et du Rhône (y compris 2 échantillons historiques du début du 20<sup>e</sup> siècle prélevés dans le fleuve). Avec ces nouvelles campagnes de prélèvements, 10 taxons nouveaux pour la flore des rivières valaisannes ont été trouvés.

En amont, la base floristique est de même nature que celles relevées dans les autres vallées latérales du Rhône, c'est à dire une flore alpine formée par des taxons très sensibles et sensibles. Une bonne part des communautés est cependant formée par des espèces pionnières du genre *Achnantheidium*. En aval de la STEP d'Ayent, une bonne partie de la flore est composée par des taxons très tolérants, liés aux décharges d'eaux mal épurées.

La flore dominante (obtenue après dénombrement de 500 individus) est répartie pour chaque station d'amont en aval sur le Graphique 14.

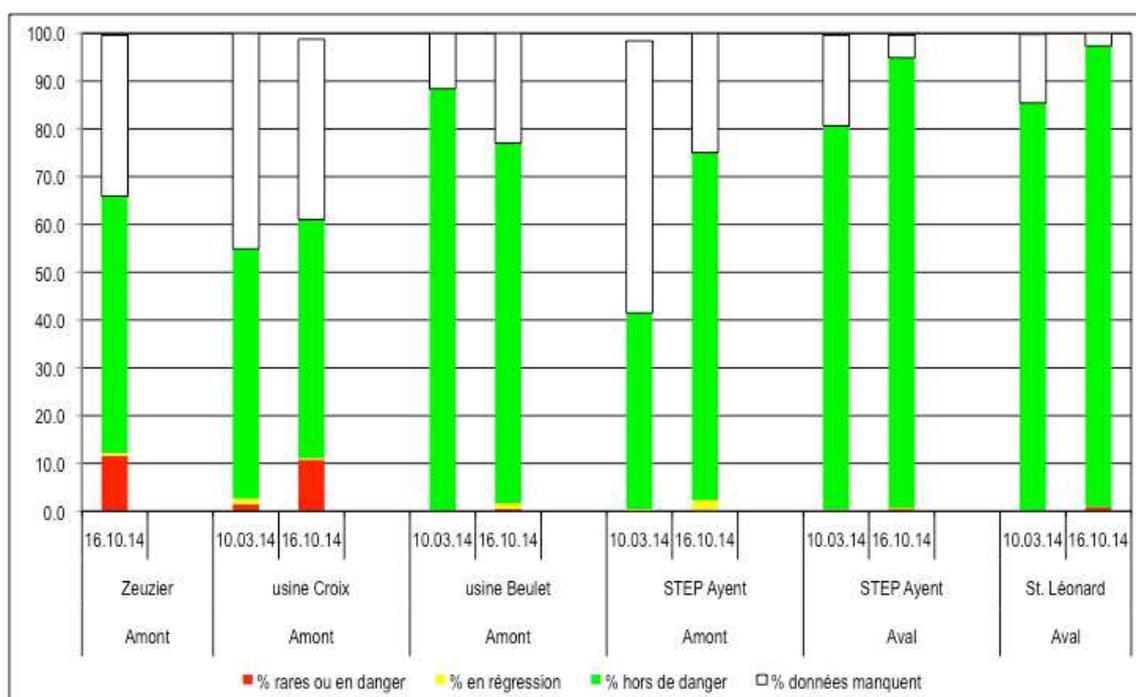


Graphique 14 : Distribution de la flore dominante des diatomées d'amont en aval de la Liène. En rouge, intervalle moyen du nombre de taxons trouvé dans la majorité des stations situées sur les rivières suisses (en général eutrophisées mais en bon état) et qui y forme le 99 % des peuplements. Valeurs hivernales en traits pleins, valeurs automnales en pointillés.

En mars, la diversité floristique est très variée selon les stations. Les valeurs élevées observées à l'amont de l'usine Croix et à l'aval de la STEP d'Ayent sont liées à de faibles densités de diatomées. Dans ces cas, en particulier lors de perturbations sublétales d'origine hydrologique ou toxique, aucune diatomée ne prédomine, si bien qu'au dénombrement des 500 valves on obtient un grand nombre de taxons. La très faible valeur obtenue à l'amont de l'usine Beulet correspond à un peuplement en train de se renouveler (pionnier). Dans ces cas, seules quelques espèces à fort pouvoir de reproduction forment presque la totalité du peuplement. A l'aval de St-Léonard, la faible biodiversité est à la fois liée à l'abondance des espèces pionnières sensibles et la présence de deux espèces très tolérantes à forte capacité de reproduction. En octobre par contre, la diversité floristique se situe dans la norme des rivières suisses et comme en 2004-2005 (ETEC & CORDONIER 2005), elle a tendance à augmenter d'amont en aval, signe de l'augmentation du niveau trophique. Il est intéressant de constater qu'aux deux saisons, à l'aval de la STEP d'Ayent, le nombre de taxons augmente et qu'à l'aval de St-Léonard il diminue.

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

L'abondance des taxons de la liste rouge et en régression est relativement faible et diminue d'amont en aval (Graphique 15). Ces taxons sont plus fréquents en octobre qu'en mars : ils sont nommés dans les résumés par station. Par contre, comme ailleurs au Valais, les taxons peu connus sur lesquels les données de répartition manquent sont bien représentés, jusqu'à plus du 50% du peuplement à l'amont STEP d'Ayent en mars. Ces taxons sont moins bien représentés à l'amont de l'usine Beulet et aux deux stations aval. Dans ce groupe les taxons principaux sont très sensibles aux polluants : *Achnantheidium minutissimum* var *jackii*, une variété inconnue de cette espèce aux valves très étroites, 5 espèces du groupe des *Gomphonema* pumiloides. Certains sont sensibles comme *Achnantheidium delmontii*, *A. pfisteri*, *A. atomoides*, *Diatoma vulgare* var. *linearis*, *Encyonema fogedii*. La plupart de ces espèces sont plus abondantes dans les Alpes qu'en plaine. Ils confèrent aussi une certaine valeur patrimoniale aux peuplements. On peut donc dire, que la plupart des peuplements en amont de la STEP a une bonne valeur patrimoniale. A l'amont de l'usine Beulet, le peuplement est par contre fortement banalisé.



Graphique 15 : Taux de représentation (en % de cellules) des catégories de raréfaction selon la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996) dans les communautés de mars et octobre 2014 d'amont en aval de la Liène : ce graphique donne une idée de la variabilité de la valeur patrimoniale des peuplements et fait ressortir particulièrement ceux qui méritent d'être protégés.

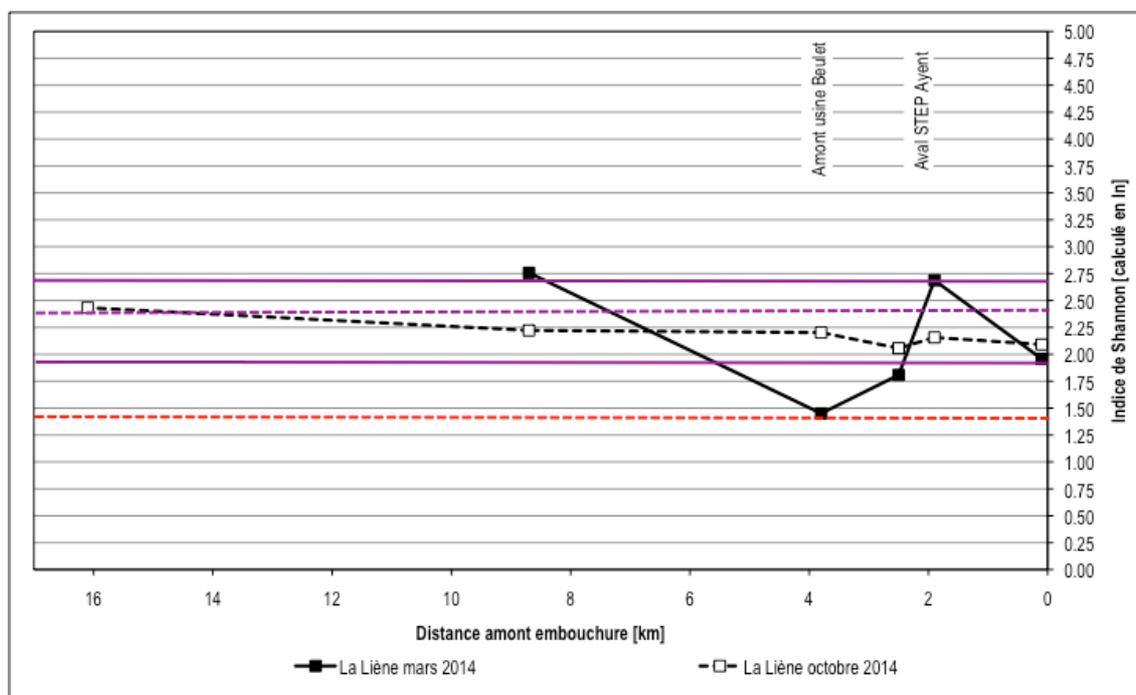
### 5.2.6. Diversité structurale des communautés

Les valeurs trouvées de diversité structurale sont distribuées d'amont en aval sur le Graphique 16.

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 les autres mesures réalisées au Valais.

Les variations de densité structurale sont étroitement corrélées avec celles de diversité floristique (Graphique 14).

En mars le degré de spécialisation des communautés varie fortement d'amont en aval, contrairement aux peuplements d'octobre dont la spécialisation a tendance à augmenter vers l'aval. Cependant, à part le peuplement de l'amont de l'usine Beulet en mars 2014, tous les autres présentent des diversités structurales dans la fourchette des valeurs moyennes observées en Suisse.



Graphique 16 : Distribution des valeurs de l'indice de Shannon d'amont en aval de la Liène; pour comparaison, la grande majorité des communautés étudiées sur les rivières suisses livrent des indices entre 1.90 et 2.65, avec une médiane située à 2.35 (pour 3'694 échantillons, HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2007, intervalle mauve) ; dans ce lot, les indices  $\leq 1.4$  sont révélateurs de peuplements exceptionnellement spécialisés (pointillé rouge). Valeurs de l'indice de Shannon converties en logarithme népérien.

### 5.2.7. Conclusion sur l'état des peuplements de diatomées

Bien qu'à certains endroits la densité des peuplements était faible (et le taux de fragmentation des diatomées assez élevé), l'indice de perturbation selon Bahls ne relève pas d'impact hydrologique récent en particulier à l'aval des captages. Par contre, en aval du bassin de Croix, on trouve des abondances maximales de diatomées pionnières (71.8 à 94.7% des peuplements). Cela indiquerait que des impacts ont eu lieu bien avant les dates de prélèvements et que nous avons échantillonné des communautés en train de se développer à nouveau. Dans ces cas, les indications de qualité des eaux sont probablement un peu trop optimistes. Les plus fortes perturbations hydrologiques semblent avoir été enregistrées par les diatomées à l'amont de l'usine Beulet. A l'aval de St-Léonard, des perturbations létales ont aussi été mises en évidence : elles correspondent aux fortes nuisances que nous avons observées sur le terrain.

Malgré certains peuplements peu développés, nous avons pu réaliser les analyses dans la norme, en augmentant parfois un peu l'effort d'investigation.

### 5.3. Autres algues

Au cours des prélèvements, des algues macroscopiques ont été observées et récoltées pour identification. Leurs occurrences dans la Liène sont rassemblées dans le Tableau 15.

L'algue bleue *Phormidium* sp, qui forme en principe le soubassement du périphyton sur les galets, même en eau oligotrophe, est très discrète. Nous ne l'avons en général pas vue sur le terrain, mais seulement sous le microscope à l'examen des prélèvements bruts. A l'amont de l'usine Croix en octobre seulement, des taches visibles à l'œil nu ont été observées. En mars, ce taxon était présent le long de tout le cours, tandis qu'en octobre, il avait disparu dès l'amont de l'usine Beulet.

|                                  | <i>Phormidium</i> spp. | <i>Hydrurus foetidus</i> | <i>Microspora amonea</i> | <i>Ulothrix tenuissima</i> | <i>Cladophora glomerata</i> | <i>Stigeoclonium</i> sp. | <i>Bangia atropurpurea</i> |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <b>Mars 2014</b>                 |                        |                          |                          |                            |                             |                          |                            |
| LIE 08.7<br>Amont Usine de Croix | (+)                    | +                        | +                        |                            |                             |                          |                            |
| LIE 03.8<br>Amont UE Beulet      | (+)                    | ++                       |                          |                            |                             |                          | +                          |
| LIE 2.5<br>Amont STEP Ayent      | (+)                    |                          |                          |                            | +                           |                          | +                          |
| LIE 01.9<br>Aval STEP Ayent      | (+)                    |                          | +                        |                            | +                           |                          | +                          |
| LIE 00.1<br>St-Léonard aval      | (+)                    |                          | (+)                      | (+)                        | +                           |                          | +                          |
| <b>Octobre 2014</b>              |                        |                          |                          |                            |                             |                          |                            |
| LIE 16.1<br>Amont lac Zeuzier    | (+)                    | +                        |                          |                            |                             |                          |                            |
| LIE 08.7<br>Amont Usine de Croix | +                      |                          |                          |                            |                             |                          |                            |
| LIE 03.8<br>Amont UE Beulet      |                        |                          |                          |                            | +                           |                          | ++                         |
| LIE 2.5<br>Amont STEP Ayent      |                        |                          |                          |                            | +                           |                          | +                          |
| LIE 01.9<br>Aval STEP Ayent      |                        |                          |                          |                            | +                           | (+)                      |                            |
| LIE 00.1<br>St-Léonard aval      |                        |                          |                          |                            |                             |                          |                            |

Tableau 15 : Occurrences d'algues macroscopiques dans les stations de la Liène. (+) vues qu'au microscope, + présentes, ++ abondantes, +++ très abondantes.

En mars à l'amont, comme dans la plupart des rivières latérales du Rhône à la fin de l'hiver, des peuplements plus ou moins denses d'*Hydrurus foetidus* ont été observés. En octobre, cette espèce est aussi présente à l'amont du Zeuzier (cette algue est le témoin de la légère eutrophisation liée à la pâture en haute montagne). Sinon vers l'aval, ces macroalgues sont remplacées progressivement par l'algue rouge *Bangia arthropurpurea* qui supporte des niveaux trophiques plus élevés, puis par des algues vertes nettement eutrophiles, comme *Cladophora glomerata*, mais surtout *Stigeoclonium* sp., une des chlorophycées des plus résistantes aux polluants.

## 5.4. Diatomées et qualités biologiques des eaux

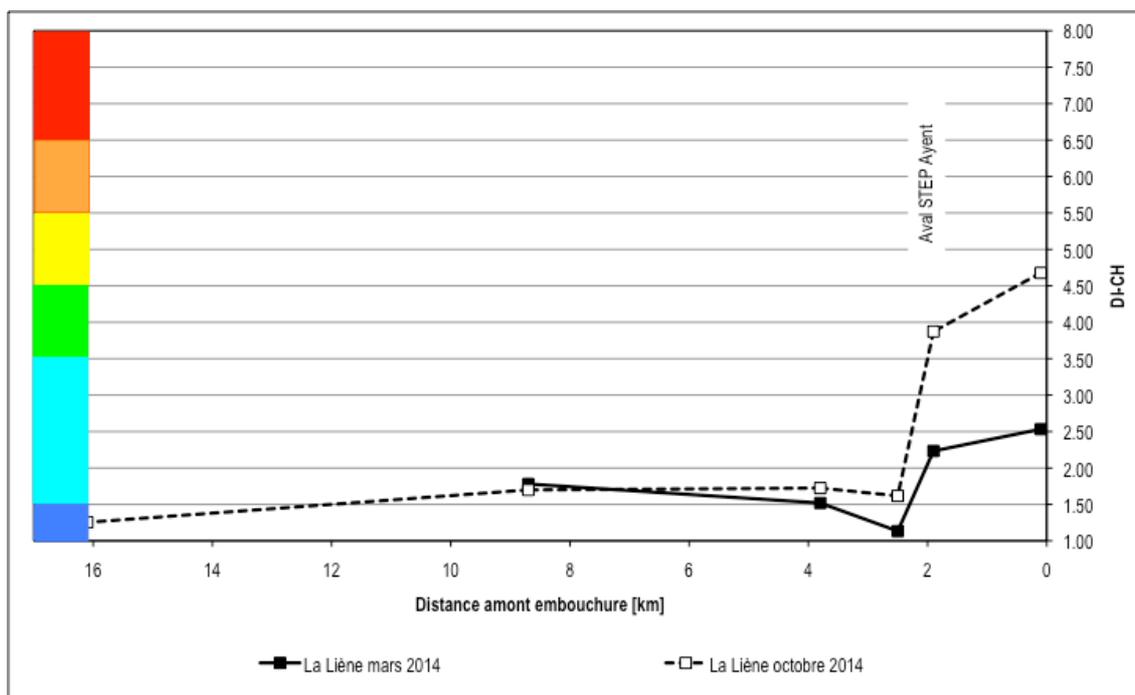
### 5.4.1. Mise en garde

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 densité, des 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 2007) calculées à partir de la composition des communautés de diatomées sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 17.

D'après les valeurs de cet indice, les eaux aux 4 stations amont sont de qualité excellente (< 2.0), voire exceptionnelle (<1.5), tant en mars qu'en octobre. A l'aval de la STEP d'Ayent, la qualité se dégrade visiblement, de manière plus marquée en octobre qu'en mars. La dégradation est cependant légère par rapport aux normes légales de l'OEaux et par rapport aux résultats des analyses physicochimiques (cf. chap.4). En mars, malgré les nombreuses nuisances visibles sur le terrain, il semble que la qualité reste très bonne. En octobre, suite au dysfonctionnement de la STEP, la dégradation est plus forte. Les eaux passent progressivement de la bonne qualité à la qualité moyenne à l'aval de St-Léonard, où elles ne correspondent plus aux objectifs écologiques légaux.



Graphique 17 : Variations des valeurs de l'indice de pollution intégré DI-CH2006 (Système modulaire gradué suisse) d'amont en aval de la Liène. Le bleu est l'indication des eaux de très bonne qualité, le vert de bonne qualité, le jaune de qualité moyenne ne correspondant déjà plus aux objectifs écologiques légaux. L'orange et le rouge indiquent respectivement des eaux fortement à excessivement polluées.

### 5.4.3. Niveaux saprobique et trophique

Le Tableau 16 résume les qualités saprobiques et trophiques calculées à partir des assemblages de diatomées, en séparant les deux périodes de prélèvement pour mieux mettre en évidence les différences observées.

|                             | Saprobie  | Trophie   | Saprobie     | Trophie      |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| Stations                    | Mars 2014 | Mars 2014 | Octobre 2014 | Octobre 2014 |
| LIE 16.1 - Am. Zeuzier      |           |           | (I)-II       | 1.61         |
| LIE 08.7 - Am. usine Croix  | (I)-II    | 1.62      | I-II         | 1.84         |
| LIE 03.8 - Am. usine Beulet | (I)-II    | 1.57      | II           | 1.58         |
| LIE 02.5 - Am. STEP Ayent   | I-II      | 1.58      | II           | 1.63         |
| LIE 01.9 - Av. STEP Ayent   | II        | 1.97      | II           | 2.22         |
| LIE 00.1 - Av. St-Léonard   | II        | 1.88      | II-III       | 2.44         |

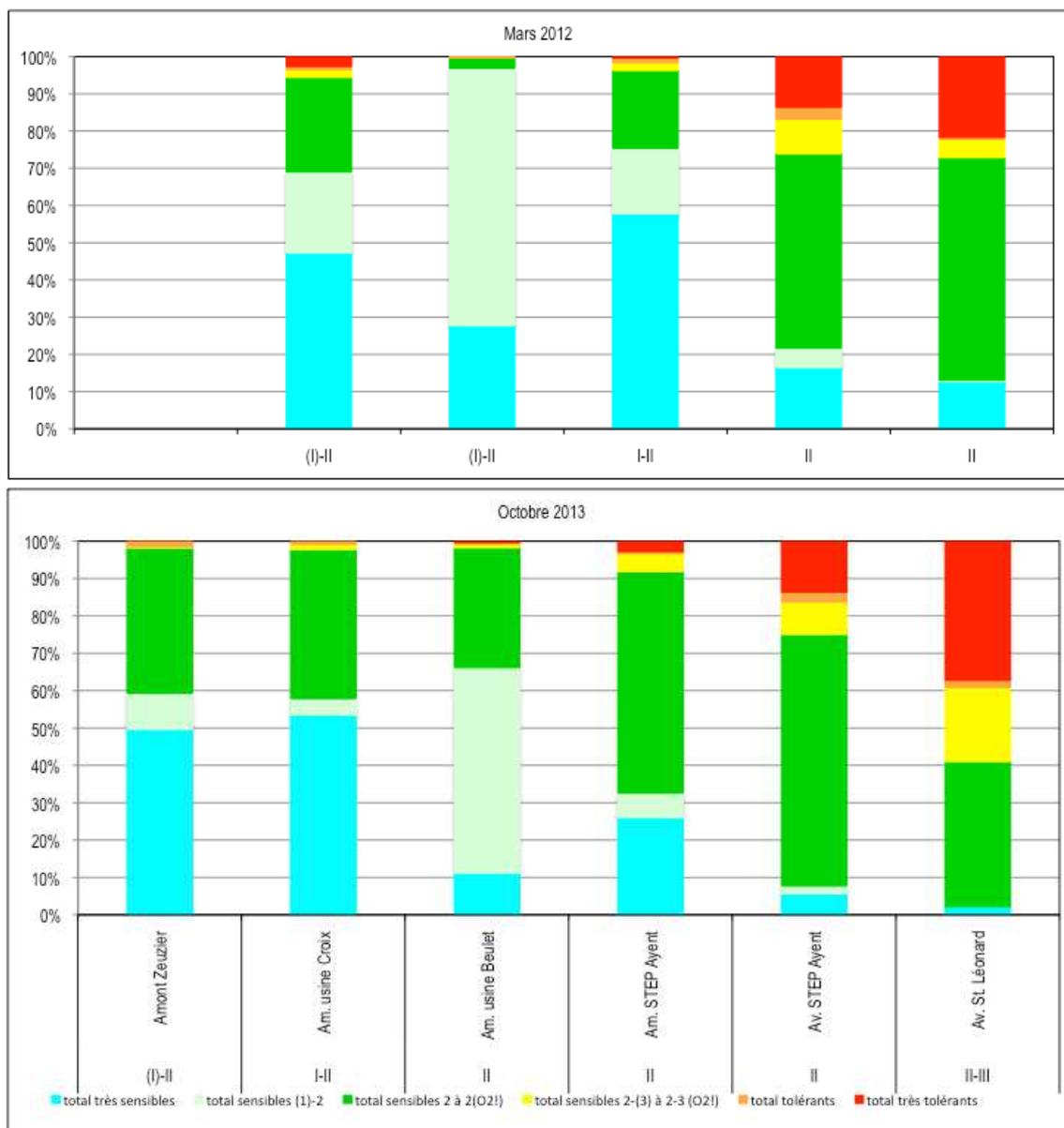
Tableau 16 : Indications de niveau saprobique et d'indice trophique des eaux de la Liène

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 SCHMEDITZ *et al.* 1998. Ces estimations permettent de préciser l'origine des variations globales de qualité des eaux.

Ces indications pondèrent un peu le diagnostic optimiste fourni par les valeurs de DI-CH. En mars, ces indications sont très proches de celles du DI-CH, avec de très bonnes conditions en amont et une augmentation de charge à l'aval de la STEP d'Ayent, tout en restant dans la gamme légale des objectifs écologiques. Par contre en octobre, la charge en matières organiques semble augmenter depuis l'amont de l'usine Beulet et la charge trophique paraît déjà plus élevée à l'amont de l'usine Croix. A l'aval de la STEP d'Ayent, les charges augmentent pour ne plus satisfaire les objectifs écologiques légaux à l'aval de St-Léonard, ni au point de vue saprobique, ni au point de vue trophique. Dans l'ensemble les indications saprobiques sont proportionnelles aux valeurs de niveaux trophiques. Cette proportionnalité indique que les charges sont essentiellement liées à des rejets domestiques et agricoles. Ces indications sont un peu plus sévères que le diagnostic fourni par l'indice 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 18 par groupes de résistance envers les matières oxydables.

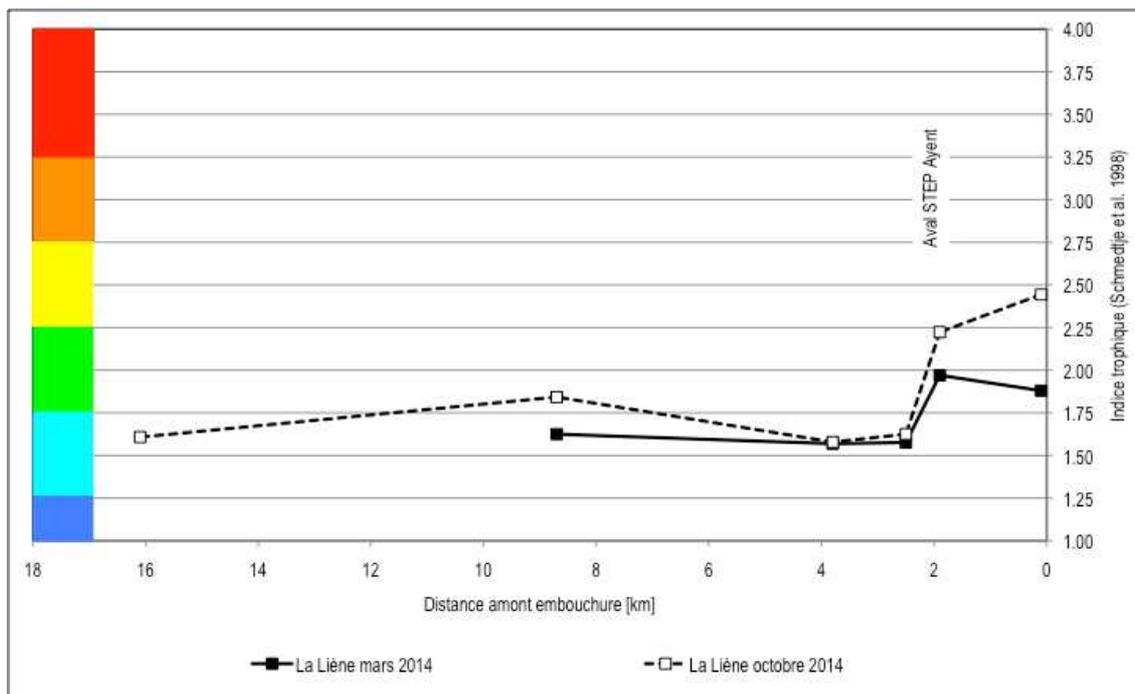
Contrairement aux valeurs très stables des indices DI-CH et trophique relevées à l'amont de la Liène, la répartition des groupes de sensibilité saprobique, montre qu'une augmentation de charge à l'amont de l'usine Beulet peut être mise en relation avec l'impact des rejets de la STEP d'Icogne. Plus en aval, la réduction progressive des espèces très sensibles et le développement des espèces tolérantes et très tolérantes s'amorce déjà à l'amont de la STEP d'Ayent, mais est surtout visible en aval de l'installation. La tendance est plus marquée en octobre qu'en mars. Ces modifications sont le signe de l'impact des rejets d'eaux usées.



Graphique 18 : Compositions des communautés de diatomées par groupes de résistance envers les matières oxydables d'amont en aval de la Liène. En haut, les communautés du mois de mars. En bas, les communautés du mois d'octobre. Chiffres romains : classes de qualités saprobiques selon la notation de LIEBMANN 1958.

Les valeurs de l'indice trophique, présentées dans le Tableau 16 sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 19.

Globalement les variations relatives des niveaux trophiques sont très proches de celles du DI-CH (Graphique 17). Cela n'est pas étonnant, car dans l'étalonnage de l'indice intégré suisse, les paramètres trophiques jouent un grand rôle. Par contre au point de vue du diagnostic, le jugement est comme d'habitude un peu plus sévère que selon l'échelle du DI-CH. En particulier pour tout le cours amont, les eaux paraissent mésotrophes, à part à l'amont de l'usine Beulet en octobre, où les rejets de la STEP d'Icogne causent probablement une légère augmentation de charge. Plus bas, les charges passent à une nette eutrophie (en mars), voire à eu-polytrophie (en octobre) à l'aval de la STEP d'Ayent.



Graphique 19 : Distribution des indices trophiques d'amont en aval de la Liène. Correspondance approximative avec les plages de couleur du Système modulaire gradué de la Confédération.

#### 5.4.4. Conclusion sur la qualité biologique des eaux

En amont, les eaux sont de très bonne à bonne qualité, voire excellentes avant le barrage. Les rejets de la STEP d'Ayent provoquent une dégradation de la qualité des eaux, qui ne se marque que légèrement à l'aval de l'effluent, mais plus fortement plus bas avant la confluence avec le Rhône (tant en mars qu'en octobre). Vu ce décalage on peut imaginer que la STEP a rejeté des eaux peu oxydées (matières organiques et ammonium) et que l'oxydation n'a commencé que plus en aval dans la rivière. Si tel est le cas, alors on peut comprendre que la toxicité des eaux a été plus forte, aux alentours et en aval de St-Léonard, car la montée des nitrites (très toxiques) ne s'est pas produite directement à la STEP, mais plutôt dans la rivière. Cela correspond aux mesures d'ammonium et de nitrites réalisées, ainsi que d'une manière générale aux augmentations de paramètres chimiques liés aux eaux d'épuration (COT, COD, phosphore total et nitrates).

Globalement, les diagnostics à l'aval de cette STEP paraissent trop optimistes par rapport à l'intensité des nuisances observées sur le terrain (en particulier le 16 octobre 2014). Cette différence provient de deux causes possibles, non exclusives :

- Le 16 octobre, la STEP a rejeté en moyenne un débit de 10 l/s d'eau non épurée. Cela représente le 10% du débit mesuré ce jour dans la rivière (89 l/s). L'eau de réception provenant de l'amont étant de bonne voire très bonne qualité, on peut imaginer que la dilution des molécules toxiques solubles a été suffisante pour éviter l'intoxication de la part sensible des peuplements ;
- Le dysfonctionnement des 15 et 16 octobre ont eu lieu la veille et le jour des prélèvements. Ils se sont marqués par d'importants dépôts de floc épuratoire dans la rivière. Or pendant les prélèvements, nous avons vu que sous la vase organique, le périphyton brun caramel des galets, typique des peuplements de diatomées sensibles, était intact. On peut donc supposer que les communautés dans la rivière n'ont pas réagi immédiatement, d'où l'abondance d'espèces sensibles malgré les fortes nuisances. Ce défaut de réaction n'est peut-être qu'apparent, car avec les méthodes normalisées qui permettent d'appliquer les indices de qualité d'eau (avec identification à l'espèce), la préparation des squelettes identifiables ne permet pas de séparer les cellules mortes des cellules vivantes. Dans un tel cas, il faudrait faire un examen microscopique immédiat des communautés vivantes, se contenter d'identifications moins précises, mais ne dénombrer que les cellules vivantes (par l'observation des chloroplastes et des mouvements des individus) et tenter d'appliquer le calcul d'indices sur cette seule portion des assemblages.

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

Les résultats des analyses biologiques figurent dans la base de données du canton « **BD-hydrobio** ». La qualité des stations d'après les notes IBCH et les indices diatomiques sont représentées à la Figure 4.

### 6.1. Substrats

La diversité des substrats rencontrée sur les stations de la Liène est **très bonne**. Sur les 10 types de substrats théoriques, les stations en possèdent 6 et le plus souvent 7 (cf. Tableau 17). Les substrats sont en grande majorité minéraux, avec toutefois la présence de quelques algues filamenteuses (vertes et/ou rouges) à toutes les stations. En revanche, les bryophytes n'étaient présentes que sur la station de plaine LIE 01.9. Dans toutes les stations, un ensablement plus ou moins fort a été observé. Une certaine turbidité de l'eau a également été remarquée dans les deux stations les plus en aval (LIE 01.9 et LIE 00.1).

Des organismes hétérotrophes, des flocons de papier WC et articles hygiéniques ont été observés principalement en octobre dans les 2 stations de plaine, en aval de la STEP d'Ayent (LIE 01.9 et LIE 00.1).

| Stations | Nombre de substrats |      | substrat dominant      | Remarques   |
|----------|---------------------|------|------------------------|---|
|          | Mars                | Oct. |                        |   |
| LIE 16.1 |                     | 6    | galets                 | Tendance à l'ensablement. Algues filamenteuses très rares.  |
| LIE 08.7 | 7                   | 7    | blocs                  | Tendance à l'ensablement. Algues filamenteuses rares.   |
| LIE 03.8 | 7                   | 7    | graviers, galets       | Ensablement. Présence d'algues filamenteuses.   |
| LIE 02.5 | 7                   | 7    | graviers, galets       | Ensablement. Présence d'algues filamenteuses.   |
| LIE 01.9 | 7                   | 7    | Sables, vases          | <b>Organismes hétérotrophes et nombreux flocons de papier WC et articles d'hygiène, surtout en octobre.</b> Très colmaté et ensablé (matière organique). Présence d'algues filamenteuses en mars. |
| LIE 00.1 | 7                   | 7    | blocs, graviers, vases | <b>Organismes hétérotrophes et nombreux flocons de papier WC et articles d'hygiène en octobre.</b> Très colmaté et ensablé. Présence d'algues filamenteuses en mars.                              |

Tableau 17: Diversité et qualité des substrats rencontrés aux différentes stations de la Liène.

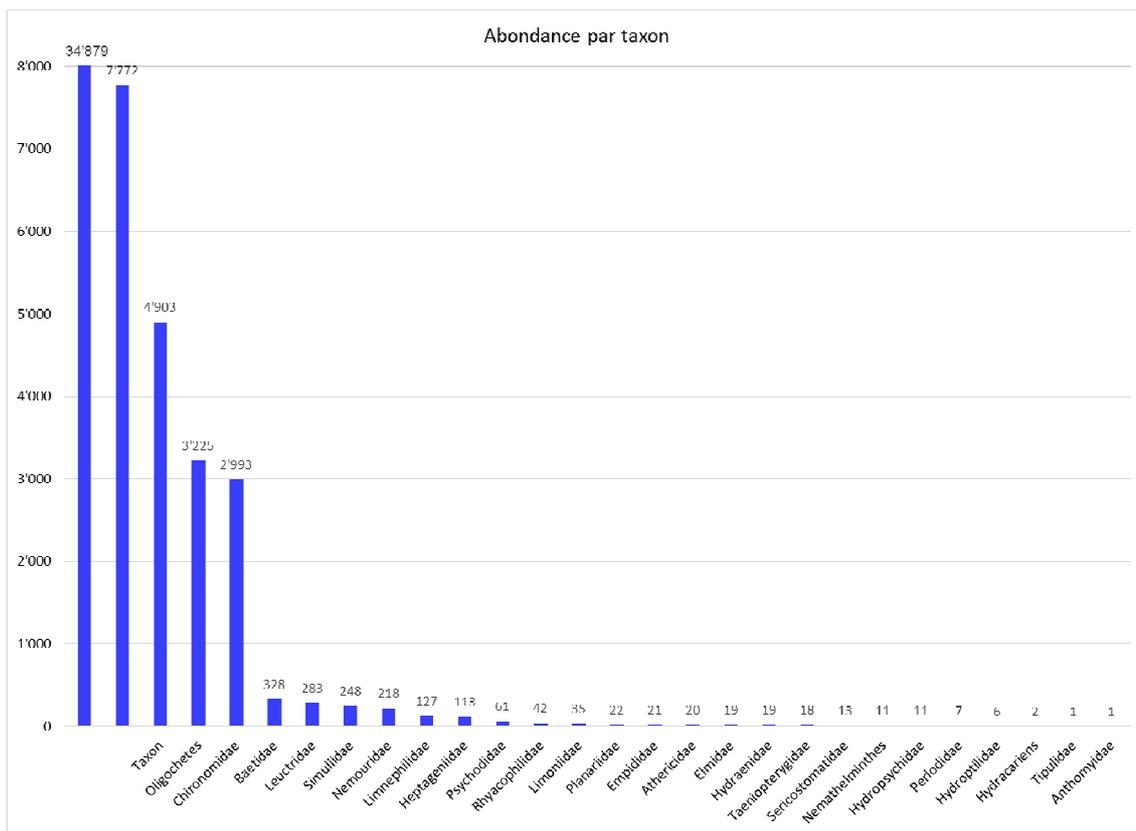
### 6.2. Faune benthique échantillonnée

#### • Composition faunistique du peuplement benthique

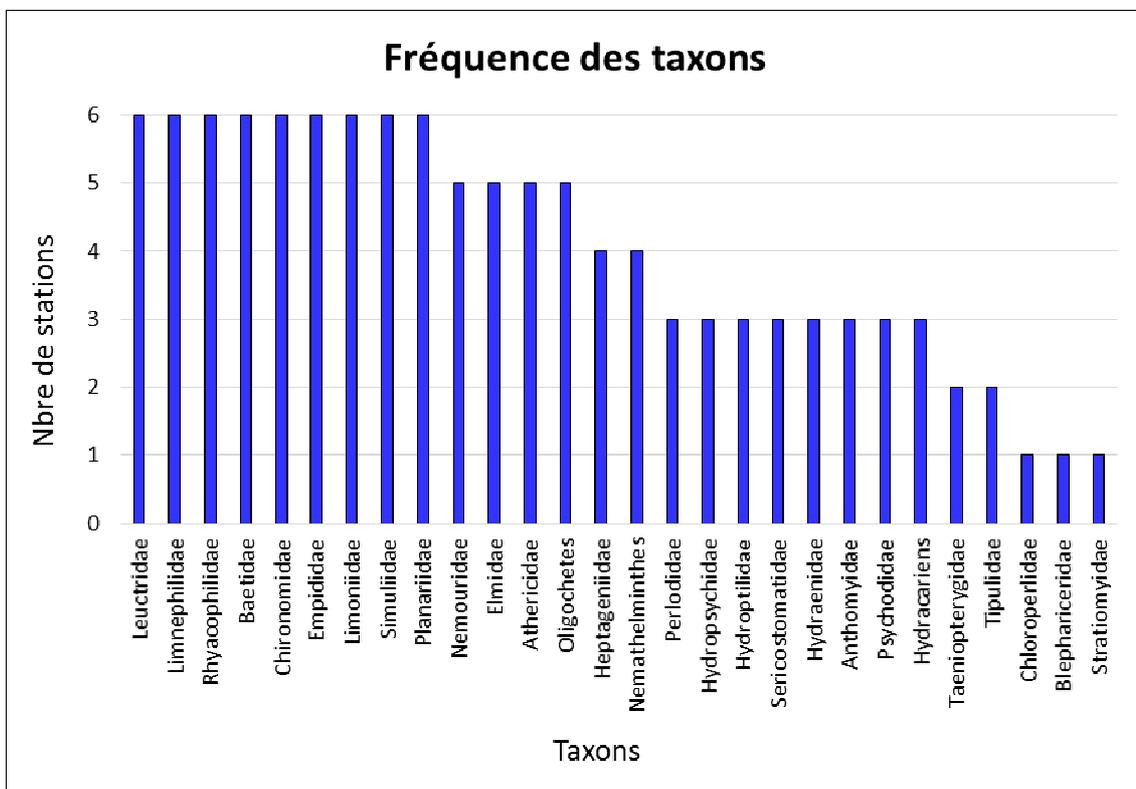
Tous les taxons recensés ne se rencontrent pas systématiquement dans chacune des stations. Les répartitions et les abondances sont liées à des variations spatiales ou saisonnières (cf. liste faunistique détaillée dans le Tableau 18).

Le Graphique 20 présente l'abondance des différents taxons dans la Liène (toute station et campagne confondues), et le Graphique 21 le nombre de stations dans lesquelles les taxons ont été observés (toute campagne confondue).

Sur tous les taxons observés sur la Liène, cinq sont nettement plus présents que les autres (> 3'000 individus par taxon ; cf. Graphique 20). De manière générale, leur très forte abondance est due à leur prolifération dans les stations LIE 01.9 et LIE 00.1, tant en mars (Baetidae, Oligochètes), qu'en octobre (Chironomidae, Simuliidae, Oligochètes). 4 de ces 5 taxons les plus abondants étaient présents à toutes les stations (cf. Graphique 23). Il s'agit de groupes généralement ubiquistes, s'adaptant facilement aux variations des paramètres biotiques et abiotiques du milieu. Ces taxons ont été recensés dans la plupart des rivières valaisannes étudiées jusqu'à présent.



Graphique 20 : Nombre total d'individus recensés par taxon dans l'ensemble des stations du bassin versant de la Liène entre mars et octobre 2014, du plus abondant au moins abondant.



Graphique 21 : Nombre de stations du bassin versant de la Liène dans lesquelles chaque taxon a été rencontré en mars et/ou octobre 2014.

Parmi les 3 familles les plus sensibles à la qualité du milieu (Chloroperlidae, Perlodidae, Perlidae), les Perlodidae n'étaient présents que dans les stations amont (LIE 16.1, LIE 08.7 et LIE 03.8), et de manière très modérée (13 individus en tout), et un seul Chloroperlidae a été récolté (LIE 08.7, octobre).

Certains taxons relativement peu fréquents en Valais, ont été recensés dans la Liène : les Sericostomatiidae, Hydroptilidae, Anthomyiidae, Stratiomyidae.

#### • Variations spatiales

Les effectifs totaux de la faune benthique sont répartis de manière très inégale le long de la Liène. Plus de 80% des individus ont été capturés sur les deux stations en aval de la STEP d'Ayent et moins de 20% sur les quatre stations en amont de la STEP. Néanmoins, si les Oligochètes sont retirés de ce calcul (ils représentent à eux seuls près de 63% du nombre total d'individus), les effectifs s'équilibrent parfaitement avec 49.76% en amont de la STEP et 50.24% en aval.

Au niveau du taxon, différents trends s'observent :

##### Taxons plus abondants dans les 4 stations en amont de la STEP d'Ayent (si plus de 20 individus)

- Les Nemouridae, Leuctridae, Heptageniidae, Rhyacophilidae, Athericidae, Empididae, Limoniidae et Planariidae ont plus de 80% de leur effectif répartis sur ces stations.

##### Taxons plus abondants dans les 2 stations en aval de la STEP (si plus de 20 individus)

- Les Psychodidae et les Oligochètes sont les seuls taxons à posséder plus de 80% de leur effectif sur ces deux stations.
- Les Simuliidae et Chironomidae ont plus de 60% de leur effectif répartis sur ces deux stations.

##### Taxons rencontrés dans une seule station, avec moins de 10 individus

Les Chloroperlidae (1), Stratiomyidae (1) et Blephariceridae (2) n'étaient présents que dans la station LIE 08.7 (amont usine de Croix).

#### • Variations temporelles :

De manière globale, la faune benthique était plus abondante en mars qu'en octobre : 74% des spécimens ont été récoltés en mars, malgré la station amont manquante. Néanmoins, si l'on occulte à nouveau les Oligochètes, la tendance s'inverse : il n'y a plus que 46% des individus en mars pour 54% en octobre.

| Station               | LIE 16.1      | LIE 08.7             |            | LIE 03.8                           |            | LIE 02.5         |            | LIE 01.9                               |            | LIE 00.1         |            |
|-----------------------|---------------|----------------------|------------|------------------------------------|------------|------------------|------------|--|------------|------------------|------------|
|                       | Amont Zeuzier | Amont usine de Croix |            | Amont usine hydroélectrique Beulet |            | Amont STEP Ayent |            | Aval STEP Ayent (patinoire St-Léonard) |            | Amont confluence |            |
| Date                  | 16.10.2014    | 10.03.2014           | 16.10.2014 | 10.03.2014                         | 16.10.2014 | 10.03.2014       | 16.10.2014 | 10.03.2014                             | 16.10.2014 | 10.03.2014       | 16.10.2014 |
| <b>PLECOPTERES</b>    |               |                      |            |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Chloroperlidae        |               |                      | 1          |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Leuctridae            | 79            | 376                  | 142        | 501                                | 610        | 1322             | 105        | 27                                     | 5          | 56               | 2          |
| Nemouridae            | 47            | 36                   | 25         | 121                                | 21         | 64               | 12         | 2                                      |            |                  |            |
| Perlodidae            | 1             | 7                    | 4          |                                    | 1          |                  |            |  |            |                  |            |
| Taeniopterygidae      | 17            | 2                    | 1          |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| <b>TRICOPTERES</b>    |               |                      |            |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Hydropsychidae        |               |                      |            | 1                                  | 4          | 4                | 6          | 1                                      | 2          |                  |            |
| Hydroptilidae         |               |                      |            |                                    |            |                  | 1          |  | 6          | 1                | 3          |
| Limnephilidae         | 4             | 4                    | 7          | 6                                  | 2          | 26               | 155        | 15                                     | 18         | 46               |            |
| Rhyacophilidae        | 2             | 9                    | 53         | 6                                  | 20         | 4                | 13         |  | 11         | 4                | 5          |
| Sericostomatidae      |               |                      |            | 1                                  | 1          | 5                | 7          |  | 5          |                  |            |
| <b>EPHEMEROPTERES</b> |               |                      |            |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Baetidae              | 55            | 144                  | 106        | 566                                | 385        | 464              | 483        | 1332                                   | 369        | 949              | 50         |
| Heptageniidae         |               | 89                   | 55         | 10                                 | 37         | 8                | 45         | 1                                      | 3          |                  |            |
| <b>COLEOPTERES</b>    |               |                      |            |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Elmidae               |               |                      | 1          | 1                                  | 2          |                  | 5          | 3                                      | 8          |                  | 2          |
| Hydraenidae           |               | 12                   | 4          | 1                                  | 3          |                  | 1          |  |            |                  |            |
| <b>DIPTERES</b>       |               |                      |            |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Anthomyiidae          | 3             |                      |            |                                    | 2          |                  |            |  |            | 1                |            |
| Athericidae           |               | 2                    | 4          | 8                                  | 4          | 1                | 12         | 2                                      | 1          |                  | 1          |
| Blephariceridae       |               | 1                    | 1          |                                    |            |                  |            |  |            |                  |            |
| Chironomidae          | 516           | 177                  | 20         | 957                                | 575        | 72               | 159        | 593                                    | 1405       | 268              | 3030       |

| Station                         | LIE 16.1         | LIE 08.7             |               | LIE 03.8                           |            | LIE 02.5         |               | LIE 01.9                               |            | LIE 00.1         |               |
|---------------------------------|------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|------------|------------------|---------------|--|------------|------------------|---------------|
|                                 | Amont Zeuzier    | Amont usine de Croix |               | Amont usine hydroélectrique Beulet |            | Amont STEP Ayent |               | Aval STEP Ayent (patinoire St-Léonard) |            | Amont confluence |               |
| Date                            | 16.10.2014       | 10.03.2014           | 16.10.2014    | 10.03.2014                         | 16.10.2014 | 10.03.2014       | 16.10.2014    | 10.03.2014                             | 16.10.2014 | 10.03.2014       | 16.10.2014    |
| Empididae                       | 6                | 12                   |               | 4                                  | 6          | 5                | 3             | 2                                      | 3          | 1                |               |
| Limoniidae                      | 42               | 12                   | 12            | 10                                 | 5          | 16               | 6             | 2                                      | 2          | 3                | 3             |
| Psychodidae                     |                  |                      |               |                                    |            | 1                | 13            | 3                                      | 172        | 1                | 28            |
| Simuliidae                      | 1                | 158                  | 28            | 209                                | 623        | 46               | 91            | 429                                    | 182        | 161              | 1065          |
| Stratiomyidae                   |                  |                      | 1             |                                    |            |                  |               |  |            |                  |               |
| Tipulidae                       |                  |                      |               |                                    |            | 1                | 5             |  |            |                  | 1             |
| <b>TRICLADES</b>                |                  |                      |               |                                    |            |                  |               |  |            |                  |               |
| Planariidae                     | 11               |                      | 1             | 13                                 | 3          | 20               | 7             | 3                                      |            | 3                |               |
| <b>AUTRES TAXONS</b>            |                  |                      |               |                                    |            |                  |               |  |            |                  |               |
| Oligochetes                     |                  |                      | 2             | 15                                 | 37         | 5                | 109           | 20000                                  | 2930       | 11371            | 410           |
| Nemathelminthes                 |                  |                      | 1             |                                    |            | 1                | 3             | 4                                      | 9          |                  | 1             |
| Hydracariens                    |                  |                      |               |                                    |            |                  | 8             | 1                                      |            |                  | 2             |
| <b>Nb total d'individus</b>     | 784              | 1041                 | 469           | 2430                               | 2341       | 2065             | 1249          | 22420                                  | 5131       | 12865            | 4603          |
| <b>Groupe Indicateur - GI</b>   | 9                | 9                    | 9             | 7                                  | 7          | 7                | 7             | 7                                      | 7          | 7                | 5             |
| <b>Taxon Indicateur</b>         | Taeniopterygidae | Perlotidae           | Perlotidae    | Leuctridae                         | Leuctridae | Leuctridae       | Leuctridae    | Leuctridae                             | Leuctridae | Leuctridae       | Hydroptilidae |
| <b>Diversité</b>                | 13               | 15                   | 20            | 17                                 | 19         | 18               | 22            | 17                                     | 17         | 13               | 14            |
| <b>Note IBCH</b>                | 13               | 13                   | 14            | 12                                 | 12         | 12               | 13            | 12                                     | 12         | 11               | 9             |
| <b>Qualité selon norme IBCH</b> | Satisfaisante    | Satisfaisante        | Satisfaisante | Moyenne                            | Moyenne    | Moyenne          | Satisfaisante | Moyenne                                | Moyenne    | Moyenne          | Moyenne       |

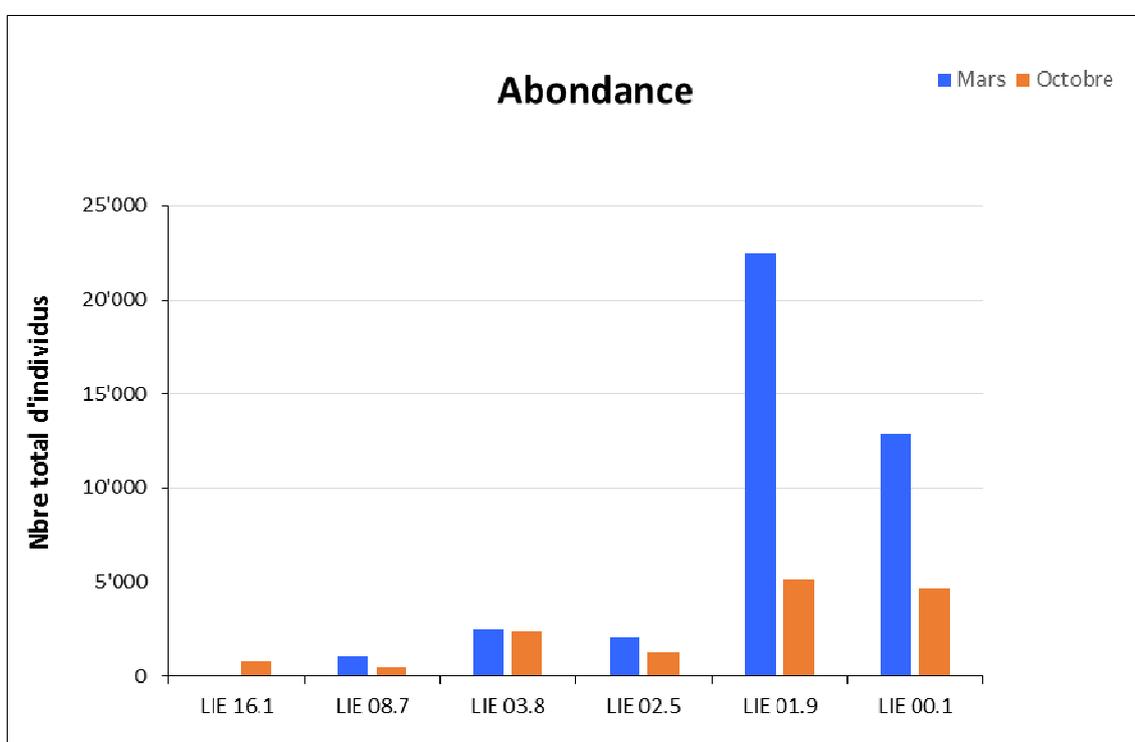
Tableau 18 : Faune benthique recensée dans le bassin versant de la Liègne en mars et octobre 2014.

### 6.3. Résultats liés à l'Indice Biologique suisse (IBCH)

- **Abondance totale**

Les pics d'abondance en mars (cf. Graphique 22) ne sont pas provoqués par une augmentation générale de l'ensemble des taxons, mais plutôt par la prolifération des Oligochètes (env. 20'000 pour LIE 01.9, et env. 11'370 pour LIE 00.1). Le nombre total d'individus par station (cf. Tableau 18 et Graphique 22) varie entre 469 (LIE 08.7 en octobre 2014) et 22'420 (LIE 01.9 en mars 2014). **L'abondance moyenne** sur l'ensemble des stations est de **5'036** individus sur les 2 campagnes. Sans prendre en compte les Oligochètes, l'abondance moyenne est de 1'865 individus, valeur proche de l'abondance moyenne des affluents du Rhône (1'200 individus toutes campagnes confondues; BERNARD *et al*, 1994). Elle est moins élevée en octobre (2'430) qu'en mars (8'164), mais quasi identique entre les 2 périodes sans prendre en compte les Oligochètes.

Une nette différence s'observe entre les quatre stations amont et les deux stations aval. C'est en mars qu'elle est la plus flagrante (cf. Graphique 22).



Graphique 22 : Abondance de la faune benthique au niveau de chaque station dans le bassin versant de la Liène en mars et octobre 2014.

| Station               | LIE 16.1 | LIE 08.7   |            | LIE 03.8   |            | LIE 02.5   |            | LIE 01.9   |            | LIE 00.1   |            |            |
|-----------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                       | Date     | 16.10.2014 | 10.03.2014 | 16.10.2014 | 10.03.2014 | 16.10.2014 | 10.03.2014 | 16.10.2014 | 10.03.2014 | 16.10.2014 | 10.03.2014 | 16.10.2014 |
| <b>PLECOPTERES</b>    |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Chloroperlidae        |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Leuctridae            | ++       | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | +          | ++         |            |            |
| Nemouridae            | ++       | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |            |            |            |            |            |
| Perlodidae            |          | +          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Taeniopterygidae      | ++       |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>TRICOPTERES</b>    |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Hydropsychidae        |          |            |            |            |            |            |            |            | +          |            |            |            |
| Hydroptilidae         |          |            |            |            |            |            |            |            |            | +          |            |            |
| Limnephilidae         |          |            | +          | +          | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |            |            |
| Rhyacophilidae        |          | ++         | ++         | +          | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |            | +          |
| Sericostomatidae      |          |            |            |            |            | +          | +          |            |            | +          |            |            |
| <b>EPHEMEROPTERES</b> |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Baetidae              | ++       | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |
| Heptageniidae         |          | ++         | ++         | ++         | ++         | +          | ++         |            |            |            |            |            |
| <b>COLEOPTERES</b>    |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Elmidae               |          |            |            |            |            |            |            |            | +          | +          |            |            |
| Hydraenidae           |          | ++         |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>DIPTERES</b>       |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Anthomyidae           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Athericidae           |          |            |            | +          |            |            | ++         |            |            |            |            |            |
| Blephariceridae       |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Chironomidae          | ++       | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |
| Empididae             | +        | ++         |            |            | +          | +          |            |            |            |            |            |            |
| Limoniidae            | ++       | ++         | ++         | ++         | +          | ++         | +          |            |            |            |            |            |
| Psychodidae           |          |            |            |            |            |            |            |            | ++         |            |            | ++         |
| Simuliidae            |          | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |            | ++         |
| Stratiomyidae         |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Tipulidae             |          |            |            |            |            |            |            |            | +          |            |            |            |
| <b>TRICLADES</b>      |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Planariidae           | ++       |            |            | ++         |            | ++         | +          |            |            |            |            |            |
| <b>AUTRES TAXONS</b>  |          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Oligochetes           |          |            |            | ++         | ++         | +          | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         | ++         |
| Nemathelminthes       |          |            |            |            |            |            |            |            | ++         |            |            |            |
| Hydracariens          |          |            |            |            |            |            | +          |            |            |            |            |            |

+ abondance élevée ; ++ abondance très élevée ;

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

Tableau 19 : Taxons les plus abondants dans le bassin versant de la Liène en mars et octobre 2014 selon les critères de fréquences proposés par l'Agence de l'Eau (2000).

- Abondance (nombre d'individus) par taxon

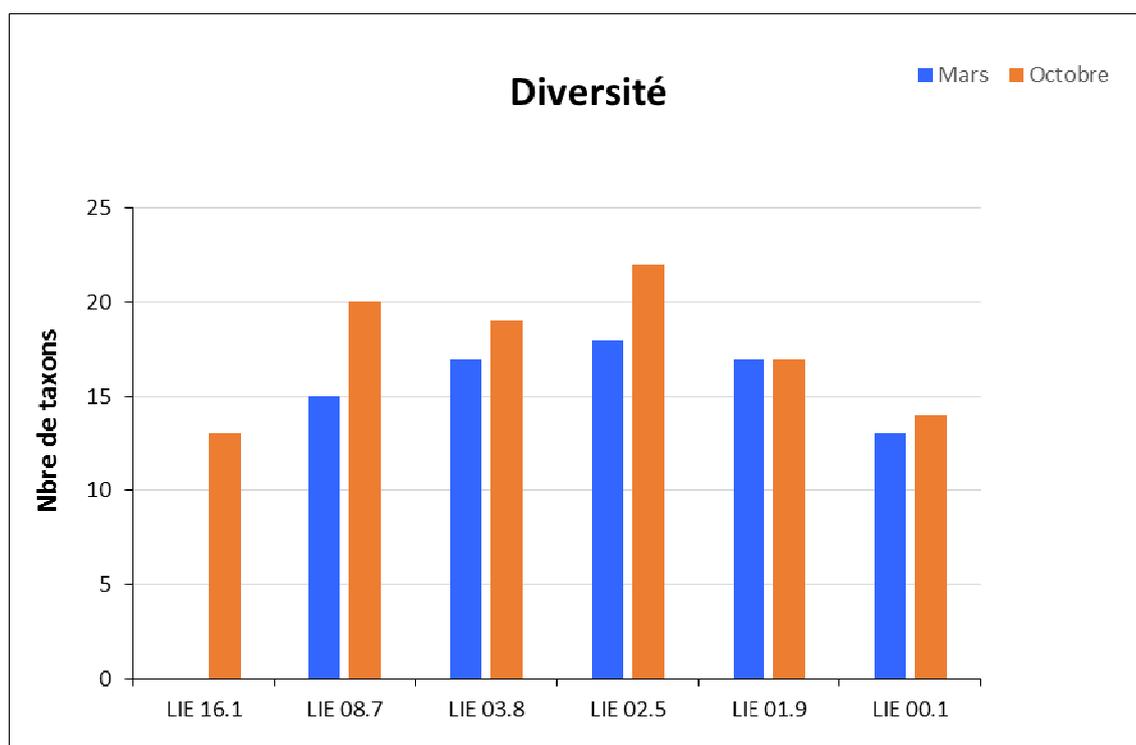
Afin d'intégrer la fréquence habituelle des taxons, la DIREN Rhône-Alpes en France a proposé une échelle d'abondance qui tient compte des **différences naturelles**<sup>3</sup> (Agence de l'Eau, 2000). Le Tableau 19 met en évidence les taxons aux abondances « élevées » et « très élevées » (classes 3 et 4). Deux remarques peuvent être faites :

- Certains taxons sont très abondants dans la plupart des stations : Leuctridae, Baetidae, Chironomidae, Simuliidae.
- D'autres sont très abondants seulement ponctuellement (maximum 3 stations) : Taeniopterygidae, Heptageniidae, Hydraenidae, Athericidae, Empididae, Psychodidae, Planariidae, Nematelminthes.

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

La diversité taxonomique des stations (cf. Tableau 18 et Graphique 23) varie entre 13 (LIE 16.1 en octobre et LIE 00.1 en mars) et 22 (LIE 02.5 en octobre). La **diversité moyenne globale** est de **16.8 taxons** sur les 2 campagnes, et est plus élevée en octobre (17.5) qu'en mars (16). Bien qu'aucune tendance claire de changement dans la diversité des taxons d'amont en aval ne soit mise en évidence sur la Liène, les stations de plus haute et de plus basse altitude présentent la plus faible diversité.

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



Graphique 23 : Diversité de la faune benthique à chaque station dans le bassin versant de la Liène en mars et octobre 2014.

#### • Groupe indicateur (GI)

<sup>3</sup> 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.

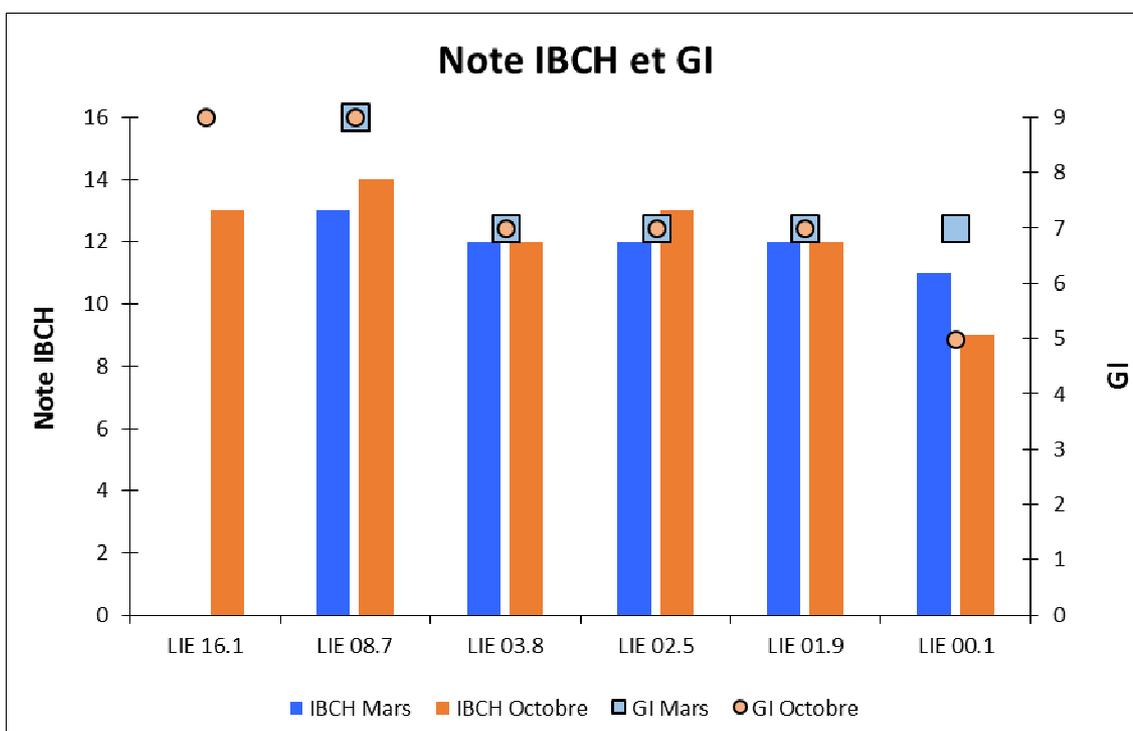
Le groupe indicateur maximal (cf. Tableau 18 et Graphique 24) de 9<sup>4</sup> (Perlodidae et Taeniopterygidae) n'est observé que pour les 2 stations amont. En revanche, les 4 stations plus en aval ne présentent qu'un GI de 7 (Leuctridae), avec la station LIE 00.1 qui ne montre même qu'un modeste GI de 5 en mars.

#### • Note IBCH

Les notes IBCH (cf. Tableau 18 et Graphique 24) varient entre 9 (qualité moyenne ; LIE 00.1 en octobre) et 14 (qualité satisfaisante ; LIE 08.7 en octobre). La **moyenne globale des notes IBCH** est de **12.1**, très proche entre octobre (12.2) et mars (12). Pour une même station, seule LIE 00.1 possède une note IBCH plus élevée en mars qu'en octobre.

Seules les 2 stations amont présentent une qualité satisfaisante aussi bien en mars qu'en octobre, les autres stations ayant obtenu une qualité moyenne dans la majorité de cas. Relevons toutefois la présence d'un taxon parmi les plus sensibles (Perlodidae) à la station LIE 03.8, mais en quantité insuffisante (< 3 individus) pour être retenue comme GI 9.

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



Graphique 24 : Notes IBCH (histogrammes) et GI (symboles) obtenus pour chaque station dans le bassin versant de la Liène en mars et octobre 2014.

<sup>4</sup> Pour qu'un taxon du GI 9 soit retenu, il faut qu'il soit représenté par au moins 3 individus.

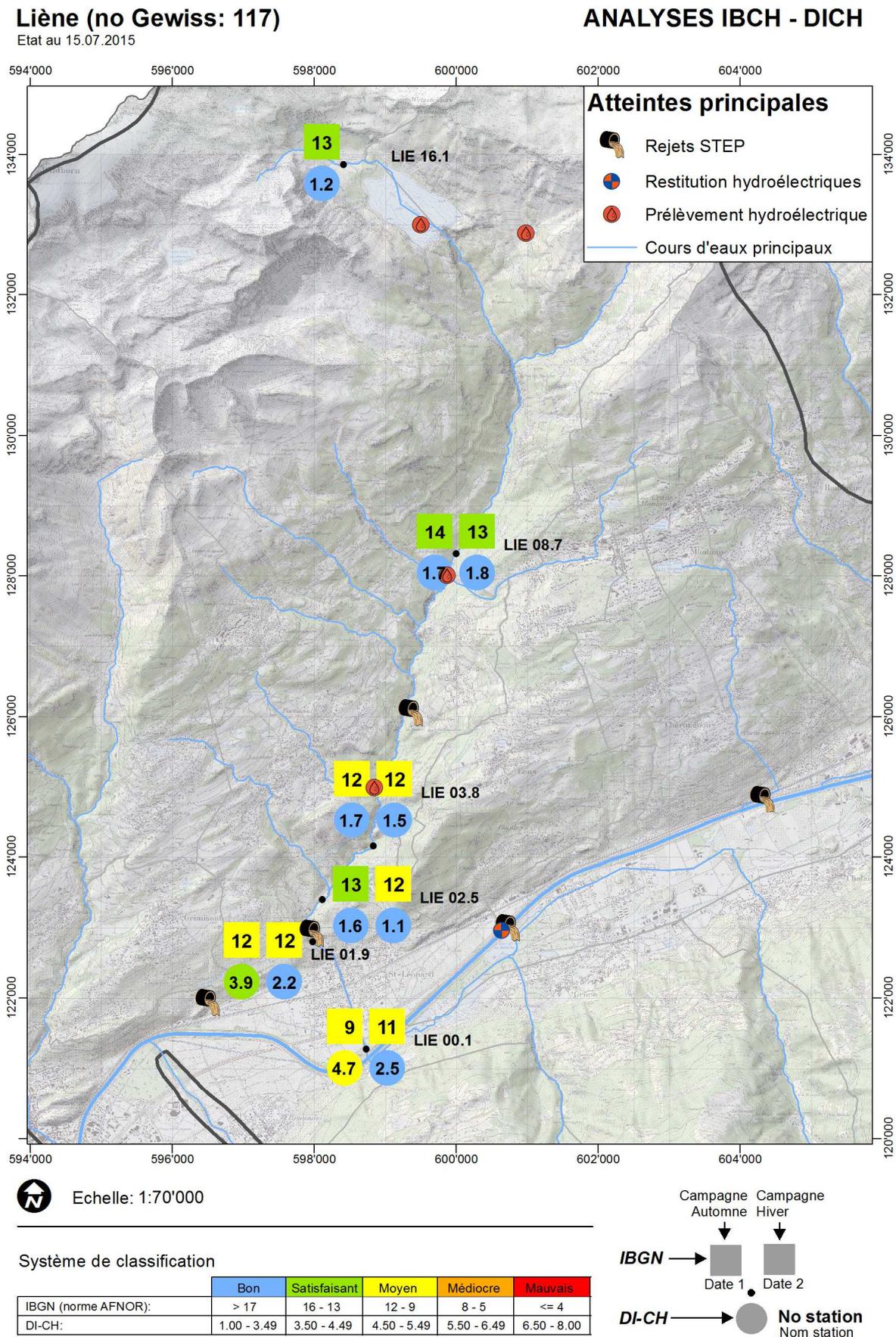


Figure 4 : Résultats des analyses IBCH et indices diatomiques (2014).

## 7. SYNTHÈSE PAR STATION

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

### LIE 16.1 – Amont Zeuzier

La station n'a été visitée qu'en août et octobre ; une seule campagne biologique en octobre 2014.

#### Ecomorphologie :

Naturelle. Erosion des berges et tendance à l'incision.

#### Aspect général :

Aucune dégradation anthropique. Léger ensablement naturel.

#### Hydrologie :

Débit naturel.

#### Physico-chimie et bactériologie :

Très bonne qualité physico-chimique (respect des exigences légales) et bactériologique.

#### Algues macroscopiques :

Légère présence de l'algue jaune doré *Hydrurus foetidus* sur soubassement de *Phormidium* sp. (algue bleue) invisible à l'œil nu.

#### Communauté de diatomées :

Le peuplement a une très faible densité de 0.04 million de cellules/cm<sup>2</sup> et une très faible biomasse de 0.08 g/m<sup>2</sup> corrélées avec un taux de fragmentation élevé de 78.8%. Cela est peut-être lié à l'agitation de l'eau et à la vitesse de 1.02 m/s.

La communauté est dominée par les espèces pionnières *Achnanthydium lineare* (24.7%) et *Achnanthydium minutissimum* (19.1%), mais aussi par l'espèce mieux installée *Fragilaria capucina* var. *austriaca*. Sinon la communauté est bien diversifiée.

Cinq espèces de la liste rouge sont présentes : probablement en danger *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (11.8%) et *Cymbella excisiformis* (0.02%), en régression *Gomphonema lateripuctatum* (0.4%) et *Fragilaria tenera* (0.2%). En plus, 6 taxons méconnus forment le 9% du peuplement. Ces indications montrent que la communauté a une bonne valeur patrimoniale.

Seules 0.4% des valves présente des déformations chez *Diatoma moniliformis* et *Fragilaria capucina* var. *austriaca*.

#### Communautés de macroinvertébrés :

L'abondance de la faune benthique est « modérée » (environ 800 individus). Le peuplement est largement dominé par les Chironomidae (66%). La diversité taxonomique est assez bonne (13 taxons), et la famille des Taeniopterygidae est retenue comme taxon indicateur (GI maximal de 9), avec une note IBCH satisfaisante de 13. Notons la présence d'un Perlodidae, attestant leur présence dans la partie amont.

Cette station représente bien le tronçon amont naturel de la Liène, très minéral et avec des conditions rudes pour les macroinvertébrés, situation typique des rivières et torrents du Valais. Le manque de substrats organiques tels que les litières et les bryophytes et l'altitude limitent naturellement la diversité taxonomique et pèjore ainsi forcément la note IBCH. L'ordre biogénique des substrats, qui sont tous colonisés, est globalement respecté, avec toutefois les vases qui présentent une abondance et une diversité de taxons plus élevée qu'attendue, et un des prélèvements dans les galets dont l'abondance et la diversité s'avère être plus faible qu'attendu.

#### Qualité des eaux indiquée par les algues (diatomées, macroalgues), du milieu par les macroinvertébrés :

Eau d'excellente qualité : DI-CH de 1.25, oligo-mésotrophe (indice trophique de 1.61) et de faible mésosaprobie de classe (I)-II.

La note IBCH indique une bonne qualité du milieu.

#### Objectifs légaux :

Atteints en octobre pour tous les indicateurs (physico-chimie, bactériologie, DI-CH et IBCH).

**LIE 08.7 - Amont Usine Croix**Ecomorphologie :

Naturelle. Tendance à l'érosion des berges en aval de la zone de prélèvement des matériaux.

Aspect général :

Aucune dégradation anthropique. En mars, léger ensablement naturel, toujours observé en octobre.

Hydrologie :

Tronçon à débit résiduel (captage par barrage de Zeuzier) : 21-40% du débit moyen annuel naturel.

Physico-chimie et bactériologie :

Pour les trois campagnes, l'ensemble des paramètres évalués pour la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau sont très bons, bons pour *E. coli* en octobre.

Algues macroscopiques :

Présence modeste en mars de l'algue jaune doré *Hydrurus foetidus* sur soubassement de *Phormidium* sp. (algue bleue) invisible à l'œil nu. En octobre seul subsiste le *Phormidium* sp, mais en taches visibles sur le terrain.

Communautés de diatomées :

En mars, le peuplement a une très faible densité de 0.13 million de cellules/cm<sup>2</sup> et une faible biomasse de 0.33 g/m<sup>2</sup> corrélée avec un taux élevé de fragmentation de 72.4%. Par contre en octobre, le peuplement est plus fourni avec 1.08 million de cellules/cm<sup>2</sup> et une biomasse de 3.5 g/m<sup>2</sup>, malgré un taux de fragmentation relativement élevé de 58.6%.

La communauté de mars est dominée par des espèces pionnières d'*Achnanthydium* très sensibles et sensibles (en tout 44.3%) et par plusieurs espèces très sensibles de *Gomphonema* du groupe des *pumilum* (en tout 32.3%). La communauté est bien diversifiée avec 47 taxa observés (34 dominants et 13 potentiels) et structurellement bien équilibrés (indice de Shannon de 2.76 en ln). En octobre, c'est au contraire un peuplement plus stable qui occupe les galets avec près de 35% de *Gomphonema* du groupe de *pumilum*, 11.2% de *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (deux espèces très sensibles) et 34.3% de l'espèce sensible *Diatoma moniliformis*. Par contre les espèces pionnières ne forment que 9.8%. La biodiversité est normale à cette saison. Ce peuplement indique que les perturbations hydrodynamiques sont moindres en octobre qu'en mars.

Quelques espèces de la liste rouge sont présentes : probablement en danger *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (1.4%), ainsi que *Cymbella excisiformis* (<0.1%), en régression *Gomphonema lateripunctatum* (0.8%) et *Gomphonema occultum* (0.4%). La communauté a une certaine valeur patrimoniale d'autant plus que les espèces peu connues *Achnanthydium minutissimum* var. *jackii* et *A. linearis* sont relativement bien présentes.

En octobre, la bonne valeur patrimoniale du peuplement est surtout représentée par l'espèce en danger *Brachysira neoexilis* (0.02%), les espèces probablement en danger *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (11%), *Cymbella excisiformis* (0.02%), *Cy. laevis* (0.02%), ainsi que les espèces en régression *Gomphonema lateripunctatum* (0.2%) et *Fragilaria tenera* (0.02%). Mais en plus, une bonne abondance (37.3%) d'espèces peu connues est présente.

Aucune forme tératologique n'est présente en mars. Par contre en octobre une proportion étrange de 1.22% de valves déformées est observée, affectant les taxons suivants : *Diatoma problematica*, *D. moniliformis*, *Fragilaria arcus* et *F. capucina* var. *austriaca*. Ce n'est pas la première fois que nous observons de telles proportions en haute montagne. Nous avons évoqué les UV comme cause de malformations, mais il est possible que des émissions naturelles de métaux lourds en soient aussi la cause.

Communautés de macroinvertébrés :

L'abondance de la faune benthique est « bien représentée » en mars (> 1'000 individus), et « faible » en octobre (< 500 individus). En mars, le peuplement est largement dominé par les Leuctridae (36%), suivi des Chironomide (17%), Simuliidae (15%) et Baetidae (14%). En octobre, ce sont les Leuctridae (30%) et les Baetidae (25%) qui dominent. La diversité taxonomique est assez bonne en mars (15 taxons), et bonne en octobre (20 taxons). La famille des Perlodidae est retenue comme taxon indicateur (GI maximal de 9), et la station obtient une note IBCH satisfaisante de 13 en mars et de 14 en octobre.

Qualité des eaux indiquée par les algues (diatomées, macroalgues), du milieu par les macroinvertébrés :

Eaux de très bonne qualité en mars et en octobre : DI-CH = 1.78 et 1.70 et de faible mésosaprobie de classe (I)-II et I-II. En mars le niveau trophique est oligo-mésotrophe (indice trophique de 1.60) et légèrement eutrophe (1.84) en octobre.

La note IBCH indique une bonne qualité du milieu.

Objectifs légaux :

Atteints pour tous les indicateurs (physico-chimie, bactériologie, DI-CH et IBCH).

**LIE 03.8 – Amont usine hydroélectrique Beulet**Ecomorphologie :

Naturelle.

Aspect général :

Aucune dégradation anthropique. Ensablement des substrats provenant probablement des purges ou de la crue artificielle réalisée le 11 juin 2013 et aux fortes précipitations qui ont suivi mi-juin 2013.

Hydrologie :

Tronçon à débit résiduel (captage par barrage de Zeuzier + retenue de Croix + prise de Beulet) : 21-40% du débit moyen annuel naturel. Débit très réduit lors du prélèvement de mars.

Physico-chimie et bactériologie :

Pour les trois campagnes du mandat et celles du SPE menées en parallèle dans le cadre du suivi des phytosanitaires, l'ensemble des paramètres évalués pour la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau sont très bons ou bons.

Produits phytosanitaires et micropolluants

(Stations LIE 03.8 et LIE 03.4 plus en aval ; les résultats interprétés conjointement).

Pour LIE 03.8, parmi les 72 substances analysées, 17 dépassent le seuil de détection (soit 24 %), situation similaire sur LIE 03.4, avec 13 dépassent le seuil de détection (soit 18 %). Mi-avril sur la station plus en amont, deux d'entre eux sont supérieurs au seuil limite fixé par l'OEau : le glyphosate (désherbant non-sélectif commercialisé notamment sous le nom Roundup) et l'AMPA (acide aminométhylphosphonique) qui est le principal produit de dégradation du glyphosate.

Excepté le paramètre nickel sur LIE 03.8 qui dépasse tout juste le seuil de recommandation canadienne pour la qualité des sédiments et de la commission internationale pour la protection du Rhin et qui est dès lors en classe « moyenne », les métaux lourds analysés présentent des concentrations correspondant à une « bonne » ou « très bonne » qualité selon les recommandations de l'Agences de l'eau en France.

Les analyses des HAP ne révèlent aucun dépassement de norme.

Algues macroscopiques :

Présence moyenne en mars de l'algue jaune doré *Hydrurus foetidus* et modeste de l'algue rouge *Bangia atropurpurea* sur soubassement de *Phormidium* sp. (algue bleue) invisible à l'oeil nu. En octobre, l'algue bleue a disparu au profit d'un fort développement de l'algue rouge et de l'apparition de l'algue verte *Cladophora glomerata*, signe d'une augmentation de niveau trophique.

Communautés de diatomées :

En mars le peuplement a une faible densité de 0.5 cellules/cm<sup>2</sup> et faible biomasse de 0.49 g/m<sup>2</sup>. En octobre, la densité en encore plus faible (0.32 cellules/cm<sup>2</sup>), mais avec une biomasse plus importante à cause de la présence d'espèce de plus grande taille.

En mars, la communauté est largement dominée par les espèces pionnières sensibles *Achnanthydium pyrenaicum* (47.2%) et *A. minutissimum* (30.6%). De ce fait la biodiversité structurelle est un peu faible (indice de Shannon [ln] de 1.45). La biodiversité floristique est aussi très faible (10 taxa dominants), par contre, la flore potentielle est bien représentée avec 28 taxa. Cette communauté banale est typique d'un tronçon qui a subi des perturbations et qui est en train d'être colonisé à nouveau par les diatomées. En octobre, parmi les colonisatrice, seule *A. minutissimum* domine avec 40.7% de la biomasse. Par contre, la communauté contient une proportion peu habituelle de *Cocconeis placentula* var *euglypta* (12.6%) qui vit électivement comme épiphyte sur les algues macroscopiques, qui se sont développées probablement

après les perturbations de fin d'hiver. La biodiversité est nettement plus élevée avec 32 taxons dominants. Les abondances des espèces pionnières sont élevées, respectivement de 94.7% et 71.8%.

En mars, à part les 7.1% d'*Achnanthydium lineare* (dont on ne connaît pas encore le degré de raréfaction) et quelques valves de l'espèce en régression *Gomphonema tergestinum*, cette communauté ne présente pas de valeur patrimoniale particulière. En octobre par contre la valeur patrimoniale est meilleure car, outre le 9.4% d'*Achnanthydium lineare*, le 7.2% d'*A. minutissimum var jackii* et le 6.2% de *Gomphonema du groupe pumilum* (taxons dont on ne connaît pas le degré de raréfaction), plusieurs espèces de la liste rouge sont présentes : *Cymbella excisiformis* et *Fragilaria capucina var austriaca* (en danger), ainsi qu'*Achnanthydium subatomus* et *Psammothidium bioretti* (en régression).

Hors comptage, quelques valves déformées d'*Achnanthydium pyrenaicum* et de *Gomphonema olivaceum* ont été observés en mars, mais le taux total < 0.2% est négligeable. Il faut noter tout de même que c'est en début d'année, que des taux de résidus d'herbicides excessifs (glyphosate et AMPA) ont été mesurés à cette station. Ces formes tératologiques ont disparu en octobre parallèlement à la diminution des résidus phytosanitaires et micropolluants.

#### Communautés de macroinvertébrés :

L'abondance de la faune benthique est « assez élevée » en mars et en octobre (environ 2'400 individus). En mars, le peuplement est largement dominé par les Chironomidae (39%), suivi des Baetidae (23%) et des Leuctridae (21%). En octobre, ce sont les Simuliidae (27%), les Leuctridae (26%), les Chironomidae (24%) et les Baetidae (16%) qui dominent. La diversité taxonomique est bonne en mars (17 taxon) et en octobre (19 taxons). La famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI de 7), et la station obtient une note IBCH **moyenne** de 12 en mars et en octobre.

La diversité taxonomique est similaire à la station directement en amont, avec la disparition ou la quasi disparition de certains taxons plus sensibles (Taeniopterygidae, Perlodidae) et l'apparition de taxons moins exigeants et plus fréquents en basse altitude (Hydropsychidae, Sericostomatidae). L'abondance plus élevée de faune benthique par rapport aux stations amont, ainsi qu'un plus grand nombre d'Oligochètes et les Planaires, suggère une eau plus chargée en nutriments qu'à l'amont. La raréfaction des taxons plus sensible indique une atteinte au milieu, à mettre en relation avec la réduction du débit et l'apport de la STEP d'Icogne. L'ordre biogénique des substrats, qui sont tous colonisés, est globalement respecté, avec toutefois les graviers et les sables qui montrent une moindre diversité en mars.

#### Qualité des eaux indiquée par les algues (diatomées, macroalgues), du milieu par les macroinvertébrés :

Eaux de très bonne qualité toute l'année : DI-CH = 1.52 et 1.72, oligo-mésotrophe (indice trophique de 1.57 et 1.58) et de faible mésosaprobie de classe (I)-II en mars, mais légèrement plus chargée (classe II) en octobre. Ainsi, les rejets de la STEP d'Icogne ne semblent pas se marquer en mars. Par contre l'augmentation de niveau saprobique relevée en octobre pourrait en être la marque, comme les excès de phosphore total d'origine naturelle car en lien avec les MES mesurés à cette station (SPE 2014).

La note IBCH en classe moyenne et la quasi absence des taxons les plus sensibles indiquent une atteinte au milieu, à mettre en relation avec l'impact des installations hydroélectriques (réduction du débit) et/ou celui des rejets de la STEP d'Icogne.

#### Objectifs légaux :

Atteints du point de vue de la physico-chimie, de la bactériologie et du DI-CH, mais pas avec l'IBCH, ni les phytosanitaires.

#### Mesure d'amélioration et de gestion :

Octroi d'un débit minimal prévu en aval du bassin de Croix (assainissement selon LEaux art. 80) et/ou amélioration du rendement de la STEP d'Icogne.

### **LIE 02.5 – Amont STEP Ayent**

#### Ecomorphologie :

Quasi naturelle avec seulement quelques enrochements en RD.

#### Aspect général :

Aucune dégradation anthropique, sauf présence de déchets isolés (emballages et sacs à ordures). En mars, un léger ensablement naturel est observé ; durant les prélèvements, des panaches de MES noirs (sables limoneux de schistes) troublent fortement l'eau, qui sont liés aux travaux réalisés en amont (machines travaillant sur les berges et dans le lit de la rivière). En octobre, ces nuisances ont disparu.

#### Hydrologie :

Tronçon à débit résiduel (captage par barrage de Zeuzier + retenue de Croix) : 21-40% du débit moyen annuel naturel.

#### Physico-chimie et bactériologie :

Pour les trois campagnes du mandat et celles du SPE menées en parallèle dans le cadre du suivi des phytosanitaires, l'ensemble des paramètres évalués pour la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau sont très bons ou bons.

#### Produits phytosanitaires et micropolluants

(Station LIE 02.4 100 m en aval de LIE 02.5, mais situation identique ; les résultats sont représentatifs).

Parmi les 72 substances analysées, 15 dépassent le seuil de détection (soit 21 %). Fin mai, deux d'entre eux sont supérieurs au seuil limite fixé par l'OEaux : le glyphosate (herbicide non sélectif, commercialisé notamment sous le nom Roundup qui dépasse largement le seuil fixé par l'OEaux ainsi que l'AMPA, produit de dégradation du glyphosate.

Excepté le paramètre nickel qui dépasse tout juste le seuil de recommandation canadienne pour la qualité des sédiments et de la commission internationale pour la protection du Rhin et qui est dès lors en classe « moyenne », les métaux lourds analysés présentent des concentrations correspondant à une « bonne » ou « très bonne » qualité selon les recommandations de l'Agences de l'eau en France.

Les analyses des HAP ne révèlent aucun dépassement de norme.

#### Algues macroscopiques :

Présence modeste aux deux saisons de l'algue verte *Cladophora glomerata* et de l'algue rouge *Bangia atropurpurea*. Le soubassement de *Phormidium* sp. (algue bleue) invisible à l'œil nu observé en mars a disparu en octobre.

#### Communautés de diatomées :

De faibles densités de 0.2 et 0.12 million de cellules/cm<sup>2</sup> ont été trouvées respectivement en mars et en octobre, correspondant à de faibles biomasses de 0.27 et 0.35 g/m<sup>2</sup>.

En mars la communauté est largement dominée par les espèces pionnières de petite taille, très sensibles ou sensibles *Achnanthydium lineare* (51.4%), *A. pyrenaicum* (15.4%) et *A. minutissimum* (13.4%). De ce fait la biodiversité structurelle est un peu faible (indice de Shannon [ln] de 1.81). Par contre la biodiversité spécifique est normale avec 26 taxons dominants et 21 taxons potentiels. En octobre, seules *Achnanthydium lineare* (13.7%) et *A. minutissimum* (47.8%) dominent. La biodiversité est plus élevée (indice de Shannon de 2.06, 30 taxons dominants et 20 potentiels. Les abondances des espèces pionnières sont élevées, respectivement de 88.4% et 76.5%.

Au point de vue patrimonial, la communauté de mars a une certaine valeur : fort développement de l'espèce très sensible *Achnanthydium lineare* (mais dont on ne connaît pas encore le degré de raréfaction) et une espèce en régression : *Navicula splendicula* (0.4%). En octobre, ces deux espèces sont aussi présentes, mais la valeur patrimoniale semble un peu moindre à cause de la régression d'*Achnanthydium lineare* (13.7%). Par contre les espèces suivantes sont présentes : probablement en danger *Cymbella excisiformis* (0.02%), *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (0.2%), *Gomphonema tergestinum* (0.02%), en régression *Achnanthydium subatomus* (1.6%), *Gomphonema occultum* (0.6%) et *G. sarcophagus* (0.02%).

Le taux de 1.6% de formes tératologiques trouvé en mars provient de déformations uniquement trouvées chez *Achnanthydium lineare*. Ce phénomène est sans doute lié à la promiscuité à l'intérieur du peuplement de cette espèce colonisatrice en plein développement. En octobre, un taux non significatif de déformation a été trouvé chez *Achnanthydium minutissimum* et chez *Fragilaria capucina* var. *austriaca*. Il se peut tout de même, que ces déformations soient liées aux dépassements mesurés (SPE 2014) des résidus d'herbicides (glyphosate et AMPA).

#### Communautés de macroinvertébrés :

L'abondance de la faune benthique est « assez élevée » en mars (environ 2'000 individus) et « bien représentée » en octobre (environ 1'200 individus). En mars, le peuplement est largement dominé par les Leuctridae (64%), qui prolifèrent à cette station (> 1'000 individus), suivi des Baetidæ (23%). En octobre, ce sont les Beatidæ (39%) qui dominent largement. La diversité taxonomique est bonne en mars (18 taxons) et très bonne en octobre (22 taxons, la plus grande diversité observée sur l'ensemble des sta-

tions, toute campagne confondue). La famille des Leucetridae est retenue comme taxon indicateur (GI de 7) ; la station obtient une note IBCH moyenne de 12 en mars et satisfaisante de 13 en octobre.

La composition taxonomique est similaire à la station directement en amont, avec un pic de diversité taxonomique en octobre, qui s'explique par l'apparition de taxons faiblement représentés, présents le plus souvent dans les litières, tels que les Hydroptilidae, Elmidae, Hydraenidae, et Hydracariens. L'absence des taxons les plus sensibles indique une atteinte au milieu, à mettre en relation avec les rejets de la STEP d'Icogne et la présence de produits phytosanitaires. L'ordre biogénique des substrats, qui sont tous colonisés, est globalement respecté en mars, avec toutefois les plus petites granulométries (graviers, vases, sables) nettement moins colonisées que les autres en termes d'abondance et de diversité, et en octobre un pic d'abondance et de diversité dans les litières.

Qualité des eaux indiquée par les algues (diatomées, macroalgues), du milieu par les macroinvertébrés :

Eau de très bonne voire excellente qualité : DI-CH = respectivement 1.13 et 1.62, eau oligo-mésotrophe (indice trophique de 1.60 et 1.63) et oligo à  $\beta$ -mésosaprobe de classe I-II à II.

La note IBCH moyenne à satisfaisante, et l'absence des taxons les plus sensibles indiquent une atteinte au milieu, à mettre en relation avec l'impact des installations hydroélectriques (réduction du débit) et/ou celui des rejets de la STEP d'Icogne.

Objectifs légaux :

Atteints du point de vue de la physico-chimie, de la bactériologie et du DI-CH, mais pas de l'IBCH en mars. Présence de produits phytosanitaires (herbicides) dépassant les exigences de l'OEaux.

Mesure d'amélioration et de gestion :

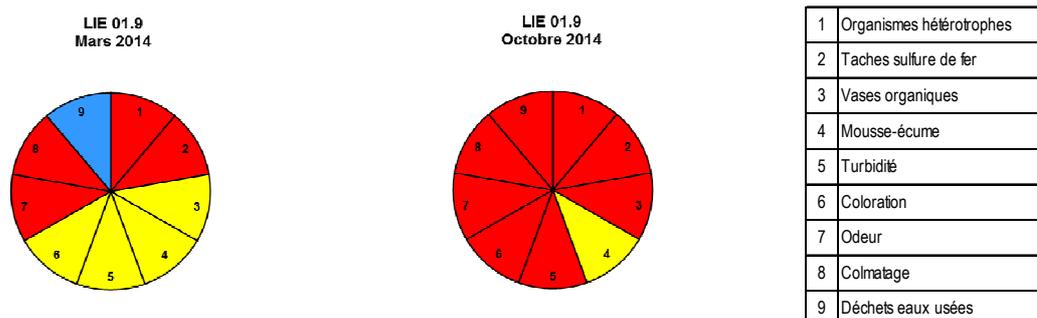
Octroi d'un débit minimal prévu en aval du bassin de Croix (assainissement selon LEaux art. 80) et/ou amélioration du rendement de la STEP d'Icogne. Réduction de la présence des herbicides apportés par le vignoble.

#### LIE 01.9 – Patinoire St-Léonard (aval rejet STEP Ayent)

Ecomorphologie :

Berge enrochées en RD et RG.

Aspect général :



Graphique 25 : Aspect général en aval du rejet de la STEP d'Ayent, en mars et octobre 2014.

En mars, une atteinte par les rejets de la STEP d'Ayent est largement observée : colonies d'organismes hétérotrophes, plus de 25% de taches de sulfure de fer sous les pierres, présence d'écume (mousse) stable, eau de couleur grise brune et un peu trouble par intermittence (en fonction des émissions de la STEP), forte odeur d'eaux usées, colmatage causé par des dépôts de vases. De plus, des déchets abandonnés ont été trouvés de manière isolée (emballages).

En octobre, les dégradations liées au rejet de la STEP d'Ayent sont encore plus marquées ; outre les paramètres relevés en mars, on relève les points suivants : abondantes colonies d'organismes hétérotrophes, forte turbidité, très nombreux déchets d'égouts (papier WC, articles hygiéniques). Au microscope, dans l'échantillon d'épilhithon, de nombreux nématodes (vers ronds) et de vorticelles (protozoaire cilié) ont

été observés. Ces organismes sont typiques du floc épuratoire ; ils devraient rester confinés à la STEP. Des déchets abandonnés en quantité moyenne (métaux, carton, verre) ont à nouveau été trouvés.

#### Hydrologie :

Tronçon à débit résiduel (captage par barrage de Zeuzier + retenue de Croix) : 21-40% du débit moyen annuel naturel.

#### Physico-chimie et bactériologie :

Sur cette station, située en aval de la STEP d'Ayent, de nombreux dépassements ont été observés. Les concentrations en PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub> et NO<sub>2</sub> dépassent les exigences légales, tant en mars qu'en août ou surtout en octobre. La qualité de l'eau est souvent mauvaise sur cette station. Les résultats du SPE obtenus dans le cadre du suivi phytosanitaires confirment cette dégradation de la qualité des eaux.

La bactériologie confirme ces résultats, avec des quantités de germes totaux classant la station en qualité moyennes en mars et août, et mauvaise en octobre. Les dénombrements d'*E. coli* et d'entérocoques montrent des résultats médiocres pour les trois campagnes.

#### Produits phytosanitaires et micropolluants

Parmi les 72 substances analysées, 17 dépassent le seuil de détection (soit 24 %). Deux d'entre eux sont régulièrement supérieurs au seuil limite fixé par l'OEaux : l'herbicide glyphosate et son sous-produit AMPA présentent des concentrations supérieures au seuil fixé par l'OEaux. Le linuron, un autre herbicide, et le diazinon, un insecticide, dépassent le seuil fixé par l'OEaux fin mai.

Parmi les métaux lourds analysés, plusieurs montrent des concentrations classant la station en qualité « moyenne » selon les recommandations de l'Agences de l'eau en France, le cuivre, le nickel (plus forte concentration enregistrée sur l'ensemble des stations et des campagnes), le zinc, le cadmium et le mercure, voire « mauvaise » pour le nickel, selon les recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments et de la commission internationale pour la protection du Rhin.

Les analyses des HAP ne révèlent aucun dépassement de norme.

#### Algues macroscopiques :

Présence modeste en mars des algues vertes *Microspora amonea* et *Cladophora glomerata*, ainsi que de l'algue rouge *Bangia atropurpurea* sur soubassement de *Phormidium* sp. (algue bleue) invisible à l'œil nu. En octobre, il ne subsiste de ces 4 espèces que *Cladophora glomerata*, mais l'algue verte très résistante *Stigeoclonium* sp., a été relevée au microscope.

#### Communautés de diatomées :

Aux deux saisons de faibles densités respectivement de 0.17 et 0.24 million de cellules/cm<sup>2</sup> correspondant à de faibles biomasses de 0.32 et 1.45 g/m<sup>2</sup> ont été trouvées. Elles sont corrélées avec des taux de fragmentation élevés de 69.3% et 80.7%.

En mars la communauté est dominée par les espèces colonisatrices, de petite taille, très sensibles ou sensibles *Achnanthydium lineare* (13.3%) et *A. minutissimum* (32.8%), mais comporte plusieurs espèces typiques de conditions hydrologiques plus stables comme *Encyonema minutum* (5.4%) et plus résistantes à la pollution comme *Gomphonema olivaceum* (4.4%), *Mayamea atomus* (2 variétés, 4.0%) et *Fistulifera saprophila* (9.1%). La communauté est très diversifiée avec 45 taxons dominants et une bonne biodiversité structurale (indice de Shannon de 2.69 en log. naturels). En octobre, parmi les pionnières seule *A. minutissimum* domine encore (43.4%), mais avec l'épiphyte à large spectre *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (18.9%). Sinon les taxons très résistants *Mayamea atomus* (5.5%) et *Fistulifera saprophila* (9.6%) sont à peine mieux représentés. La biodiversité est normale mais un peu plus faible qu'en mars. La présence de *Cocconeis* en si grand nombre est liée au développement de l'algue verte filamenteuse *Cladophora glomerata*.

A part le 13.3% de l'espèce très sensible *Achnanthydium lineare* (mais dont on ne connaît pas encore le degré de raréfaction) et 0.2% de *Gomphonema tergestinum*, aucune autre espèce de la liste rouge n'est présente en mars. En octobre ces deux espèces sont aussi présentes avec de faibles abondances, à côté de l'espèce probablement en danger *Fragilaria capucina* var. *austriaca* et des deux taxons en régression *Navicula splendidula* et *Orthoseira roseana* (0.02% chacune). Ainsi aux deux saisons, la valeur patrimoniale des communautés est plus faible qu'en amont.

En mars le 0.4% de formes tératologiques affecte l'espèce assez résistante *Nitzschia fonticola*, ce qui laisse présumer d'une certaine toxicité des eaux. En octobre, le 0.4% affecte *Achnanthydium minutissi-*

*rum* qui présente souvent de telles déformations. Il est possible que ces monstruosité soient liées aux dépassements mesurés (SPE 2014) de certains herbicides comme le glyphosate et le linuron.

#### Communautés de macroinvertébrés :

L'abondance de la faune benthique montre des proliférations aussi bien en mars (> 20'000 individus), qu'en octobre (> 5'000 individus), dues principalement aux Oligochètes (20'000 individus en mars, 89% du peuplement ; près de 3'000 en octobre, 57% du peuplement), mais également aux Baetidae en mars (> 1'300 individus) et Chironomidae en octobre (> 1'400 individus, 27% du peuplement). Ces proliférations, en particulier celle des Oligochètes en mars, indiquent un déséquilibre important sur cette station. La diversité taxonomique est par contre bonne (17 taxons). La famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI de 7), et la station obtient une note IBCH moyenne de 12, en mars comme en octobre.

L'absence des taxons les plus sensibles ainsi que les proliférations observées indiquent une atteinte au milieu due aux rejets de la STEP d'Ayent insuffisamment dilués et aux déversements en octobre. L'ordre biogénique des substrats, qui sont tous colonisés, n'est pas toujours respecté, avec une prolifération des Oligochètes dans tous les substrats en mars, mais seulement dans les sables en octobre, où un pic de diversité est observé. Relevons finalement que malgré les fortes atteintes observées sur cette station, la composition du peuplement est globalement similaire à celle de la station directement en amont.

#### Qualité des eaux indiquée par les algues (diatomées, macroalgues), du milieu par les macroinvertébrés :

Malgré les signes de dégradation observés sur le terrain, l'eau paraît de bonne qualité aux deux saisons (DI-CH respectivement de 2.23 et 3.87),  $\beta$ -mésosaprobe de classe II, mais eutrophe (indice trophique respectivement de 1.97 et 2.22). Les diagnostics sont peut-être trop optimistes vu les dépassements mesurés en orthophosphates et en ammonium (SPE 2014).

De même, compte tenu des problèmes engendrés par les rejets de STEP d'Ayent et les déversements d'eaux usées, seule la présence d'impressionnantes proliférations souligne une atteinte importante au milieu. La note IBCH n'est pas aussi alarmante que cela aurait pu être supposé, mais il est fort probable que le milieu n'avait pas encore réagi aux déversements d'octobre.

#### Objectifs légaux :

Paraissent atteints aux 2 saisons du point de vue du DI-CH, de l'indice trophique et du niveau saprobique, malgré l'aspect général très dégradé, mais les résultats des analyses sont probablement trop optimistes.

Non atteints du point de vue de la physico-chimie, de la bactériologie et de l'IBCH.

#### Mesure d'amélioration et de gestion :

Octroi d'un débit minimal (assainissement selon LEaux art. 80).

- 1) A court terme, surveiller le fonctionnement de la STEP d'Ayent et mettre en œuvre toutes les mesures correctives nécessaires pour optimiser son rendement et garantir le respect des objectifs de qualité du milieu récepteur ;
- 2) A plus long terme, trouver une solution pour déplacer le traitement des eaux et éviter des rejets dans la Liène, dont la capacité de dilution n'est pas suffisante ;
- 3) Mettre en œuvre un plan d'action avec le service cantonal de l'agriculture pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires (herbicides) dans le vignoble.

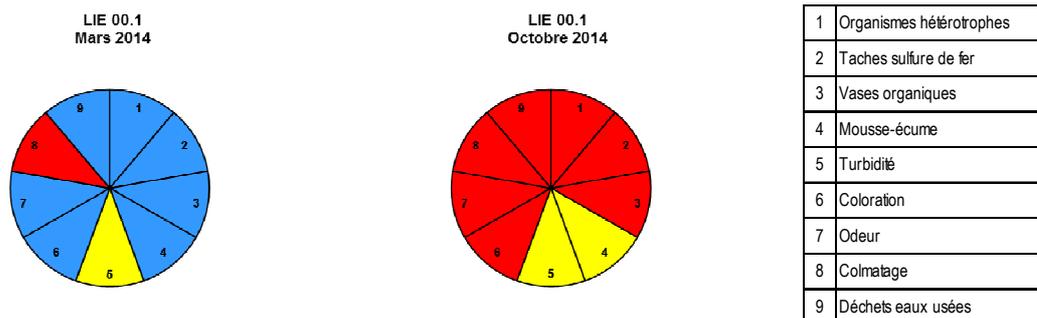
### **LIE 00.1 – St-Léonard aval**

#### Ecomorphologie :

Etat très atteint. Lit coulant entre un mur en RG et une RD stabilisée.

#### Aspect général :

En mars, les seules nuisances observées sont une légère turbidité temporaire de l'eau et un fort colmatage des substrats. Par contre en octobre, des colonies d'organismes hétérotrophes abondantes, plus de 25% de taches de sulfure de fer sous les pierres, une forte quantité de vase organique qui colmate les fonds, un peu d'écume (mousse) stable, une forte turbidité et une coloration de l'eau, une forte odeur d'épuration, beaucoup de déchets d'égouts (papier WC, articles hygiéniques) ont été observés. Au microscope, l'échantillon est envahi de fibres de cellulose et de sclérites qui proviennent de la décomposition du papier WC.



Graphique 26 : Aspect général en amont de la confluence au Rhône, en mars et octobre 2014.

#### Hydrologie :

Tronçon à débit résiduel (captage par barrage de Zeuzier + retenue de Croix) : 21-40% du débit moyen annuel naturel.

#### Physico-chimie et bactériologie :

Quelques 2 km plus en aval du rejet de la STEP d'Ayent, les atteintes sont encore bien visibles. Les concentrations en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  et  $\text{PO}_4$  révèlent une qualité médiocre à mauvaise.

La bactériologie montre des résultats très similaires à la station située directement en amont, classée en qualité moyenne à mauvaise pour toutes les campagnes.

#### Algues macroscopiques :

Présence modeste en mars de l'algue verte *Cladophora glomerata* et de l'algue rouge *Bangia atropurpurea* sur soubassement de *Microspora amonea* et *Ulothrix tenuissima* (algues vertes), ainsi que de *Phormidium* sp. (algue bleue), invisibles à l'œil nu. En octobre toutes les algues filamenteuses ont disparues et ont été remplacées par des micro-organismes hétérotrophes.

#### Communautés de diatomées :

De fortes densités sont observées aux 2 saisons, respectivement 10.06 puis 5.08 millions de cellules/cm<sup>2</sup>, et des biomasses de 11.48 puis 6.09 g/m<sup>2</sup> malgré un taux de fragmentation élevé de 51.9 puis 71.4%.

En mars la communauté est dominée par les espèces colonisatrices, de petite taille, très sensibles ou sensibles *Achnanthydium lineare* (9.6%) et *A. minutissimum* (35.8%), mais aussi par l'espèce sensible *Encyonema minutum* (20.1%), qui montre que le peuplement a une relative stabilité. En plus, les deux espèces très résistantes *Mayamea atomus var permitis* (9.6%) et *Fistulifera saprophila* (11.9%) sont aussi bien représentées, même de façon plus nette qu'à l'aval de la STEP. L'assemblage est un peu spécialisé : 15 espèces dominantes et un indice de Shannon de 1.96 en log. naturels. En octobre, si les espèces sensibles sont encore bien présentes (*A. minutissimum*, 29.1% et *Encyonema minutum*, 8.0%), la pionnière plus résistante *Amphora pediculus* a pris le dessus (12.9%), ainsi que les très tolérantes *Mayamea atomus var permitis* (24.7%) et *Fistulifera saprophila* (9.6%). La biodiversité est plus élevée cependant.

A part le 9.6% de l'espèce très sensible *Achnanthydium lineare* (mais dont on ne connaît pas encore le degré de raréfaction) et l'espèce en régression *Gomphonema exilissimum* (0.02%), aucune autre espèce de la liste rouge n'est présente. La valeur patrimoniale du peuplement est faible. Les espèces patrimoniales ont régressé fortement en octobre. Ne subsistent que l'espèce en danger *Encyonema vulgare* (0.2%), les espèces probablement en danger *Gomphonema tergestinum* (0.6%) et *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (0.02%), à côté de quelques valves d'espèces très sensibles dont on ne connaît pas la répartition (0.6%)

Le 0.2% de formes tératologiques de mars affecte l'espèce assez résistante *Nitzschia fonticola*, ce qui laisse présumer d'une certaine toxicité des eaux. Tandis qu'en octobre, seul 0.02% d'*Achnanthydium minutissimum* n'est affecté.

### Communautés de macroinvertébrés :

L'abondance très élevée de la faune benthique correspond à une prolifération en mars (environ 13'000 individus) et à une quasi prolifération en octobre (environ 4'600 individus), dues principalement en mars aux Oligochètes (> 11'000 individus ; 88% du peuplement) et aux Baetidae (proches d'une prolifération avec près de 1'000 individus), et en octobre aux Chironomidae (> 3'000 individus ; 66% du peuplement) et aux Simuliidae (> 1'000 individus ; 23% du peuplement). Ces proliférations, en particulier celle des Oligochètes en mars, indiquent un déséquilibre important sur cette station. La diversité taxonomique est assez bonne (13 taxons en mars, 14 en octobre). En mars, la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI de 7) ; la station obtient une note IBCH moyenne de 11. En octobre, la famille des Hydroptilidae est retenue comme taxon indicateur (GI de 5), et la station obtient une note IBCH moyenne de 9.

L'absence des taxons les plus sensibles ainsi que les proliférations observées indiquent une atteinte au milieu due aux rejets de la STEP d'Ayent insuffisamment dilués et aux déversements en octobre. La baisse de la note IBCH entre mars et octobre est due au fait que seuls 2 Leuctridae ont été comptabilisés en octobre, nombre insuffisant pour être retenus comme GI 7. La diversité taxonomique légèrement plus faible qu'à la station directement en amont s'explique soit par la morphologie plus dégradée sur cette station, ou à l'autoépuration très active de la charge organique. L'ordre biogénique des substrats, qui sont tous colonisés, n'est globalement pas respecté, avec des proliférations qui touchent seulement certains substrats, et un pic de diversité dans les sables en mars.

### Qualité des eaux indiquée par les algues (diatomées, macroalgues), du milieu par les macroinvertébrés :

En mars, l'eau paraît de très bonne qualité (DI-CH de 2.53), malgré les fortes proportions de diatomées très tolérantes. L'eau est eutrophe (indice trophique de 1.88) et  $\beta$ -mésosaprobe de classe II. Les algues macroscopiques principales indiquent aussi une eau eutrophe. En octobre, l'eau est de qualité moyenne avec une valeur de DI-CH de 4.68, est eu.- à polytrophe (indice de 2.44) et  $\beta$  à  $\alpha$ -mésosaprobe de classe II-III. La dégradation se marque aussi par la disparition complète des algues filamenteuses. Malgré l'état très dégradé du cours d'eau, nettement visible sur le terrain, la présence de certaines espèces sensibles comme *Achnanthydium minutissimum* et *Encyonema minutum*, font croire que les effluents de la STEP d'Ayent (qui dysfonctionnait) sont relativement dilués en période fonctionnement normal. Les diagnostics semblent trop optimistes.

De même, compte tenu des problèmes engendrés par les rejets de STEP d'Ayent et les déversements d'eaux usées, seules la présence d'impressionnantes proliférations et une légère baisse de la note IBCH soulignent une atteinte au milieu. La note IBCH n'est pas aussi alarmante que cela aurait pu être supposé, mais il est probable que le milieu n'avait pas encore totalement réagi aux déversements d'octobre.

### Objectifs légaux :

Paraissent atteints en mars point de vue du DI-CH, de l'indice trophique et du niveau saprobique malgré l'aspect général très dégradé. En octobre les objectifs écologiques ne sont pas atteints au point de vue des trois indices. Les résultats des analyses sont même probablement trop optimistes.

Non atteints du point de vue de la physico-chimie, de la bactériologie et de l'IBCH.

### Mesure d'amélioration et de gestion :

Octroi d'un débit résiduel plus important, prévu en aval du bassin de Croix.

- 4) A court terme, surveiller le fonctionnement de la STEP d'Ayent et mettre en œuvre toutes les mesures correctives nécessaires pour optimiser son rendement et garantir le respect des objectifs de qualité du milieu récepteur.
- 5) A plus long terme, trouver une solution pour déplacer le traitement des eaux et éviter des rejets dans la Liène, dont la capacité de dilution n'est pas suffisante.
- 6) Mettre en œuvre un plan d'action avec le service cantonal de l'agriculture pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires (herbicides) dans le vignoble.

## Conclusion

Les indicateurs physico-chimiques et bactériologiques montrent que les objectifs de qualité des eaux lé-gaux (OEaux et SMG) sont toujours atteints pour les 4 stations amont. En revanche, ils sont le plus sou-vent non atteints pour les 2 stations aval. Plusieurs éléments de l'aspect général (présence d'organismes hétérotrophes, taches de sulfures de fer, nombreux flocons de papier WC et articles hygiéniques) relevés sur le terrain sur ces 2 stations confirment ce résultat. Ce constat démontre clairement le mauvais fonc-tionnement de la STEP d'Ayent.

Pour les phytosanitaires, le nombre de dépassements de la norme fixée par l'OEaux ( $\geq 0.1 \mu\text{g/l}$ ) augmente d'amont en aval. S'il est au maximum de 2 (glyphosate et AMPA) sur les stations amont, il atteint 7 en aval du rejet de la STEP d'Ayent. Ces produits proviennent des zones viticoles, mais peuvent également être amené par les effluents de la STEP d'Ayent (station de récupération des eaux de lavage des bossettes dont les résidus sont passés sur charbon actifs et renvoyés en tête de la STEP d'Ayent).

Les résultats des indicateurs biologiques vont dans le même sens, bien que la transition entre une bonne qualité pour les 4 stations amont et la mise en évidence d'une forte dégradation sur les 2 stations aval soit moins flagrante.

Au niveau de l'IBCH, les taxons les plus sensibles (Chloroperlidae, Perlodidae) disparaissent en aval de LIE 08.7, suggérant un impact sans doute conjoint de la réduction de débit et de l'impact des rejets de la STEP d'Icogne. Cette hypothèse est renforcée par les observations faites sur les algues : sur LIE 03.8, en octobre, un fort développement d'algue rouge et l'apparition de l'algue verte *Cladophora glomerata*, sont signes d'une augmentation du niveau trophique, ainsi que sur les diatomées (sur cette même station LIE 03.8, la communauté banale est typique d'un tronçon qui a subi des perturbations et qui est en train d'être colonisé à nouveau).

En aval des rejets de la STEP, se sont essentiellement les proliférations de Chironomidae, mais surtout d'Oligochètes qui révèle l'atteinte. Les notes IBCH restent en classe « moyenne », avec toutefois une baisse de la note en octobre (Leuctridae en nombre insuffisant pour être retenus en tant que taxon indica-teur). Les notes obtenues avec les diatomées sous estiment également les dégradations. De manière gé-nérale, il est probable que le milieu n'avait pas encore totalement réagit aux déversements d'octobre (laps de temps insuffisant).

Octroi d'un débit minimum, réduction des lessivages des produits phytosanitaires (herbicides) et améliora-tion/surveillance du fonctionnement des STEP sont les mesures à mettre en place pour améliorer la quali-té biologique et physico-chimique de la Liène aval.

## 8. CONFRONTATION DE L'ENSEMBLE DES RESULTATS

|              | Période / station           | Physico-chimie<br>(paramètres déclassant:<br>NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ,<br>PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | Bactériologie<br>(paramètres déclassant:<br>germes totaux,<br>Entéroc., <i>E. coli</i> ) | Diatomées saprobies | Diatomées trophie | Note IBCH<br>(qualité selon norme IBCH) |
|--------------|-----------------------------|---|--|---------------------|-------------------|---|
| Mars 2014    | LIE 16.1 - Am. Zeuzier      | -   | -  | -                   | -                 | -                                       |
|              | LIE 08.7 - Am. Usine Croix  | très bon  | bon  | (I)-II              | 1.62              | 13                                      |
|              | LIE 03.8 - Am. Usine Beulet | très bon  | bon  | (I)-II              | 1.57              | 12                                      |
|              | LIE 02.5 - Am. STEP Ayent   | très bon  | bon  | I-II                | 1.58              | 12                                      |
|              | LIE 01.9 - Av. STEP Ayent   | mauvais   | médiocre   | II                  | 1.97              | 12                                      |
|              | LIE 00.1 - Av. St-Léonard   | bon   | médiocre   | II                  | 1.88              | 11                                      |
| Octobre 2014 | LIE 16.1 - Am. Zeuzier      | très bon  | bon  | (I)-II              | 1.61              | 13                                      |
|              | LIE 08.7 - Am. Usine Croix  | très bon  | bon  | I-II                | 1.84              | 14                                      |
|              | LIE 03.8 - Am. Usine Beulet | très bon  | bon  | II                  | 1.58              | 12                                      |
|              | LIE 02.5 - Am. STEP Ayent   | très bon  | bon  | II                  | 1.63              | 13                                      |
|              | LIE 01.9 - Av. STEP Ayent   | mauvais   | médiocre   | II                  | 2.22              | 12                                      |
|              | LIE 00.1 - Av. St-Léonard   | mauvais   | médiocre   | II-III              | 2.44              | 9                                       |

Légende :

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

Tableau 20 : Confrontation des différents résultats obtenus sur le bassin versant de la Liène en 2014.

L'ensemble des résultats concordent globalement et permettent les observations suivantes :

- Les quatre stations amont (LIE 16.1 à LIE 02.5) obtiennent de bons ou très bons résultats dans quasi tous les domaines ; seules les notes IBCH indiquent une qualité moyenne dès LIE 03.8.
- Pour les deux stations en aval du rejet de la STEP d'Icogne, les résultats biologiques convergent dans leur tendance, avec une baisse de la qualité, même si les diatomées indiquent encore de bons résultats, excepté pour LIE 00.1 en octobre (médiocre) et avec des notes IBCH et un peuplement benthique qui montrent des signes d'atteintes ;
- La situation de la Liène tend à être moins bonne en octobre qu'en mars, en particulier en aval de la STEP d'Ayent du fait de l'arrêt du fonctionnement de cette installation lors de la campagne d'octobre et des déversements d'eaux usées du 13.10 au 5.11.2014.

Des divergences entre les indicateurs apparaissent :

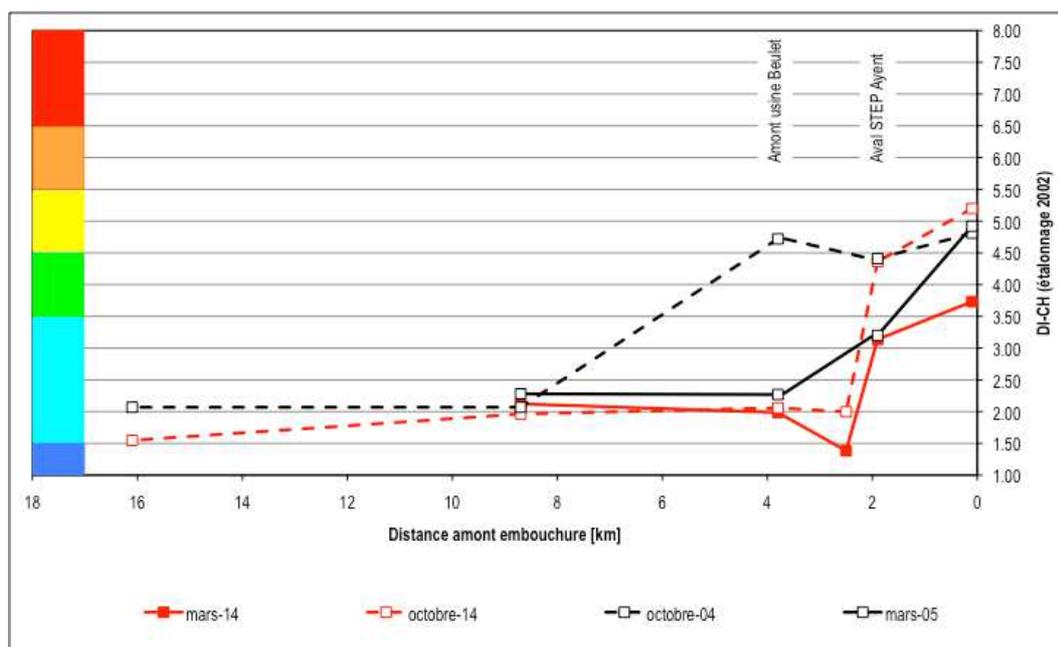
- La qualité moyenne donnée par les notes IBCH sur les 2 stations intermédiaires qui présentent pourtant une bonne qualité physico-chimiques, bactériologique ou du point de vue des diatomées laisse supposer que la réduction du débit limite la dilution des rejets de la STEP d'Icogne dont l'impact se marque dès lors plus fortement ;

L'ensemble de ces résultats montre que les eaux de la Liène possèdent une différence flagrante de qualité entre l'amont et l'aval de la STEP d'Ayent.

## 9. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS BIOLOGIQUES ANTERIEURS

### 9.1. Diatomées - Comparaison avec les données antérieures

Une étude antérieure de certaines stations de La Liène a été réalisée par BERNARD & CORDONIER 2005 avec l'indice DI-CH dans son étalonnage de 2002. Comme ces données ne figurent, ni dans la banque de données de PhycoEco, ni dans celle d'AquaPlus, nous n'avons pas pu les convertir dans l'étalonnage de 2007 du DI-CH. Pour la comparaison, nous avons donc utilisé les valeurs de 2005 et les valeurs de 2014 calculées avec l'étalonnage de 2002 (calcul que nous conservons actif pour maintenir les comparaisons possibles). Les résultats sont distribués sur le Graphique 27.



Graphique 27 : Distribution des valeurs de DI-CH de 2004-2005 ; comparaison avec les valeurs de DI-CH obtenues en mars et octobre 2014 (recalculées avec étalonnage du DI-CH version 2002).

Nous remarquons que les valeurs de DI-CH mesurées aux 4 stations amont sont très proches les unes des autres, à part à l'amont de l'usine Beulet en octobre 2004. Cette station étant en aval des rejets de la STEP d'Icogne, on peut penser qu'à l'époque l'installation dysfonctionnait, mais qu'actuellement son fonctionnement est correct. A l'aval de St-Léonard, les deux études mettent en évidence une dégradation de la qualité des eaux :

- d'intensité légèrement moindre en mars 2014 qu'en mars 2005 ;
- de même intensité en octobre 2014 qu'en octobre 2004.

## 9.2. Faune benthique - Comparaison avec les données antérieures

Des études de la Liène avec prélèvements de faune benthique ont été effectuées dès 1990, mais seuls les résultats les plus récents obtenus en 2004-2005 sont présentés dans le Tableau 21. Les comparaisons avec les données plus anciennes sont disponibles dans le rapport précédent (ETEC, 2005).

Plusieurs conclusions peuvent être tirées :

- LIE 16.1 : une amélioration de la qualité est enregistrée entre octobre 2004 et octobre 2014 ; le groupe indicateur est plus élevé (9 au lieu de 8), de même que la diversité (13 au lieu de 11), ainsi que le nombre d'individus ; il apparaît donc que les conditions rencontrées en 2014 aient été plus favorables, sachant qu'elles naturellement limitantes dans ce type de rivière glaciaire et à ces altitudes ; toutefois, l'impact de la proximité des pâturages en 2004-2005 et leur meilleures gestion en 2014 ne peut être exclu ;
- LIE 08.7 : des résultats très similaires sont observés sur cette station ; la baisse de qualité du milieu en mars 2005 par rapport à mars 2014 est uniquement due au fait que moins de 3 individus du GI 9 ont été recensés ; la qualité de cette stations est bonne avec une bonne stabilité ;
- LIE 03.8 : une baisse modérée de la qualité du milieu est observée entre mars 2005 et mars 2014, baisse plus prononcée entre octobre 2004 et octobre 2014 ; ce résultat est à mettre en relation avec d'éventuels changements dans l'exploitation hydroélectrique (réduction plus importante du débit, sachant qu'il semblait vraiment très bas en mars 2014 et/ou avec l'impact plus élevé de la STEP d'Icogne (fonctionnement et rendements à contrôler) ; autre hypothèse encore, l'impact élevé de l'essai de crue artificielle en 2013, suivi de fortes précipitations mi-juin 2013, qui a véhiculé de grandes quantités de MES générées par l'éboulement de matériaux dans les gorges ;
- LIE 01.9 : aucune différence de qualité biologique n'est à signaler pour cette station.
- LIE 00.1 : la situation est très similaire entre octobre 2004 et 2014 ; par contre, la qualité biologique est largement inférieure en mars 2005 situant la station en classe médiocre ; globalement, le fonctionnement de la STEP d'Ayant tendrait à indiquer qu'il s'est améliorer, mais les résultats obtenus en octobre 2014 sous-estiment vraisemblablement l'impact des déversements d'eau usées (temps de réponse trop court) ; réduction du débit et dysfonctionnement de la STEP sont donc bien encore problématiques.

En 2004/2005, un total de 32 taxons avait été recensé. Sept taxons recensés en 2004/2005 n'ont pas été retrouvés en 2014 (Capniidae, Perlidae, Glossosomatidae, Psychomyidae, Helophoridae, Ceratopogonidae, Gammaridae), alors que 3 taxons observés en 2014 n'avaient pas été trouvés en 2004/2005 (Taeniopterygidae, Blephariceridae, Stratiomyidae). Ces taxons sont peu abondants ou seulement localement abondants en Valais, et leur présence/absence dans les prélèvements peut largement être attribuée au hasard.

La diversité taxonomique moyenne des 2 campagnes antérieures de 16.8 contre 16.1 en 2014 est légèrement supérieure.

Mis à part l'amélioration observée sur la station la plus en aval, aucune tendance à l'amélioration de la qualité biologique n'est mise en évidence ; il faudrait toutefois un plus grand jeu de données pour pouvoir tirer des conclusions définitives sur une amélioration ou une détérioration de la qualité du milieu.

| Campagne | Octobre 2004 |          |    |            | Mars 2005 |          |    |            | Mars 2014 |          |    |            | Octobre 2014 |          |    |            |
|----------|--------------|----------|----|------------|-----------|----------|----|------------|-----------|----------|----|------------|--------------|----------|----|------------|
|          | Station      | nbr ind. | GI | $\Sigma t$ | IBGN      | nbr ind. | GI | $\Sigma t$ | IBGN      | nbr ind. | GI | $\Sigma t$ | IBCH         | nbr ind. | GI | $\Sigma t$ |
| LIE 16.1 | 350          | 8        | 11 | 11         | -         | -        | -  | -          | -         | -        | -  | -          | 784          | 9        | 13 | 13         |
| LIE 08.7 | 469          | 9        | 17 | 14         | 1'302     | 7        | 20 | 12         | 1'041     | 9        | 15 | 13         | 469          | 9        | 20 | 14         |
| LIE 03.8 | 1'439        | 9        | 22 | 15         | 2'007     | 7        | 23 | 13         | 2'430     | 7        | 17 | 12         | 2'341        | 7        | 19 | 12         |
| LIE 02.5 | -            | -        | -  | -          | -         | -        | -  | -          | 2'065     | 7        | 18 | 12         | 1'249        | 7        | 22 | 13         |
| LIE 01.9 | -            | -        | -  | -          | 4'385     | 7        | 19 | 12         | 22'420    | 7        | 17 | 12         | 5'131        | 7        | 17 | 12         |
| LIE 00.1 | 2'369        | 5        | 13 | 9          | 6'293     | 2        | 10 | 5          | 12'865    | 7        | 13 | 11         | 4'603        | 5        | 14 | 9          |

Tableau 21 : Comparaison des résultats IBGN / IBCH obtenus sur le bassin versant de la Liène entre 2004 et 2014. La couleur des classes de qualité est également présentée.

## 10. 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 IBCH). L'étude 2014 s'est portée sur le bassin versant de **la Liène** (sur près de 15 km).

La rivière est influencée par de nombreux captages en particulier ceux liés à l'exploitation hydroélectrique (barrage du Zeuzier, bassin de Croix, usine du Beulet). Le bassin versant comporte 2 STEP, celle d'Icogne implantée à mi-parcours et celle d'Ayent en aval.

Sur ce bassin versant, 5 stations en mars et 6 stations en octobre ont été retenues pour qualifier le milieu en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements. Trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (mars, août et octobre) ; deux campagnes « diatomées » et « faune benthique » ont été menées (mars et octobre). Le SPE a également mené la même année des campagnes pour évaluer la qualité des eaux vis à vis des produits phytosanitaires et micropolluants. Ces résultats sont intégrés dans ce rapport.

Les analyses physico-chimiques révèlent une **bonne à très bonne** qualité des eaux jusque en amont du rejet de la STEP d'Ayent, avec concentrations très faibles en MES, DOC, TOC  $\text{PO}_4^{--}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ . Des dépassements élevés des normes légales sont par contre observés en aval du rejet de la STEP pour les  $\text{PO}_4^{--}$  et  $\text{NH}_4^+$ , indiquant des problèmes de dilution des effluents en mars 2014 et un net dysfonctionnement en octobre (mise hors service de la STEP avec déversement des eaux usées directement dans le milieu récepteur).

De même, les analyses bactériologiques montrent une qualité des eaux **bonne à très bonne** sur les stations en amont du rejet de la STEP d'Ayent, **moyenne, médiocres, voire mauvaise** en aval.

Pour les phytosanitaires, le nombre de dépassements de la norme OEaux augmente d'amont en aval et sont dus à la présence du glyphosate (herbicide) et de l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate). En aval de la STEP, on rencontre également du linuron (autre herbicide) et du diazinon (insecticide). Outre l'impact des zones viticoles alentours ces composés peuvent être amenés par les effluents de la STEP d'Ayent (station de récupération des eaux de lavage des bossettes dont les résidus de traitement sont passés sur charbon actifs et renvoyés en tête de la STEP d'Ayent).

La mise en place de capteurs passifs (POCIS) par l'EPFL sur des périodes de 3 semaines du 16 avril au 1<sup>er</sup> octobre 2014 a permis d'analyser et de suivre six produits phytosanitaires ainsi que 3 produits pharmaceutiques, la carbamazépine, le diclofenac et le sulfaméthoxazole et un inhibiteur de corrosion, le benzotriazolol. Les résultats de l'étude montrent que le diuron, le linuron et la terbutylazine ont été détectés lors de chaque période d'échantillonnage sur les deux sites, aval de la Liène. Les concentrations aqueuses du diuron et du linuron dépassent souvent la valeur seuil de 100 ng/L fixé par l'OEaux.

Sur les sédiments, 3 métaux lourds dépassent le seuil de « bonne » qualité recommandé par les Agences de l'eau française (SEQ Eaux) : le cuivre, le nickel et le zinc. Les HAP ne montrent aucun dépassement.

Ces données restent toutefois des clichés ponctuels, les résultats des 3 campagnes étant basés sur des prélèvements instantanés.

La densité des diatomées est en général moyenne comme dans d'autres rivières latérales du Rhône soumises à des pressions hydroélectriques, sauf à l'aval de St. Léonard. La majorité des formes tératologiques ne semble pas liée à la toxicité des eaux, sauf à l'aval de la STEP d'Ayent. La biodiversité des diatomées correspond à l'intervalle moyen de ce qu'on trouve en Suisse dans les communautés, à part en mars à l'amont de l'usine Beulet et à l'aval de St-Léonard, où les peuplements sont trop spécialisés. A l'amont la valeur patrimoniale des peuplements est en général bonne, mais diminue nettement vers l'aval. Les diatomées indiquent à l'amont que la qualité des eaux est très bonne voire excellente. Par contre à l'aval de la STEP d'Ayent, les indications, bien que trop optimistes, montre que la qualité des eaux est dégradée. Les algues macroscopiques trouvées à l'amont sont typiques des cours d'eau de haute montagne légèrement influencées par l'élevage. Vers l'aval ces algues sont remplacées progressivement par des espèces d'eaux de plus en plus eutrophes.

Les résultats liés à l'IBCH montrent une qualité biologique **satisfaisante** pour les deux stations amont, mais moyenne pour toutes les autres. Cette baisse de la qualité s'explique par la réduction du débit, l'impact des rejets de la STEP d'Icogne insuffisamment dilués, mais surtout par la charge trop élevée apportée par la STEP d'Ayent, quand cette dernière n'est pas hors service comme cela a été observé en octobre (déversement d'eaux usées non traités).

La qualité de la Liène, déjà étudiés en 2004-2005 ne semble pas s'être vraiment améliorée.

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

- Assurer un débit minimum en aval du bassin de Croix (mesure prévue dans le cadre de l'assainissement selon art. 80 LEaux).
- Contrôler les paramètres physico-chimiques en aval du rejet de la STEP d'Icogne pour savoir si la qualité du milieu récepteur est conforme aux objectifs légaux.
- Mettre en place toutes les mesures qui permettront de corriger les dysfonctionnements de la STEP d'Ayent et garantir son bon fonctionnement et niveau de rendement d'épuration.
- A plus long terme, trouver une solution pour déplacer le traitement des eaux usées et éviter des rejets dans la Liène dont la capacité de dilution n'est pas suffisante. Le SPE a entrepris une démarche dans ce sens auprès de la commune d'Ayent, propriétaire de la STEP.
- Mettre en œuvre un plan d'action (type art. 62a LEaux) en collaboration avec le service de l'agriculture pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires (herbicides) dans le vignoble.

Sion, décembre 2015

Document établi par Régine Bernard, Dr François Straub, Laurent Vuataz et Michaël Balet

## 11. ZUSAMMENFASSUNG – FAZIT

Seit 1990 führt die Dienststelle für Umweltschutz (DUS) des Kantons Wallis ein jährliches Beobachtungsprogramm der oberirdischen Gewässer durch. Diese gesamthafte Einschätzung der Wasserqualität wird anhand von Beschreibungen des physikalisch-chemischen und bakteriologischen Wasserzustands, von Kieselalgen-Untersuchungen sowie von Untersuchungen zur benthischen Fauna (IBGN-Methode) vorgenommen. Gegenstand der Untersuchung 2014 war das Einzugsgebiet der **Liène** (auf einer Strecke von knapp 15 km).

Das Gewässer steht unter dem Einfluss zahlreicher Wasserfassungen, vor allem solcher zur Wasserkraftnutzung (Stausee Le Zeuzier, Staubecken Croix mit dem Kraftwerk Beulet). Im Einzugsgebiet befinden sich 2 Kläranlagen: die ARA Icogne im mittleren und die ARA Ayent im unteren Abschnitt des Flusslaufs.

Zur Beurteilung der Wasserqualität in diesem Einzugsgebiet wurden im März 5 und im Oktober 6 Untersuchungsstellen bestimmt, für deren Auswahl Höhenlage, Umweltmerkmale und Flussverbauungen ausschlaggebend waren. Es wurden drei physikalisch-chemische Untersuchungskampagnen durchgeführt (März, August und Oktober), sowie je 2 Kampagnen zu den Kieselalgen und zur benthischen Fauna (März und Oktober). Im gleichen Jahr führte die DUS auch Untersuchungen zur Wasserqualität betreffend Pflanzenschutzmittel und Mikroverunreinigungen durch, deren Ergebnisse in diesen Bericht aufgenommen worden sind.

Aus den physikalisch-chemischen Analysen ergibt sich bis oberhalb der ARA Ayent eine insgesamt **gute bis sehr gute Wasserqualität**, mit sehr geringen GUS-, DOC-, TOC-,  $\text{PO}_4^{4-}$ -,  $\text{NH}_4^+$ -,  $\text{NO}_2^-$ - und  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen. Hingegen sind unterhalb der ARA Ayent deutliche Überschreitungen der gesetzlichen Normen für die  $\text{PO}_4^{4-}$ - und  $\text{NH}_4^+$ -Werte festzustellen, was auf Probleme bei der Verdünnung durch die Abflussmengen im März 2014 und auf einen Totalausfall der ARA im Oktober (Ausserbetriebnahme und daher direkte Einleitung von Abwasser in das Aufnahmegewässer) zurückzuführen ist

Auch die bakteriologischen Analysen zeigen bei den Untersuchungsstellen oberhalb der ARA Ayent **gute bis sehr gute Wasserqualität** an, unterhalb der Anlage ist die Qualität aber nur noch **durchschnittlich, mittelmässig oder gar schlecht**.

Die Zahl der Überschreitungen von GSchV-Normen für Pflanzenschutzmittel nimmt entlang des Flussverlaufs zu, hauptsächlich feststellbar sind Glyphosate (Herbizide) und AMPA (deren Abbauprodukt). Unterhalb der ARA sind auch Linuron (ebenfalls ein Herbizid) und Diazinon (ein Insektizid) nachweisbar. Diese Stoffe können nebst dem direkten Eintrag aus den umliegenden Weinbergen auch aus dem Abwasser der ARA Ayent stammen (*in welcher das Waschwasser der Erntebottiche vorbehandelt und nach Aktivkohlefiltration in den ARA-Zulauf geführt wird*).

Vom 16. April bis zum 1. Oktober 2014 wurden während 3-wöchiger Phasen Passivsammler (POCIS) der ETHL eingesetzt, mit welchen das Wasser auf 6 Arten von Pflanzenschutzmitteln, 3 Arten von Arzneimitteln - Carbamazepin, Diclofenac und Sulfamethoxazol - sowie das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol analysiert werden kann. Aus der Untersuchung geht hervor, dass das Diuron, das Linuron und das Terbutylazin in jeder Probenahme-Periode an den beiden Untersuchungsstellen im Unterlauf der Liène feststellbar waren. Die wässrigen Konzentrationen von Diuron und Linuron überschreiten oft den von der GSchV festgelegten Schwellenwert von 100 ng/L.

In den Gewässersedimenten überschreiten 3 Schwermetalle die von den französischen «Agences de l'eau (SEQ Eaux)» für eine «gute» Wasserqualität empfohlene Schwelle: Kupfer, Nickel und Zink. Die PAK weisen keine Überschreitungen auf.

Allerdings liefern diese Daten nur Momentaufnahmen, da die Resultate der 3 Kampagnen auf Stichprobenentnahmen basieren.

Ausser im Unterlauf bei St. Léonard ist die Kieselalgen-Dichte generell durchschnittlich, wie dies auch in anderen Seitengewässern der Rhone unter Einfluss der Wasserkraftnutzung der Fall ist. Die teratologischen Verformungen scheinen mehrheitlich nicht mit der Toxizität des Wassers zusammenzuhängen, ausser unterhalb der ARA Ayent. Die *Vielfalt der Kieselalgenarten* entspricht dem Durchschnitt, wie man ihn auch in Gesellschaften andernorts in der Schweiz antrifft, ausgenommen im März oberhalb des Kraftwerks Beulet und unterhalb von St. Léonard, wo die Populationen zu *einseitig* sind. Im Oberlauf sind Populationen generell gut ausgebildet, nehmen aber flussabwärts deutlich ab. Die Kieselalgen im Oberlauf weisen auf eine sehr gute oder sogar hervorragende Wasserqualität hin. Hingegen zeigen die Werte un-

terhalb der ARA Ayent, *selbst bei optimistischster Auslegung*, eine schlechte Wasserqualität. Die im Oberlauf zu findenden makroskopischen Algen sind typisch für ein Hochgebirgs Gewässer mit leichter Beeinflussung durch die Viehwirtschaft. In flussabwärtiger Richtung werden diese Algen allmählich durch *eutrophere Arten* ersetzt.

Die Resultate der IBGN-Untersuchungen zeigen für die beiden Stellen am Oberlauf eine befriedigende, für alle anderen aber eine nur mittelmässig biologische Qualität an. Die Qualitätsabnahme erklärt sich durch die verminderte Abflussmenge, die Einwirkung der unzureichend verdünnten Einleitungen der ARA Icogne, vor allem aber durch die überhöhten Einträge der ARA Ayent, wenn diese ausser Betrieb ist, wie dies im Oktober der Fall war (Einleitung von unbehandeltem Abwasser).

Die Wasserqualität der Liène scheint sich seit der letzten Untersuchung (2004-2005) nicht verbessert zu haben.

Zur Erhöhung der Wasserqualität in der Liène können die folgenden Massnahmen empfohlen werden:

- Gewährleistung einer Mindestabflussmenge unterhalb des *Staubbeckens Croix*. Diese Massnahme ist im Rahmen der Gewässersanierungen unterhalb von Wasserfassungen (Art. 80 GSchG) vorgesehen. Eine Verfügung des zuständigen Departements für Energie wird die Abflussmenge 2016 festlegen.
- Kontrolle der physikalisch-chemischen Werte unterhalb der Einleitung der ARA Icogne, um festzustellen, ob die Wasserqualität im Aufnahmegewässer den gesetzlichen Zielwerten entspricht.
- Treffen sämtlicher Vorkehrungen, um die Störanfälligkeit der ARA Ayent zu beheben und für eine einwandfreie Betriebs- und Reinigungsleistung der Anlage zu sorgen.
- Längerfristig eine Lösung zur Verlagerung der Abwasserbehandlung finden und Einleitungen in die Liène vermeiden, weil deren Verdünnungskapazität nicht ausreichend ist. Die DUS ist diesbezüglich bereits bei der Gemeinde Ayent, der Eigentümerin der ARA, vorstellig geworden.
- Umsetzung eines Massnahmenplans (mit Massnahmen nach Art. 62a GSchG) in Zusammenarbeit mit der kantonalen Dienststelle für Landwirtschaft, um die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (Herbiziden) im Weinbau zu beschränken.

Sion, décembre 2015

Document établi par Régine Bernard, Dr François Straub, Laurent Vuataz et Michaël Balet

## BIBLIOGRAPHIE

- AGENCES DE L'EAU (ADE), 1997. Etude interagences de l'eau : seuils de qualité pour les micropolluants organiques et minéraux dans les eaux superficielles. Etude 1997, N° 53
- AFNOR, 2004. Qualité des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). NF T90-350. Paris.
- Agences de l'Eau, 1999. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Rapport de présentation SEQ-Eau. Les études de l'Agence de l'Eau n° 64.
- Agences de l'Eau, 2000. Indice Biologique Global Normalisé I.B.G.N. NF-T90-350. Guide technique. Agence de l'eau 2ème édition, 37p.
- BERNARD, R. & CORDONIER, A., 2005. Observation de la qualité des eaux de surface. Campagne 2004-2005 : La Liène. Rapport du Bureau ETEC Sàrl pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 51 p. et annexes.
- BERNARD R., PERRAUDIN KALBERMATTER R., BERNARD M., 1994. Observation de la qualité des eaux de surface du Canton du Valais. Le Rhône et neuf de ses affluents. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., campagne 1993, p. 197-240.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2010. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2009-2010 : La Navisence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 75 p. et 4 annexes.
- CARPINTEIRO I., SCHOPFER A., FONG C., ESTOPPEY N. et DE ALENCASTRO F., 2014. Rapport de surveillance des eaux de la Liène et du canal d'Uvrier à l'aide de capteurs passifs. EPFL, IIE, GRCEL, 29 p.
- COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN (CIPR), 1995. Fiches de données pour les objectifs de références. 230 p. CIPR, Koblenz, Allemagne.
- CORDONIER A., STRAUB F., ETEC, 2000. Observation de la qualité des eaux de surface. Etude pilote : Diatomées sur la Dranse de Bagnes. Service de la Protection de l'Environnement, Canton du Valais. 13 p. + annexes.
- CORDONIER A., 2000. Comparaison de plusieurs méthodes diatomiques pour diagnostiquer la qualité de l'eau des cours d'eau : application à la Dranse de Bagnes. Conférence lors du Congrès de la CILEF, Clermont-Ferrand, juillet 2000.
- CORDONIER A. et ETEC, 2001. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2000 : la Morge. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais.
- CORDONIER A., STRAUB F., BERNARD R., BERNARD M., 2004. Bilan de la qualité de l'eau des rivières valaisannes à l'aide des diatomées. Bulletin des sciences naturelles du Valais, la Murithienne 12 : 73-82.
- EAWAG, 1991. L'azote dans l'air et l'eau. Nouvelles de l'EAWAG n° 30. Dübendorf.
- ETEC, 2000. Etude statistique des données hydrobiologiques du Canton du Valais. Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais.
- ETEC & 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 Salentse. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 50 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Sionne. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 54 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2009. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2007-2009 : Le Rhône de Gamsen à Martigny. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 125 p. + annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2010. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2009-2010 : La Navisence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 75 p. et 4 annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2011. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2011 : Les Borgnes et Dixence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 84 p. et annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2013. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2012-2013 : les Vièzes. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 70 p. et annexes.
- GOVERNEMENT CANADIEN (GC), 2014. Tableau Sommaire des recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement. « <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/?lang=fr> ».
- HUET M., 1949. Aperçu des relations de la pente et des populations piscicoles des eaux courantes. Schweiz. Z; Hydrol., II (3-4) : 332-351
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique.
- KNISPEN 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
- LIECHTI P., 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p.
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 1979. Paramètres de la qualité des eaux. Direction de la prévention des pollutions. Neuilly-sur-Seine.
- NISBET M. et VERNEAUX J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Ann limno t. 6, fasc. 2, p. 161-190
- NOEL F. et FASEL D., 1985. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. - Vol 74 1/2/3 p. 1-332.
- OFEFP, 1991. Recommandations pour l'évaluation de la qualité hygiénique des eaux de baignade de lacs et de rivières. Information concernant la protection des eaux n°7.
- OFEFP, 1998. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué. Informations concernant la protection des eaux n°26, 43 p.
- OFEFP, 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Module chimie - Analyses physico-chimiques niveau R et C. Projet. Informations concernant la protection des eaux.

- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationberichte Heft 4/99, 516 p.
- SPE, 2014. Qualité des eaux. Bilan de synthèse des analyses phytosanitaires 2014.
- STRAUB, F. et JEANNIN, P.-Y., 2006. Efficacité autoépuration de traces aérien et karstique d'un effluent de station d'épuration (La Ronde, Jura suisse) : valeur indicative des diatomées. *Symbioses*, n° sér., 14, p. 35-41.
- STRAUB, F., DERLETH-SARTORI, P. & LODS-CROZET, B., 2014. Les diatomées (algues silicatées), indicatrices de la qualité des cours d'eau vaudois: synthèse 2005 à 2013. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 94.1: 73-106.
- STECK et al., 1999. Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes. Carte géologiques spéciales n° 123. Service hydrologique et géologique national.
- STUCKI, P., 2010. Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos-niveau R. L'Environnement Pratique n°1026. Office Fédéral de l'Environnement, Berne, 61 p.
- 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
- VAN DE VIJVER, B., ECTOR, L., BELTRAMI, M. E., DE HAAN, M., FALASCO, E., HLUBIKOVA, D., JARLMAN, A., KELLY, M., NOVAIS, M. H. & WOJTAL, A. Z. 2011. A critical analysis of the type material of *Achnanthydium lineare* W. Sm. (Bacillariophyceae). *Algological Studies* 136-137 : 167-191.

## ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Liène en 2014.

Annexe 2 : Tableau des résultats d'analyses phytosanitaires effectuées sur la Liène en 2014.

Annexe 3 : Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco (9<sup>ème</sup> édition, novembre 2013).

Annexes 4 : Tableau des résultats bruts des analyses des peuplements de diatomées du bassin versant de la Liène en 2014. **Voir fichier électronique.**

## ANNEXES 1

**Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Liègne en 2014.**

Tableau des résultats d'analyses phytosanitaires effectuées sur la Liègne en 2014.

| COURS D'EAU | LIEU                     | DATE     | Caféine | Triflozan | Glyphosate | Glufosinate | AMPA   | Bocallid | Bromopropylate | Diazinon | Dichlobenil | Duron  | Fenpropiidin | Fusilazole | Iprodione | Linuron | Métaxyl | Métholachlor | Napropamide | Penconazole | Pyrimethanil | Simazine | Terbutylazine-desehyl | Terbutylazine | Terbutryne |
|-------------|--------------------------|----------|---------|-----------|------------|-------------|--------|----------|----------------|----------|-------------|--------|--------------|------------|-----------|---------|---------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|-----------------------|---------------|------------|
|             |                          |          | [µg/l]  | [µg/l]    | [µg/l]     | [µg/l]      | [µg/l] | [µg/l]   | [µg/l]         | [µg/l]   | [µg/l]      | [µg/l] | [µg/l]       | [µg/l]     | [µg/l]    | [µg/l]  | [µg/l]  | [µg/l]       | [µg/l]      | [µg/l]      | [µg/l]       | [µg/l]   | [µg/l]                | [µg/l]        | [µg/l]     |
| Lienne (1)  | Amont Usine Hydro        | 01.04.14 | 0.075   | 0.014     |            |             |        |          |                |          |             | 0.036  |              |            |           | 0.018   |         | 0.021        |             | 0.007       | 0.005        |          |                       | 0.011         | 0.006      |
|             | Amont Usine Hydro        | 15.04.14 | 0.087   |           | 1.000      | 0.200       |        |          |                |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          |                       | 0.006         | 0.008      |
|             | Amont Usine Hydro        | 30.04.14 | 0.102   | 0.013     |            |             |        |          |                |          |             |        |              |            | 0.009     | 0.007   |         |              | 0.005       |             | 0.007        |          |                       |               |            |
|             | Amont Usine Hydro        | 13.05.14 | 0.099   |           |            |             | 0.004  |          |                |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          |                       |               |            |
|             | Amont Usine Hydro        | 27.05.14 | 0.081   | 0.015     |            |             |        |          | 0.006          |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             | 0.006        | 0.006    |                       |               | 0.006      |
|             | Amont Usine Hydro        | 03.09.14 | 0.076   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          |                       |               | 0.038      |
| Lienne (2)  | Aval Usine Hydro         | 01.04.14 | 0.046   | 0.012     |            |             |        |          |                |          |             | 0.009  |              |            |           | 0.008   |         |              |             |             | 0.007        | 0.005    |                       |               | 0.005      |
|             | Aval Usine Hydro         | 15.04.14 | 0.095   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          | 0.005                 |               |            |
|             | Aval Usine Hydro         | 30.04.14 | 0.048   | 0.011     |            |             |        |          |                |          |             |        | 0.011        |            |           |         |         |              |             |             | 0.008        |          |                       | 0.005         |            |
|             | Aval Usine Hydro         | 13.05.14 | 0.115   |           |            |             | 0.004  |          |                |          |             |        | 0.009        |            | 0.007     |         |         |              |             |             | 0.007        |          |                       | 0.004         |            |
|             | Aval Usine Hydro         | 27.05.14 | 0.065   | 0.012     |            |             |        |          | 0.006          |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             | 0.006        | 0.006    |                       |               |            |
|             | Aval Usine Hydro         | 03.09.14 | 0.044   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          |                       |               |            |
| Lienne (3)  | Amont rejet STEP A/vent  | 01.04.14 | 0.053   | 0.013     |            |             |        |          |                |          | 0.011       | 0.016  |              |            |           | 0.027   |         |              |             |             | 0.006        | 0.005    |                       | 0.008         | 0.006      |
|             | Amont rejet STEP A/vent  | 15.04.14 | 0.082   |           |            |             | 0.075  |          |                |          |             | 0.018  |              |            |           | 0.005   |         |              |             |             |              |          |                       | 0.006         | 0.007      |
|             | Amont rejet STEP A/vent  | 30.04.14 | 0.059   | 0.012     |            |             |        |          |                |          | 0.010       |        |              | 0.010      |           |         |         |              |             |             | 0.008        |          |                       |               | 0.010      |
|             | Amont rejet STEP A/vent  | 13.05.14 | 0.074   |           |            |             | 0.004  |          |                |          |             |        |              |            | 0.009     | 0.007   |         |              |             |             | 0.007        |          |                       | 0.007         |            |
|             | Amont rejet STEP A/vent  | 27.05.14 | 0.160   | 0.015     |            | 0.100       |        |          | 0.006          |          |             | 0.044  |              |            |           | 0.066   |         |              |             |             | 0.016        | 0.006    |                       | 0.032         |            |
|             | Amont rejet STEP A/vent  | 03.09.14 | 0.071   | 0.010     |            |             |        |          |                |          |             |        |              |            |           | 0.018   |         |              |             |             |              |          |                       |               |            |
| Lienne (4)  | Aval rejet STEP d'A/vent | 01.04.14 | 0.032   | 0.009     |            |             |        |          |                |          |             | 0.014  |              |            |           | 0.015   |         |              |             |             | 0.006        | 0.005    |                       | 0.010         | 0.006      |
|             | Aval rejet STEP d'A/vent | 15.04.14 | 0.104   |           |            |             |        |          |                |          | 0.000       |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          | 0.035                 | 0.005         |            |
|             | Aval rejet STEP d'A/vent | 30.04.14 | 0.094   | 0.014     |            | 0.200       | 0.007  |          |                |          |             | 0.088  |              | 0.010      |           | 0.164   |         |              |             |             | 0.008        |          |                       | 0.021         |            |
|             | Aval rejet STEP d'A/vent | 13.05.14 | 0.158   | 0.012     |            | 0.200       | 0.005  |          |                |          | 0.025       |        |              | 0.009      |           |         |         |              |             |             | 0.008        |          |                       | 0.035         |            |
|             | Aval rejet STEP d'A/vent | 27.05.14 | 0.095   | 0.015     |            | 0.200       |        |          | 0.007          |          | 0.037       | 0.010  |              |            |           | 0.031   |         |              |             |             | 0.087        | 0.006    |                       | 0.028         |            |
|             | Aval rejet STEP d'A/vent | 03.09.14 | 0.181   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |            |           |         |         |              |             |             |              |          |                       |               |            |

En rouge : les valeurs dépassant la norme fixée par l'OEaux ( $\geq 0.1 \mu\text{g/l}$ )En gris : les valeurs dépassant  $0.1 \mu\text{g/l}$  pour la caféine (pas de norme légale)

Les substances jamais détectées ne figurent pas dans ce tableau. Voir annexe 9 pour la liste complète des substances analysées...

## ANNEXES 3

**Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco, (9e édition, novembre 2013).**

## ANNEXES 4

**Tableau des résultats bruts des analyses des peuplements de diatomées du bassin versant de la Liègne en 2014.**

Voir fichier électronique

## ANNEXES 1

**Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Liègne en 2014.**

Résultats physico-chimiques obtenus sur la Liène en 2014

| Rivière | Lieu - Station                 | Code     | Altitude | Date       | ANALYSES IN SITU |       |       |     | ANALYSES EN LABORATOIRE |     |      |        |      |        |        |        |        |        | BACTERIOLOGIE |                    |            |               |
|---------|--------------------------------|----------|----------|------------|------------------|-------|-------|-----|-------------------------|-----|------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|------------|---------------|
|         |                                |          |          |            | Débit            | temp. | O2    | O2  | Cond. Labo              | pH  | MES  | COT    | Cl   | COD    | Ptot   | PO4    | NH4    | NO2    | NO3           | Germes aérob. méso | Esch. Coli | Entéro-coques |
|         |                                |          |          |            | l/s              | °C    | 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      |
| Liène   | Amont Usine de Croix           | LIE 08.7 | 930      | 10.03.2014 | 240              | 6.4   | 11.05 | 98  | 325                     | 8.3 | 6.3  | 1.2    | 0.1  | 1.0    | 0.004  | 0.000  | 0.008  | 0.000  | 0.20          | 70                 | 0          | 0             |
| Liène   | Amont UE Beulet                | LIE 03.8 | 553      | 10.03.2014 | 21               | 7.5   | 10.75 | 95  | 732                     | 8.1 | 6.7  | 1.5    | 32.7 | 1.3    | 0.011  | 0.000  | 0.009  | 0.000  | 1.50          | 100                | 6          | 7             |
| Liène   | Amont STEP Ayent               | LIE 02.5 | 523      | 10.03.2014 | 260              | 6.6   | 11.5  | 102 | 619                     | 8.3 | 28.9 | 2.2    | 33.2 | 1.7    | 0.027  | 0.000  | 0.021  | 0.000  | 1.80          | 340                | 60         | 38            |
| Liène   | Patinoire St-Léonard           | LIE 01.9 | 510      | 10.03.2014 | 338              | 5.8   | 11.5  | 111 | 662                     | 8.1 | 10.8 | 3.3    | 39.4 | 2.5    | 0.140  | 0.005  | 2.440  | 0.060  | 2.30          | 12'000             | 3'000      | 3'000         |
| Liène   | St-Léonard aval                | LIE 00.1 | 498      | 10.03.2014 | 290              | 3.7   | 12.8  | 102 | 657                     | 8.2 | 3.4  | 2.7    | 39.7 | 2.2    | 0.085  | 0.007  | 0.300  | 0.040  | 3.20          | 5'200              | 1'800      | 1'400         |
| Liène   | Amont lac Zeuzier              | LIE 16.1 | 1'815    | 06.08.2014 | 760              | 5.2   | 10.4  | 101 | 126                     | 8.0 | 3.9  | 1.1    | 0.5  | 0.7    | 0.002  | 0.000  | 0.040  | 0.004  | 0.20          | 20                 | 0          | 1             |
| Liène   | Amont Zeuzier aval affluent RG | LIE 15.9 | 1'795    | 06.08.2014 | 3'556            | 3.2   | 8.1   | 75  | 121                     | 7.9 | 14.3 | 1.3    | 0.3  | 0.8    | 0.014  | 0.000  | 0.030  | 0.003  | 0.10          | 10                 | 0          | 4             |
| Liène   | Amont Usine de Croix           | LIE 08.7 | 930      | 06.08.2014 | 1'130            | 8.1   | 10.4  | 98  | 301                     | 8.3 | 2.1  | 1.5    | 0.7  | 1.0    | 0.007  | 0.000  | 0.030  | 0.004  | 0.20          | 15                 | 4          | 17            |
| Liène   | Amont UE Beulet                | LIE 03.8 | 553      | 06.08.2014 | 19               | 15.2  | 7.7   | 80  | 489                     | 7.9 | 0.0  | 1.5    | 7.0  | 1.2    | 0.000  | 0.000  | 0.034  | 0.004  | 0.40          | 120                | 18         | 14            |
| Liène   | Amont STEP Ayent               | LIE 02.5 | 523      | 06.08.2014 | 416              | 13.5  | 10.5  | 107 | 364                     | 8.3 | 6.5  | 1.5    | 5.6  | 1.3    | 0.003  | 0.000  | 0.034  | 0.006  | 0.50          | 300                | 96         | 62            |
| Liène   | Patinoire St-Léonard           | LIE 01.9 | 510      | 06.08.2014 | 477              | 14.8  | 10.7  | 111 | 418                     | 8.2 | 58.2 | 2.2    | 13.0 | 1.7    | 0.037  | 0.000  | 0.970  | 0.050  | 2.40          | 2'600              | 3'200      | 1'100         |
| Liène   | St-Léonard aval                | LIE 00.1 | 498      | 06.08.2014 | 420              | 16.0  | 10.8  | 116 | 401                     | 8.3 | 55.3 | 2.2    | 9.9  | 1.8    | 0.051  | 0.000  | 0.470  | 0.036  | 1.90          | 3'500              | 4'600      | 1'150         |
| Liène   | Amont lac Zeuzier              | LIE 16.1 | 1'815    | 16.10.2014 | 194              | 4.1   | 10.7  | 103 | 170                     | 8.1 | 0.0  | 1.1    | 0.3  | 0.5    | 0.000  | 0.000  | 0.014  | 0.000  | 0.20          | 15                 | 0          | 0             |
| Liène   | Amont Usine de Croix           | LIE 08.7 | 930      | 16.10.2014 | 426              | 7.9   | 10.4  | 100 | 284                     | 8.3 | 0.5  | 1.2    | 0.6  | 0.7    | 0.002  | 0.000  | 0.018  | 0.000  | 0.20          | 90                 | 56         | 11            |
| Liène   | Amont UE Beulet                | LIE 03.8 | 553      | 16.10.2014 | 154              | 11.3  | 11.1  | 110 | 384                     | 8.3 | 0.3  | 1.6    | 10.5 | 1.1    | 0.001  | 0.000  | 0.014  | 0.000  | 0.60          | 650                | 190        | 70            |
| Liène   | Amont STEP Ayent               | LIE 02.5 | 523      | 16.10.2014 | 134              | 12.3  | 14.5  | 146 | 470                     | 8.2 | 0.0  | 2.1    | 9.7  | 1.1    | 0.011  | 0.000  | 0.013  | 0.001  | 0.60          | 660                | 180        | 33            |
| Liène   | Patinoire St-Léonard           | LIE 01.9 | 510      | 16.10.2014 | 89               | 13.0  | 9.5   | 98  | 471                     | 7.6 | 15.9 | 4.4    | 12.9 | 2.3    | 0.530  | 0.095  | 0.681  | 0.014  | 0.60          | 50'000             | 5'400      | 5'400         |
| Liène   | St-Léonard aval                | LIE 00.1 | 498      | 16.10.2014 | 177              | 13.8  | 11.5  | 121 | 516                     | 7.4 | 36.9 | 4.5    | 18.8 | 2.9    | 1.450  | 0.170  | 1.720  | 0.051  | 0.60          | 50'000             | 9'000      | 7'200         |

T° < 10°C Pour 10 à 20 mg/l de Cl

|   |          |   |          |   |         |
|---|----------|---|----------|---|---------|
|  | Très bon |  | Moyen    |  | Mauvais |
|  | Bon      |  | Médiocre |   |         |

Tableau des résultats d'analyses phytosanitaires effectuées sur la Liène en 2014.

| COURS D'EAU | LIEU                    | DATE     | Caféine | Triclosan | Glyphosate | Glufosinate | AMPA   | Boscalid | Bromopropylate | Diazinon | Dichlobenil | Diuron | Fenpropridin | Flusilazole | Iprodione | Linuron | Métalaxyl | Métholachlor | Napropamide | Penconazole | Pyrimethanil | Simazine | Terbutylazine-desethyl | Terbutylazine | Terbutytine |        |
|-------------|-------------------------|----------|---------|-----------|------------|-------------|--------|----------|----------------|----------|-------------|--------|--------------|-------------|-----------|---------|-----------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|------------------------|---------------|-------------|--------|
|             |                         |          | [µg/l]  | [µg/l]    | [µg/l]     | [µg/l]      | [µg/l] | [µg/l]   | [µg/l]         | [µg/l]   | [µg/l]      | [µg/l] | [µg/l]       | [µg/l]      | [µg/l]    | [µg/l]  | [µg/l]    | [µg/l]       | [µg/l]      | [µg/l]      | [µg/l]       | [µg/l]   | [µg/l]                 | [µg/l]        | [µg/l]      | [µg/l] |
| Lienne (1)  | Amont Usine Hydro       | 01.04.14 | 0.075   | 0.014     |            |             |        |          |                |          |             | 0.036  |              |             |           | 0.018   |           | 0.021        |             | 0.007       | 0.005        |          |                        | 0.011         | 0.006       |        |
|             | Amont Usine Hydro       | 15.04.14 | 0.087   |           | 1.000      |             | 0.200  |          |                |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             |              |          |                        |               | 0.006       |        |
|             | Amont Usine Hydro       | 30.04.14 | 0.102   | 0.013     |            |             |        |          |                |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             | 0.005       |              |          |                        |               | 0.008       |        |
|             | Amont Usine Hydro       | 13.05.14 | 0.099   |           |            |             |        | 0.004    |                |          |             |        |              | 0.009       | 0.007     |         |           |              |             |             | 0.007        |          |                        |               |             |        |
|             | Amont Usine Hydro       | 27.05.14 | 0.081   | 0.015     |            |             |        |          |                | 0.006    |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             | 0.006        | 0.006    |                        |               | 0.006       |        |
|             | Amont Usine Hydro       | 03.09.14 | 0.076   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             |              |          |                        | 0.039         |             |        |
| Lienne (2)  | Aval Usine Hydro        | 01.04.14 | 0.046   | 0.012     |            |             |        |          |                |          |             | 0.009  |              |             |           | 0.008   |           |              |             | 0.007       | 0.005        |          |                        |               | 0.005       | 0.005  |
|             | Aval Usine Hydro        | 15.04.14 | 0.095   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             |              |          | 0.005                  |               |             |        |
|             | Aval Usine Hydro        | 30.04.14 | 0.048   | 0.011     |            |             |        |          |                |          |             |        |              | 0.011       |           |         |           |              |             | 0.008       |              |          |                        |               | 0.005       |        |
|             | Aval Usine Hydro        | 13.05.14 | 0.115   |           |            |             |        | 0.004    |                |          |             |        |              | 0.009       | 0.007     |         |           |              |             |             | 0.007        |          |                        |               | 0.004       |        |
|             | Aval Usine Hydro        | 27.05.14 | 0.065   | 0.012     |            |             |        |          | 0.006          |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             | 0.006        | 0.006    |                        |               |             |        |
|             | Aval Usine Hydro        | 03.09.14 | 0.044   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             |              |          |                        |               |             |        |
| Lienne (3)  | Amont rejet STEP Ayent  | 01.04.14 | 0.053   | 0.013     |            |             |        |          |                |          | 0.011       | 0.016  |              |             |           | 0.027   |           |              |             | 0.006       | 0.005        |          |                        | 0.008         | 0.006       |        |
|             | Amont rejet STEP Ayent  | 15.04.14 | 0.082   |           |            |             |        | 0.075    |                |          |             | 0.018  |              |             |           | 0.005   |           |              |             |             |              |          |                        | 0.006         | 0.007       |        |
|             | Amont rejet STEP Ayent  | 30.04.14 | 0.059   | 0.012     |            |             |        |          |                |          | 0.010       |        |              | 0.010       |           |         |           |              |             | 0.008       |              |          |                        |               | 0.010       |        |
|             | Amont rejet STEP Ayent  | 13.05.14 | 0.074   |           |            |             |        |          | 0.004          |          |             |        |              | 0.009       | 0.007     |         |           |              |             |             | 0.007        |          |                        |               | 0.007       |        |
|             | Amont rejet STEP Ayent  | 27.05.14 | 0.160   | 0.015     | 0.300      |             | 0.100  |          | 0.006          |          |             | 0.044  |              |             |           |         | 0.066     |              |             |             | 0.016        | 0.006    |                        |               | 0.032       |        |
|             | Amont rejet STEP Ayent  | 03.09.14 | 0.071   | 0.010     |            |             |        |          |                |          |             |        |              |             |           | 0.018   |           |              |             |             |              |          |                        |               |             |        |
| Lienne (4)  | Aval rejet STEP d'Ayent | 01.04.14 | 0.032   | 0.009     |            |             |        |          |                |          |             | 0.014  |              |             |           | 0.015   |           |              |             | 0.006       | 0.005        |          |                        | 0.010         | 0.006       |        |
|             | Aval rejet STEP d'Ayent | 15.04.14 | 0.104   |           |            |             |        |          |                |          |             | 0.000  |              |             |           |         |           |              |             |             |              |          | 0.035                  | 0.005         |             |        |
|             | Aval rejet STEP d'Ayent | 30.04.14 | 0.094   | 0.014     | 0.200      |             |        | 0.007    |                |          |             | 0.098  |              | 0.010       |           |         | 0.164     |              |             | 0.008       |              |          |                        |               | 0.021       |        |
|             | Aval rejet STEP d'Ayent | 13.05.14 | 0.158   | 0.012     | 0.200      |             | 0.200  | 0.005    |                |          |             | 0.025  |              | 0.009       |           |         | 0.025     |              |             |             | 0.008        |          |                        |               | 0.035       |        |
|             | Aval rejet STEP d'Ayent | 27.05.14 | 0.095   | 0.015     | 0.900      |             | 0.300  |          | 0.007          | 0.195    |             | 0.037  | 0.010        |             |           | 0.031   | 0.018     |              |             | 0.087       | 0.006        |          |                        |               | 0.028       |        |
|             | Aval rejet STEP d'Ayent | 03.09.14 | 0.181   |           |            |             |        |          |                |          |             |        |              |             |           |         |           |              |             |             |              |          |                        |               |             |        |

En rouge : les valeurs dépassant la norme fixée par l'OEaux ( $\geq 0.1 \mu\text{g/l}$ )

En gris : les valeurs dépassant  $0.1 \mu\text{g/l}$  pour la caféine (pas de norme légale).

Les substances jamais détectées ne figurent pas dans ce tableau. Voir annexe 9 pour la liste complète des substances analysées...

## ANNEXES 3

**Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco, (9e édition, novembre 2013).**

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

F. Straub, 9e édition novembre 2013

## Table des matières

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

## 1. PREAMBULE

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

## 2. DESCRIPTIF DES METHODES

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

Dans chaque station, au minimum trois pierres du cours d'eau, situées dans le courant et immergées à environ 10-15 cm de profondeur, sont choisies. Sur chacune, le périphyton vierge d'algues filamenteuses est gratté à l'aide de l'appareil de Douglas (DOUGLAS, 1958) sur une surface de 4.9 cm<sup>2</sup>. 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 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sont ajoutés dans un pilulier de chaque station. Le traitement des échantillons est réalisé selon une des méthodes préconisées par le manuel s'application de la méthode suisse (STRAUB 1981 *in* HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2007 p. 129), légèrement modifiée : l'usage des acides à chaud a été remplacé par un traitement à H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à froid pendant 4 à 6 semaines.

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

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

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

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

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

### 2.2. Relevés de terrain

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

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

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

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

### 2.3. Densité de diatomées et biomasse

La densité de diatomées est exprimée en nombre de cellules de diatomées par cm<sup>2</sup>. Des variations de densité peuvent être liées à des fluctuations des concentrations d'engrais, de substances toxiques dans les eaux et de température. En rivière, la densité dépend aussi de l'énergie mécanique du courant, c'est pour cette raison que la vitesse de l'eau est estimée sur place, pour pondérer les interprétations de qualité d'eau (en cours d'eau lent, pour une même valeur nutritive de l'eau, la densité est en général plus élevée). En cas de fortes turbidités, le pouvoir d'érosion de l'eau est supérieur, si bien que la densité des diatomées (et du périphyton en général) est moindre. Cette analyse de densité des diatomées est réalisée en routine.

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

### 2.4. Taux de fragmentation des valves de diatomées

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

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

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

En rivière, dans les eaux courantes à des vitesses  $\geq 0.2$  m/s, les taux de fragmentation sont normalement  $\leq 60\%$  lorsqu'on utilise la méthode de préparation à HCl et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à froid. Des taux de 60 à 90% de fragmentation peuvent signaler soit des cas de mortalité liée à la toxicité des eaux (STRAUB et JEANNIN 2006), soit des cas de mélange de peuplements par dérive et/ou accumulation. L'utilisation d'acides à chaud provoque une fragmentation artificielle plus élevée que la méthode préconisée ici et libère également plus de bandes connectives (Hürlimann. J. com. orale 7.2013). Dans ce cas un étalonnage du taux normal de fragmentation doit être fait.

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

## 2.5. Base taxonomique

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

## 2.6. Diversité floristique

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

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

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

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

## 2.7. Diversité structurale du peuplement

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

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

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

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

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

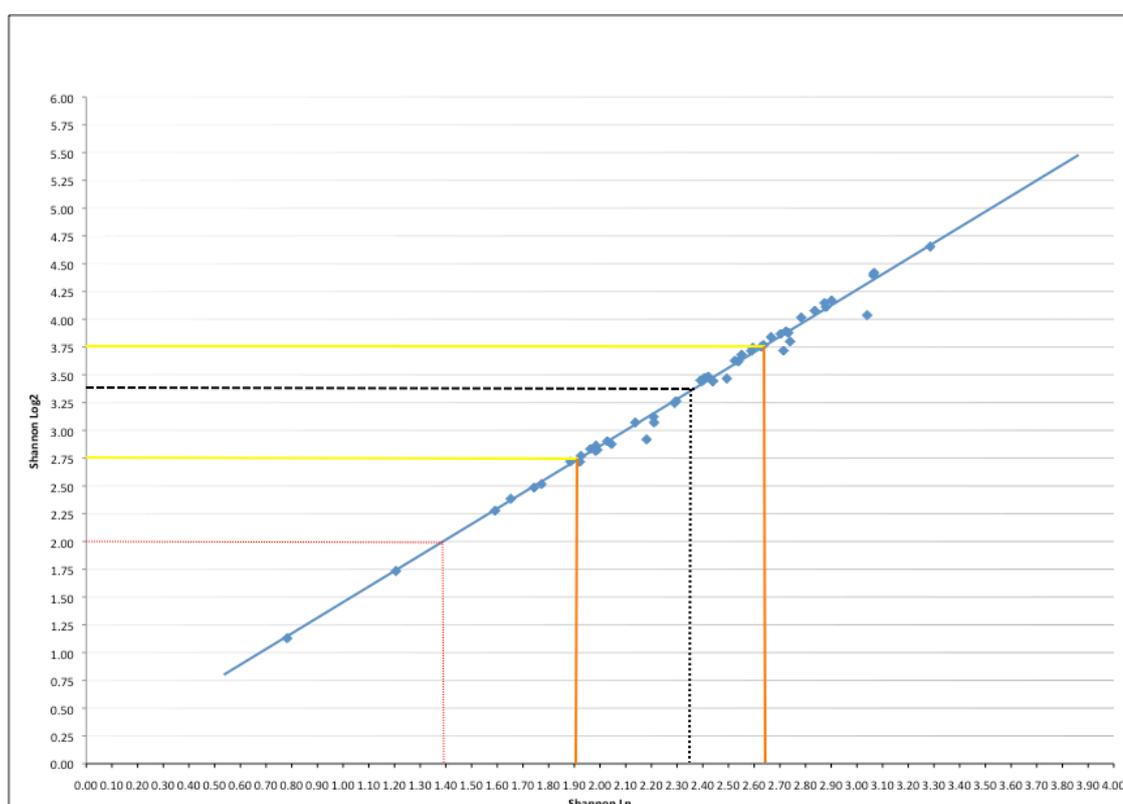


Figure 1 : correspondance entre les valeurs de l'indice de Shannon calculé en log2 et en ln

## 2.8. Degré de similitude des assemblages de diatomées

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

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

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

où  $y_1$  et  $y_2$  sont les deux échantillons comparés

$a$  = nombre d'espèces présentes dans  $y_1$  et  $y_2$

$b$  = nombre d'espèces présentes que dans  $y_1$

$c$  = nombre d'espèces présentes que dans  $y_2$

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

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

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

où  $D_{1,2}$  = dominance-identité entre les communautés 1 et 2

$q_i$  = la plus petite des deux fréquences relatives de l'espèce  $i$

$s$  = nombre total d'espèces dans les deux communautés

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

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

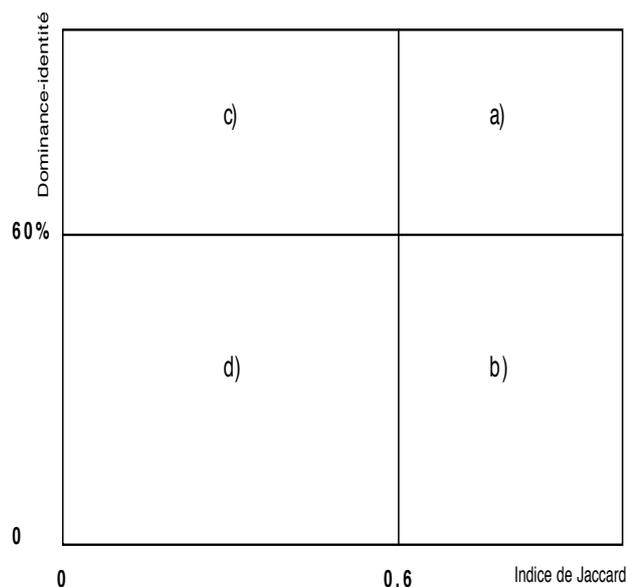


Figure 2 : cadre du diagramme de similitude servant à comparer deux communautés sur la base de l'indice de Jaccard et de la dominance-identité.

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

## 2.9. Taux de formes tératologiques

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

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

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

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

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

## 2.10. L'indice de perturbation physique (DIPI)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le DI-CH poursuit deux buts principaux :

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

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

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

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

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

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

- D<sub>i</sub> = valeur de classement du taxon i sur la base de sa préférence autoécologique
- G<sub>i</sub> = pondération du taxon i
- H<sub>i</sub> = fréquence relative du taxon i en %
- n = nombre de taxons de l'échantillon

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

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

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

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

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

## 2.12. Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.13. Le diagnostic du niveau trophique de l'eau

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

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

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

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

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

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

## 2.14. Diatomées et valeur patrimoniale des milieux naturels

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

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

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

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

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

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

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

## 2.15. Utilisation d'échantillons historiques de diatomées

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

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

### 3. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

## 4. ANNEXES

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

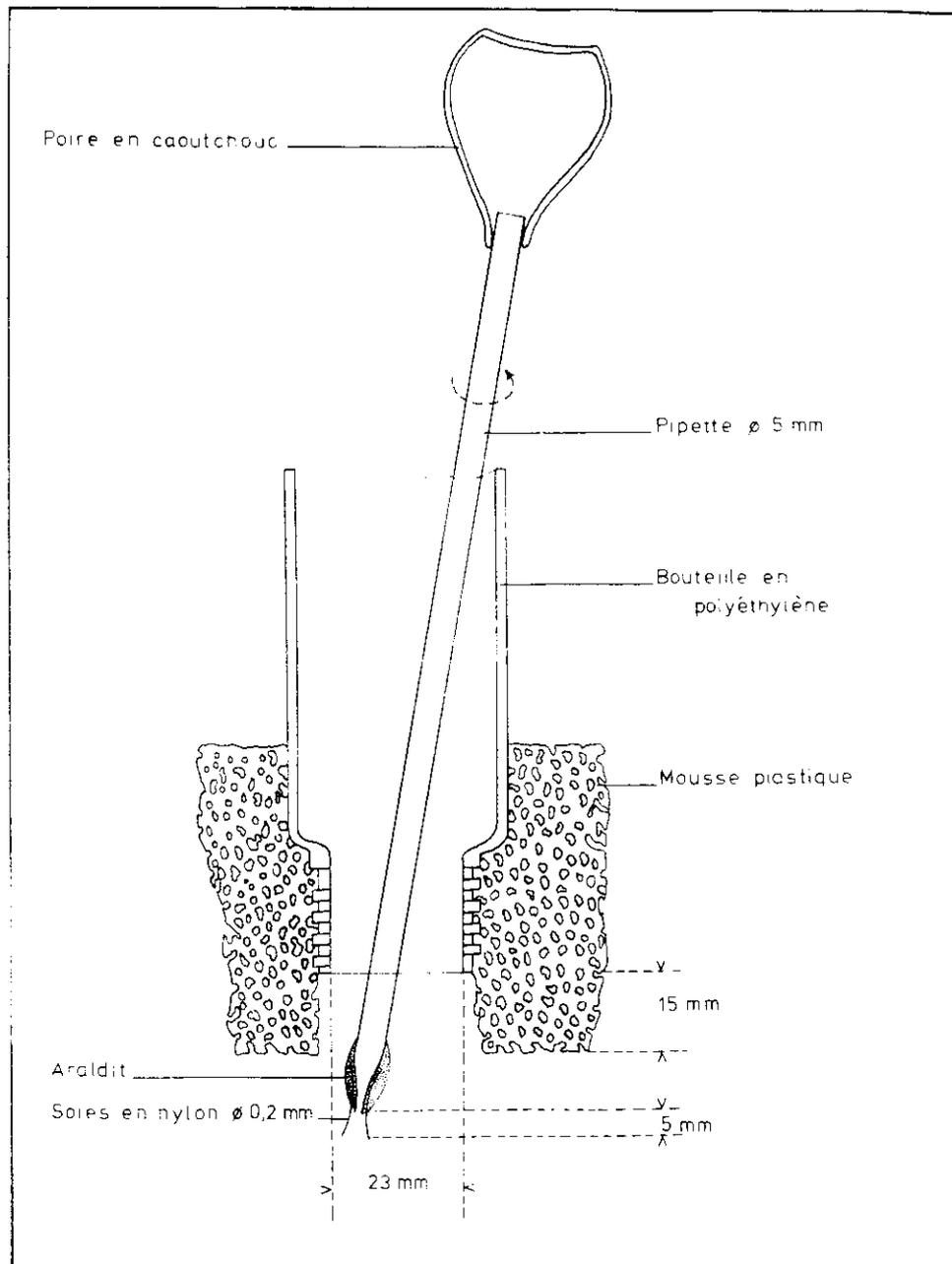
## Annexe I

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

### Protocole détaillé

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

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



Références :

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

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

## ANNEXES 4

**Tableau des résultats bruts des analyses des peuplements de diatomées du bassin versant de la Liègne en 2014.**

Voir fichier électronique