

# Mémoire de stage

Pour l'obtention du diplôme de Master II « Qualité des Eaux, des Sols et Traitements »

Spécialité Systèmes Aquatiques et Bassins Versants

Année universitaire 2014-2015

## Diagnostic écologique du ruisseau de Valbois



présenté par  
**Jennifer MILLAT-CARUS**

### Jurés :

**Pierre-Marie BADOT**, directeur du Master QuEST, Université Bourgogne Franche-Comté

**François DEGIORGI**, responsable de l'option SABV, directeur d'études et maître de conférences, UBFC

**Myriam EUVRARD**, responsable de l'option PTD, maître de conférences, UBFC

**Audrey BOLARD**, tutrice universitaire, ingénieure d'études, UBFC

**Hervé DECOURCIERE**, co-tuteur universitaire, ingénieur d'études, UBFC

**Dominique LANGLOIS**, maître de stage, Conservateur de la Réserve Naturelle Nationale du Ravin de Valbois (25)



**« Face à un monde qui change,  
il vaut mieux penser le changement que changer le pansement »**

Francis BLANCHE (humoriste),

Citation reprise par le professeur Humbert,  
Organisateur du colloque scientifique sur la Loue et les rivières comtoises



# Table des matières

Liste des figures .....	4
Liste des tableaux .....	6
Liste des annexes .....	7
Glossaire .....	9
Résumé / Abstract .....	10
Remerciements .....	11
Introduction .....	13
<b>Chapitre 1 - Le ruisseau de Valbois, une tête de bassin karstique au sein d'une Réserve Naturelle Nationale .....</b>	<b>14</b>
I. Situation géographique et topographique du ruisseau de Valbois .....	14
II. Vulnérabilité du ruisseau de Valbois situé en tête de bassin karstique .....	16
III. Un ruisseau affecté par différentes perturbations .....	17
1. Qualité physique du ruisseau de Valbois à l'échelle des tronçons (TELEOS, 2006) ...	17
2. Qualité physico-chimique et biologique du ruisseau de Valbois de 1995 à 2015 .....	19
<b>Chapitre 2 - Etude de la composante physico-chimique .....</b>	<b>20</b>
I. Méthodologie employée pour l'étude de la composante physico-chimique .....	20
1. Cas particulier du fonctionnement de la STEP de Chassagne-Saint-Denis .....	20
2. Etude des micropolluants et des polluants organiques sur différentes matrices .....	22
3. Exploitation des résultats .....	24
II. Résultats du fonctionnement de la STEP de Chassagne-Saint-Denis .....	24
1. Etude du flux d'eau qui traverse la STEP .....	24
2. Résultats du bilan 24h sur le bassin 2 .....	28
III. Résultats des analyses physico-chimiques sur l'eau du ruisseau de Valbois .....	30
1. Evolution longitudinale de la qualité physico-chimique de l'eau du ruisseau .....	31
2. Mise en relation des résultats de 2015 avec les résultats antérieurs .....	34
IV. Interprétation des résultats .....	36
1. Evaluation du fonctionnement de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis ...	36
2. Impacts des différentes sources de pollution sur la qualité du ruisseau .....	38
V. Critiques des méthodes .....	42
VI. Ouverture sur les pistes de recherche des sources potentielles de pollution du ruisseau de Valbois .....	42



<b>Chapitre 3 - Etude de la composante biocénotique .....</b>	<b>44</b>
I. Méthodologie employée pour l'étude de la composante biologique .....	44
1. L'étude de la biocénose benthique .....	44
2. Inventaire des imagos .....	45
3. Exploitation des données.....	47
II. Résultats de l'étude de la composante biologique.....	47
1. Evolution longitudinale du peuplement macrobenthique.....	47
2. Mise en relation des résultats antérieurs avec les résultats de 2015 .....	50
3. Estimation de l'état de toxicité du ruisseau de Valbois à partir de différentes méthodes.....	52
4. Evaluation de la richesse spécifique en Epheméroptères, Trichoptères et Plécoptères .....	54
III. Interprétation des résultats.....	56
IV. Critiques des méthodes .....	59
V. Ouverture sur des propositions d'amélioration du suivi de la qualité du ruisseau ...	59
<b>Conclusion .....</b>	<b>59</b>
<b>Liste des références bibliographiques .....</b>	<b>61</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>64</b>



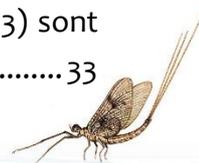
## Liste des figures

### Chapitre 1 - Le ruisseau de Valbois, une tête de bassin karstique au sein d'une Réserve Naturelle Nationale

- Fig. 1.1 :** Carte représentant la situation géographique du ruisseau de Valbois au sein de la réserve naturelle du ravin de Valbois. ....15
- Fig. 1.2 :** Résumé des différentes études réalisées sur le ruisseau de Valbois de 1995 à 2015 ..... 18
- Fig. 1.3 :** Schéma des trois grands secteurs morphologiques résumant la qualité physique du ruisseau de Valbois (support repris et réadapté par rapport à l'étude de TELEOS en 2006). .... 19

### Chapitre 2 - Etude de la composante physico-chimique

- Fig. 2.1 :** Représentation des différentes stations d'analyses pour le diagnostic écologique de 2015..... 22
- Fig. 2.2 :** Photo du regard de chasse en entrée de la STEP de Chassagne-Saint-Denis après le regard de dégrillage. (Cliché : Jennifer MILLAT-CARUS)..... 25
- Fig. 2.3 :** Fonctionnement hydrique observé courant juin 2015 sur la planche 3 de la STEP de Chassagne-Saint-Denis ..... 26
- Fig. 2.4 :** Fonctionnement hydrique observé courant juin 2015 sur la planche 1 de la STEP de Chassagne-Saint-Denis ..... 26
- Fig. 2.5 :** Rendements obtenus dans le bilan 24h de la STEP de Chassagne-Saint-Denis (12/07/2015) ..... 28
- Fig. 2.6 :** Evolution des débits ( $l.s^{-1}$ ) sur l'ensemble des stations échantillonnées lors des deux campagnes. L'écart type a été calculé puis appliqué à chaque débit à partir de l'erreur type donnée pour chacune des vitesses par le courantomètre. ....31
- Fig. 2.7 :** Concentrations en azote kjeldahl ( $mg.l^{-1}$ ) au printemps et en été sur les différentes stations d'étude..... 32
- Fig. 2.8 :** Représentation des résultats obtenus lors de la campagne d'étiage printanier pour les paramètres « DBO<sub>5</sub> », « DCO », « MEST » et « Oxygène Dissous (OD) ». Les classes de qualité de NISBET & VERNEAUX (1973) sont utilisées..... 33
- Fig. 2.9 :** Représentation des résultats obtenus lors de la campagne d'étiage printanier pour les paramètres « Azote Kjeldahl », « Nitrites », « Ammonium », « Phosphore total », « Phosphates » et « Nitrates ». Les classes de qualité de NISBET & VERNEAUX (1973) sont utilisées. .... 33



**Fig. 2.10 :** Mise en relation des classes de qualité (selon NISBET et VERNEAUX 1973) observées sur des concentrations maximales et moyennes de 1996-1998 et sur les concentrations ponctuelles de 2015. Seuls certains paramètres sont représentés afin de discuter des résultats sur le haut du bassin versant (a), au niveau de la confluence avec le ruisseau de Léri (b) et dans la partie aval du ruisseau de Valbois (c). .....35

### Chapitre 3 - Etude de la composante biocénotique

**Fig. 3.1 :** Stratégie d'échantillonnage initiale pour débiter l'inventaire des imagos d'Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères sur les stations 5 et 8 du ruisseau de Valbois. Exemple de l'alternance sur 4 semaines. ....46

**Fig. 3.2 :** Piège non automatique à lumière actinique. ....46

**Fig. 3.3 :** Utilisation du piège semi-automatique à ultraviolets. ....46

**Fig. 3.4 :** Mise en relation de l'abondance et de la proportion en EPT sur 12 prélèvements de chacune des 5 stations du ruisseau de Valbois. Les lettres « a » et « b » représentent les différences significatives obtenues via les tests statistiques. ....48

**Fig. 3.5 :** Représentation des indices de qualité biologique pour toutes les stations de chaque campagne : IBGN (robustesse), Coefficient d'aptitude biogène (Cb2), Indice de nature (In), Indice de variété (Iv).....49

**Fig. 3.6 :** Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 du printemps 1995 à l'été 2015 sur la station 6. « P » signifie « printemps », « E » signifie « été ».....51

**Fig. 3.7 :** Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 du printemps 1995 à l'été 2015 sur la station 8. « P » signifie « printemps », « E » signifie « été »..... 52

**Fig. 3.8 :** Représentation de la densité en Gammaridae (individus.m<sup>-2</sup>) calculée sur chacune des stations lors des deux campagnes de prélèvements de benthos. Les lettres « a » et « b » représentent les différences significatives obtenues par les tests statistiques..... 52

**Fig. 3.9 :** Indices Biologique de Contamination par les Toxiques obtenus sur chaque station au printemps et été 2015. Les gammes sont données par EAUX CONTINENTALES (2008)53



## Liste des tableaux

### Chapitre 2 - Etude de la composante physico-chimique

**Tab. 2.1 :** Détermination des concentrations en matières oxydables théoriquement mesurables dans le ruisseau de Léris à partir des charges polluantes mesurées en sortie de la STEP de Chassagne-Saint-Denis lors du bilan 24h et du débit d'étiage du ruisseau de Léris mesuré au printemps 2015. Les encadrés rouges mettent en avant les concentrations problématiques vis-à-vis de l'aptitude biologique.....29

**Tab. 2.2 :** Résultats des analyses d'eau sur le seul fossé en eau (lessivage des sols, été). Il est situé dans le lieu-dit de la Barode. .... 32

**Tab. 2.3 :** Résumé des activités éventuellement en cause de la dégradation du ruisseau de Valbois et association avec des pistes de recherches pour des études à réaliser (informations tirées du rapport de TELEOS (2015) et complétées pour les besoins de l'étude).....43

### Chapitre 3 - Etude de la composante biocénotique

**Tab. 3.1 :** Mise en relation de la variété générique obtenue par l'inventaire des EPT en 2015 avec le répertoire des espèces du Macrobenthos franc-comtois (SIALIS 2004).....54

**Tab. 3.2 :** Mise en évidence des différences de variété générique en trichoptères, éphéméroptères et plécoptères entre les stations 5 et 8. .... 55



## Liste des annexes

- ANNEXE 1** : Cartographie des zones d'assec du ruisseau de Valbois en période très restrictive (été 2003).
- ANNEXE 2** : Cartographie des traçages réalisés au sein du bassin versant du ruisseau de Valbois lors de plusieurs études.
- ANNEXE 3** : Cartographie retraçant la qualité physique du ruisseau de Valbois (TELEOS 2006).
- ANNEXE 4** : Schéma du fonctionnement théorique d'un filtre planté de roseaux avec explication du principe épuratoire, des procédés de traitement et de la circulation théorique de l'effluent.
- ANNEXE 5** : Résultats bruts du suivi des volumes et des débits en entrée et en sortie de STEP de Chassagne-Saint-Denis en 2015.
- ANNEXE 6** : Débits mesurés en entrée de la STEP de Chassagne-Saint-Denis le jour du bilan 24h (12 au 13 juillet 2015).
- ANNEXE 7** : Débits mesurés en sortie de la STEP de Chassagne-Saint-Denis le jour du bilan 24h (12 au 13 juillet 2015).
- ANNEXE 8** : Débits mesurés en sortie de la STEP de Chassagne-Saint-Denis durant 5 jours avant la réalisation du bilan 24h (de 8 juillet au 13 juillet 2015).
- ANNEXE 9** : Résultats du bilan 24h réalisé sur la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis en juillet 2015 (NALDEO, 2015).
- ANNEXE 10** : Présentation des résultats issus des tests réalisés au laboratoire pour évaluer l'efficacité des appareils de mesures autonomes.
- ANNEXES 11 et 11 bis** : Rapports présentant les résultats obtenus suite à la vérification de l'efficacité des appareils d'analyse autonomes.
- ANNEXE 12** : Exemple du calcul du débit sur les stations 8 et 9 lors de la campagne de printemps. Table de calcul automatisée issue du Département de l'Isère en 2013.
- ANNEXE 13** : Résultats des analyses d'eau réalisées sur le ruisseau de Valbois au printemps 2015 et en été 2015.
- ANNEXE 14** : Présentation des principaux résultats de résultats de la comparaison des concentrations en toxiques entre 2008 et 2014 (TELEOS 2015).
- ANNEXE 15** : Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG 20.
- ANNEXE 16** : Présentation de l'Indice Biologique de Contamination par Toxique (EAUX CONTINENTALES 2001).



**ANNEXE 17** : Photographies des différentes étapes de la réalisation d'un MAG20 ou d'un IBGN. A gauche ; le schéma de la station. En haut à droite ; le prélèvement à l'aide du filet Surber. En bas à droite, la mise en pot du support prélevé.

**ANNEXE 18** : Listes faunistiques des prélèvements de benthos en été et au printemps 2015 (fond vert/jaune : prélèvements utilisés pour l'ELGATOX, chiffres bleu : coquilles de mollusques vides, non comptés dans l'IBGN)

**ANNEXE 19** : Résumé des indices de qualité biologique calculés à partir des listes faunistiques de printemps.

**ANNEXE 20** : Résumé des indices de qualité biologique calculés à partir des listes faunistiques d'été.

**ANNEXE 21** : Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 de 1995 à 2015 sur la station 5.

**ANNEXE 22** : Evolution de la proportion en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères extraites à partir des IBGN 8 prélèvements réalisés depuis 1995 sur la station 3.

**ANNEXE 23** : Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 de 1995 à 2015 sur la station 9.

**ANNEXE 24** : Représentation de la densité en *Elmidae* (individus.m<sup>-2</sup>) calculée à partir du protocole elgatox réalisé sur chacune des stations lors des deux campagnes de prélèvement de benthos. Les lettres « a » et « b » représentent les différences significatives obtenues via les tests statistiques.

**ANNEXE 25** : Présentation des différents paramètres permettant de calculer l'IBCT et calcul de l'indice pour chacune des stations au printemps (A) et en été (B).

**ANNEXE 26** : Listes faunistiques des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères inventoriés en 2015.



## Glossaire

**Cb2** : Coefficient d'aptitude Biogène

**CEN FC** : Conservatoire d'Espaces Naturels de Franche-Comté

**CSP** : Conseil Supérieur de la Pêche

**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau

**DNE** : Doubs Nature Environnement

**EH** : Equivalents Habitants

**FPR** : Filtre Planté de Roseaux

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**IBCT** : Indice Biologique de Contamination par les Toxiques

**IBGN** : Indice Biologique Global Normalisé

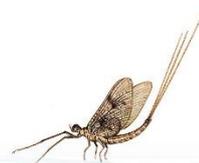
**In** : Indice de Nature

**Iv** : Indice de Variété

**RN(N)** : Réserve naturelle (nationale)

**ONEMA** : Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques

**STEP** : Station d'épuration



## Remerciements

Les missions confiées dans mon stage au sein de la Réserve Naturelle du Ravin de Valbois ont été menées avec le soutien de nombreuses personnes. Je souhaite particulièrement remercier :

**Dominique LANGLOIS, maître de stage et conservateur de la Réserve Naturelle Nationale du Ravin de Valbois**, pour sa patience et sa précieuse aide dans les sorties terrain,

**Frédéric RAVENOT, conservateur adjoint de la Réserve Naturelle Nationale du Ravin de Valbois**, pour sa disponibilité et sa bonne humeur,

**Myriam EUVRARD et François DEGIORGI, encadrants des options PTD et SABV**, pour leur aide sur des points fondamentaux du stage,

**Audrey BOLARD et Hervé DECOURCIERE, tutrice et co-tuteur**, pour leur disponibilité, leur investissement dans la vérification des taxons prélevés et leur implication tout au long du stage,

**Félix CHOPARD, maire de la commune de Chassagne-Saint-Denis, Pascal OUDOT et Vincent HUMBERT, ses adjoints**, pour leur aide dans le suivi et la compréhension du fonctionnement de leur station d'épuration,

**Pascal Charbonneau, technicien au service aménagement et eau du Département de l'Isère (maître de stage en licence professionnelle, 2013)**, pour ses nombreux conseils vis-à-vis de la problématique de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis,

**L'équipe de la Réserve Naturelle Nationale du lac de Remoray**, pour le prêt du piège lumineux semi-automatique,

**L'équipe du Conservatoire d'Espaces Naturels de Franche-Comté**, et notamment **Emilie CALVAR** pour le prêt de la mallette physico-chimie et **Mélanie PARIS** pour son aide sur les logiciels de Systèmes d'Informations Géographiques,

**L'équipe responsable des Analyses Chimiques Environnementales au laboratoire Chrono-Environnement**, pour m'avoir accueillie dans leur locaux et notamment **Christophe LOUP** pour m'avoir aiguillée dans les manipulations,

**Julie BRAND, collègue de formation en option PTD**, pour sa disponibilité le jour de la deuxième campagne d'analyses physico-chimiques,

**Le Syndicat mixte des milieux aquatiques du Hauts Doubs** pour le prêt du courantomètre,

**Quentin BOSC** pour les nombreux arrangements au niveau du matériel utilisé en commun tout au long du stage,

**Antoine GUILLOT**, pour sa disponibilité et son écoute à chacune des embouches de mon stage.

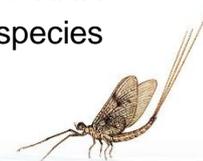


## Résumé

Le présent travail a été réalisé sur le ruisseau qui traverse la Réserve Naturelle Nationale (RNN) du ravin de Valbois, un véritable petit joyau de la nature situé dans la Haute Vallée de la Loue (25). Après avoir décelé de véritables problèmes de pollution organique et toxique sur le cours du ruisseau pendant les 20 dernières années, un nouveau diagnostic est réalisé en 2015 sur les composantes benthiques et physico-chimiques. D'une part, le ruisseau de Valbois ne peut pas exprimer entièrement ses capacités biogènes à causes de ses habitats impactés par l'Homme ou naturellement déficients. De plus, la pollution azotée détectée en 1995-1998 perdure et semble s'intensifier sur tout le cours du ruisseau en 2015. A la différence des conclusions d'études antérieures, le ruisseau de Léris ne serait plus une source majeure de pollution organique pour le ruisseau de Valbois. Le suivi du rejet de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis ainsi que son bilan de conformité ont révélé des rendements réglementaires excellents mais un dysfonctionnement hydrologique important avec probablement des fuites dans le karst. A propos de la pollution toxique, l'étude de la biocénose benthique a mis en évidence une forte chute de l'abondance du benthos ainsi que de très faibles proportions en taxons toxicosensibles notamment en amont. Ces constats viennent appuyer les résultats du suivi des micropolluants qui indiquent que l'état de poly-contamination du ruisseau perdure. Parmi les éphéméroptères, plécoptères et trichoptères inventoriés dans la RNN entre 2000 et 2015, 5 espèces sont rarement observées en Franche-Comté, 2 espèces sont moyennement à fortement vulnérables et 1 espèce possède un régionalisme développé.

## Abstract

In the present work, we study a stream which crosses a real little gem of nature of the high valley of the river Loue (25), the Natural National Reserve to ravine of Valbois. The results of previous study have shown organic and toxic pollution problems. A new environmental analysis will be conducted on 2015 about benthic community and physical/chemical components. Firstly, Valbois streams can't develop its biological capacity because of some habitats not really favorable to support benthic community. Moreover, the nitrate pollution detected between 1995 and 1998 continues and seems to become intensified on all the stream on 2015. Léris tributary does not seem to be a major source of organic pollution for Valbois stream. The output rate of treatment plant was followed and purifying yields have been studied. The water-treatment plant obtains excellent yields but the system has a hydrological dysfunction with likely leaks in the karst. The abundance of the benthos strongly fell and proportions of the part of benthic community which is sensitive to toxicological pollution are very small, in particular upstream. It comes to rest that the poly-contamination continues on this stream. Among the mayflies, stoneflies and caddisflies inventoried in the RNN between 2000 and 2015, 5 species are rarely observed in Franche-Comté, 2 species belong averagely to strongly vulnerable and 1 species is regional.



## Introduction

Le ravin de Valbois est un site d'exception situé dans la haute-vallée de la Loue et classé en Réserve Naturelle Nationale (RNN) depuis 1983 (décret ministériel n°83-941). Il offre une grande diversité de milieux en raison de ses caractéristiques géologiques. Il possède des versants forestiers de différentes expositions, des pelouses mésophiles et xérophiles et un fond de vallon frais et humide dans lequel ruisselle un petit cours d'eau qui porte le nom du ravin, le ruisseau de Valbois (LANGLOIS 2011). Le ruisseau naît au sein des prairies de la combe des Oyes puis s'encaisse dans des falaises escarpées où il chemine à travers des marmites de géants et des petites chutes avant de dévaler une cascade de plus de 40 mètres de hauteur. Plongé dans une ambiance forestière, le ruisseau de Valbois continue alors son chemin sur un linéaire de 4 kilomètres sur lesquels plusieurs affluents permanents et d'autres suintements temporaires viennent l'approvisionner avant de rejoindre la rivière Loue. Malgré le caractère exceptionnel du site, son statut juridique, les outils réglementaires et de gestion, différentes études menées depuis 20 ans sur le ruisseau de Valbois indiquent qu'il souffre de nombreuses perturbations d'origine physico-chimique (COEURDASSIER M & RICHARD S 1995, DOUBS NATURE ENVIRONNEMENT (DNE) 1998, TACHOT 1998, BULLE 2005, TELEOS 2006, PERIAT & DECOURCIERE 2009, TELEOS 2015). L'année 2015 est une date butoir pour se conformer à la Directive Européenne Cadre sur l'Eau (DCE) qui vise à restituer le bon état des masses d'eau et à veiller à leur non dégradation. Selon les scientifiques intervenant dans le dernier colloque sur la Loue (25) et des rivières comtoises (23 & 24 avril 2015 à Besançon), l'abondance en truites a chuté de moitié en 30 ans sur la rivière Loue et la diversité spécifique des invertébrés a diminué de 40% depuis les années 1970. Les raisons de cette détérioration sont multiples (polluants divers, morphologies des cours d'eau, réchauffement climatique). La présente étude est menée sur le ruisseau de Valbois, un affluent de la rivière Loue dans sa partie haute.

Le linéaire du ruisseau de Valbois est contaminé de façon plus ou moins importante par des matières organiques et oxydables. Notons les fortes concentrations en nitrates déjà relevées qui atteignent  $23,5 \text{ mg.l}^{-1}$  sur l'aval (DNE, 1998). Les organismes de la faune d'invertébrés benthiques sont particulièrement sensibles aux perturbations associées à la qualité de l'eau (PERIAT & DECOURCIERE, 2009) et leur étude via des indices synthétiques (Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) et Coefficient d'aptitude Biogène (Cb2)) a permis de montrer que le ruisseau de Valbois répond de façon intense à ces surcharges en différentes formes azotées et phosphorées. Les notes associées résultant de ces analyses oscillent entre 12/20 et 15/20 entre 1995 et 2008 selon les études menées par les précédents investigateurs. Selon PERIAT & DECOURCIERE (2009), les peuplements d'invertébrés aquatiques présentent des situations assez affaiblies, déséquilibrées et déficitaires en taxons très vulnérables, les notes obtenues ne correspondent pas à un niveau suffisant pour ce type de cours d'eau.



En 2012, la commune de Chassagne-Saint-Denis installe une station d'épuration qui rejette ses eaux dans le ruisseau de Valbois par l'intermédiaire du ruisseau de Léri, dont une partie s'écoule en souterrain. Le Conservatoire d'Espaces Naturels de Franche-Comté, gestionnaire de la RNN du ravin de Valbois depuis 2014, s'interroge aujourd'hui sur le fonctionnement de l'installation ainsi que sur la provenance des polluants organiques dont une partie est apportée par le ruisseau de Léri. La pollution d'origine organique n'est pas la seule problématique relevée sur le cours d'eau puisqu'une contamination d'origine toxique a aussi été détectée par deux séries d'analyses en 2005 et en 2008 (BULLE 2005, PERIAT & DECOURCIERE 2009). Les prélèvements de sédiments et de bryophytes de 2008 révélaient la présence d'un véritable cocktail composé par du mercure, de l'arsenic, des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et des pesticides chlorés. En 2015, bien que la situation semble s'être améliorée sur un certain nombre de paramètres appartenant notamment aux métaux lourds, elle reste très problématique sur d'autres éléments toxiques à très forte contamination (TELEOS 2015). Les micropolluants condensent les usages et activités agricoles, industrielles et domestiques de l'ensemble du bassin versant et les effets sont extrêmement dommageables sur le fonctionnement de l'hydrosystème et son édifice trophique (PERIAT & DECOURCIERE 2009).

La présente étude cherche à déterminer les causes limitant les capacités biogènes du ruisseau de Valbois en réalisant un diagnostic écologique complet du ruisseau. En effet, l'évaluation de l'état d'un cours d'eau ne se limite pas aux seuls aspects physico-chimiques, biologiques ou hydromorphologiques d'un cours d'eau et doit les prendre en compte conjointement. L'étude des différents compartiments du ruisseau de Valbois permettra de différencier les polluants organiques et les micropolluants pour déterminer leur impact sur l'état du cours d'eau. En complétant les résultats obtenus avec ceux des études antérieures, l'étude vise à déterminer les véritables sources de pollution sur le bassin versant. Les problématiques de vulnérabilité et de transferts dans les réseaux karstiques apicaux se devront d'être prises en compte afin de réfléchir à des propositions d'amélioration de l'état de conservation du ruisseau de Valbois. Le rapport d'étude sera articulé en trois chapitres dont le premier visera à définir les enjeux s'établissant au sein du bassin versant ainsi qu'à résumer les études antérieures réalisées sur le ruisseau de Valbois. Des prélèvements physico-chimiques ainsi que biologiques ont été réalisés suivant un protocole adapté aux études antérieures. Les deux chapitres suivants feront alors état de la méthode et des résultats du diagnostic physico-chimique et biologique du ruisseau. Ces chapitres mettront en relation les données antérieures pour interpréter ces résultats et les méthodes utilisées seront aussi critiquées. Les deux chapitres se termineront par des propositions d'amélioration, à court et à moyen terme, de l'état de conservation du ruisseau de Valbois.



## Chapitre 1 - Le ruisseau de Valbois, une tête de bassin karstique au sein d'une Réserve Naturelle Nationale

A l'extrême amont des cours d'eau, les têtes de bassin versant représentent notre « capital hydrologique » et constituent un milieu écologique à préserver (SDAGE Loire-Bretagne 2010-2015). Elles sont souvent de bonne qualité bien que très sensibles aux altérations (BAUDOIN *et al*, 2007) du fait de leur abondance, leur grande aire d'alimentation et leur faible débit qui les exposent à de forts risques de transferts de pollution. Par ailleurs, la qualité et la quantité de la ressource en eau à l'aval des bassins versants sont conditionnées par les têtes de bassin versant : il existe un réel enjeu quant à la compréhension des systèmes qui les régissent (ALEXANDER *et al*, 2007). Dans les régions karstiques, il semble que le risque de transferts et donc de contamination soit beaucoup plus élevé que dans un système non carbonaté en raison des très importantes conductivités hydrauliques et de la courte durée de résidence des eaux dans les conduits (HILLBRAND *et al*, 2015). Ce premier chapitre expose les enjeux du ruisseau de Valbois vis-à-vis de sa vulnérabilité et recense les études antérieures réalisées sur le ruisseau.

### I. Situation géographique et topographique du ruisseau de Valbois

Le Ravin de Valbois est situé dans le département du Doubs, à 30 km au sud-est de Besançon, près d'Ornans (10 km) (fig. 1.1). Il s'étend sur les communes de Cléron et de Chassagne-Saint-Denis, au cœur du site Natura 2000 des vallées de la Loue et du Lison (LANGLOIS 2011). Le ravin de Valbois entaille le premier plateau du Jura et représente une magnifique reculée géologique du massif jurassien où les pelouses sèches qui ourlent ses falaises calcaires abruptes arborent une faune et une flore singulières pour la Franche-Comté (PERIAT & DECOURCIERE 2009).

Au fond du ravin s'écoule un ruisseau qui porte le nom du ravin, le ruisseau de Valbois (fig. 1.1). Il prend sa source dans la combe des Oyes puis s'enfonce dans un petit canyon avant de franchir la cascade de Valbois, de plus de 40 mètres. Il dévale entre les blocs jusqu'à la confluence avec son principal affluent : le ruisseau de Léri, en rive droite. Son cours est ensuite régulièrement obstrué par des embâcles, des troncs couchés et des zones de gros blocs. Il serpente légèrement et rejoint la Loue, 1200 mètres en aval de la réserve naturelle. Son parcours dans la RN représente 3600 mètres sur ses 7000 mètres totaux (LANGLOIS 2011).



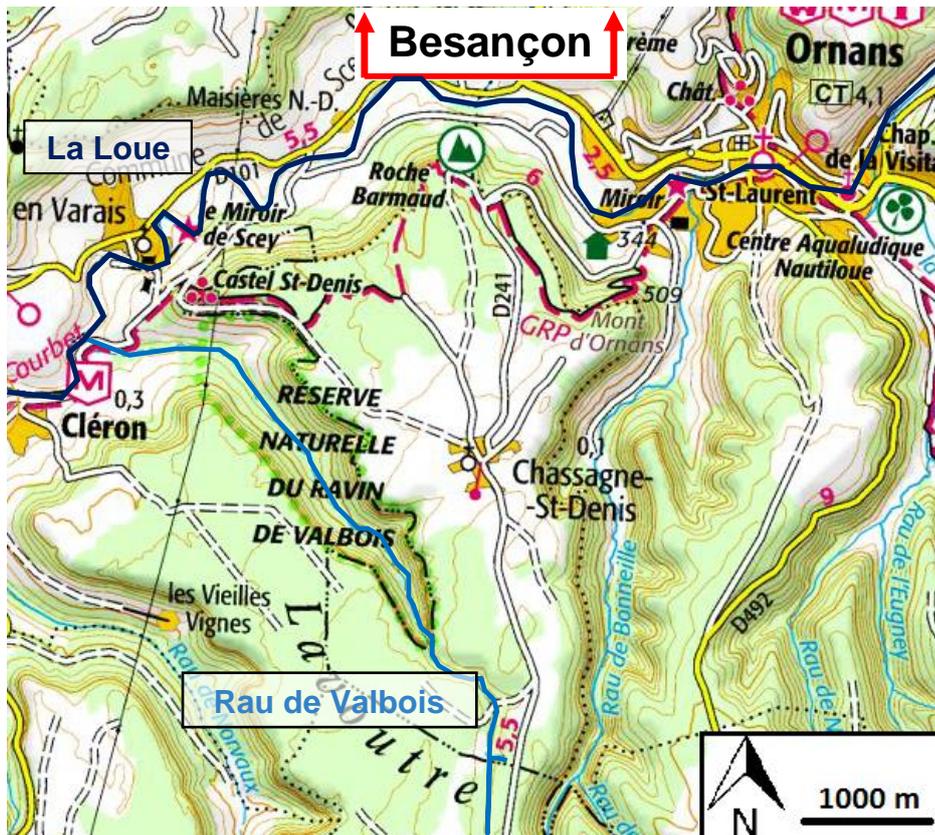


Fig. 1.1 : Carte représentant la situation géographique du ruisseau de Valbois au sein de la réserve naturelle du ravin de Valbois.

Le bassin versant topographique s'étend sur 11,5 km<sup>2</sup>, il a été délimité par COEURDASSIER & RICHARD en 1995 et précisé en 2013 par l'étude de BENOIST *et al.* Les nombreuses colorations réalisées à l'intérieur et à proximité du bassin topographique ressortent soit à Chauveroché (Ornans), soit au Bief Poutot (Lods), soit dans le réseau du Verneaux (Nans-sous-Sainte-Anne). Seule exception, la coloration réalisée en 1993 dans le puits perdu de la commune de Chassagne-Saint-Denis est partiellement ressortie dans le ruisseau de Léri (affluent du ruisseau de Valbois en rive droite), même si là-aussi, l'essentiel de cette coloration est ressorti à Chauveroché (Ornans) (DREAL de Franche-Comté - données synthétisées par David Martin - 2012). Le bassin versant hydrographique du ruisseau a été révisé en 2013 par l'étude de BENOIST *et al.*, il serait légèrement plus restreint que son bassin versant topographique. Le ruisseau de Valbois est alors essentiellement alimenté par des eaux de ruissellement tout au long de son cours. Néanmoins, il connaît aussi des zones de pertes qui engendrent alors d'importants assèchs en période sèche (An. 1). Les embâcles existants le long du ruisseau favorisent les trous d'eau et jouent ainsi un rôle de zone refuge pour la macrofaune (CHAMP 2004).



## II. Vulnérabilité du ruisseau de Valbois situé en tête de bassin karstique

Contrairement aux autres aquifères souterrains, la circulation de l'eau dans les aquifères karstiques augmente en permanence sa perméabilité, c'est pourquoi elle modifie graduellement le système hydrologique (SALOMON 2000). Les fissures et conduits s'élargissent en raison des phénomènes de dissolution, ce qui confère aux roches karstiques une capacité croissante à emmagasiner de l'eau. L'aquifère karstique possède des vides de grande dimension ainsi que différents types de porosité, complexifiant les écoulements. Les eaux souterraines sont alors susceptibles de circuler à une vitesse très importante (de quelques centimètres par heure à plusieurs centaines de mètres par heure) et cela fait des aquifères karstiques leur plus grande spécificité. Ils sont caractérisés par des phénomènes hydrauliques spécifiques tels que l'existence de pertes et de réseaux karstiques.

Selon COUTURIER & FOURNEAUX (1998), la compréhension des relations karst/rivière permet alors de définir l'organisation des flux entre les eaux souterraines et les eaux de surface. La compréhension du fonctionnement hydrogéologique des aquifères karstiques est d'autant plus importante que le karst est réputé comme étant très vulnérable aux pollutions par comparaison avec les autres aquifères (BAKALOWICZ *et al.* 1999). Ses fonctions géologiques, morphologiques et hydrogéologiques en font un paysage très sensible à une variété de problèmes de pollution et de dégradation (PARISE *et al.* 2004). Les eaux souterraines possèdent des temps de séjour trop courts, qui vont limiter les processus épuratoires au sein de l'aquifère (MUET & VIER 2011).

Au vu de la particularité accordée au fonctionnement d'un système karstique, des mesures supplémentaires doivent être prises en compte lors d'analyses réalisées sur le ruisseau de Valbois mais aussi lors de l'étude des flux au sein du bassin versant. D'une part, il sera important de réaliser des prélèvements d'eau en période de lessivage des sols et dans l'idéal, en attendant quelques orages localisés successifs, lorsque le karst restitue ce qu'il a emmagasiné pendant les premiers orages. Le karst possède aussi une forte capacité d'emmagasinement rapidement après la restitution, il faut donc être vigilant et surveiller très régulièrement le débit du ruisseau. A l'inverse, pour les prélèvements biologiques et physico-chimiques en étiage sur le ruisseau de Valbois, il est recommandé de réaliser plusieurs campagnes visant à obtenir des résultats en période de très basses eaux tout en évitant les assecs répertoriés sur certaines stations. D'autre part, bien que le bassin versant topographique soit indispensable pour déterminer les éventuelles sources de pollution du ruisseau de Valbois, son contexte karstique mène les investigateurs à approfondir leurs recherches vis-à-vis des flux existants entre la surface et l'aquifère. De nombreux traçages ont déjà été réalisés par plusieurs cabinets d'études (An. 2). Les résultats permettent d'écarter certaines pistes, d'en confirmer d'autres mais il reste encore des interrogations quant à la direction de certains flux d'eau en hautes eaux, puisque la plupart d'entre eux ont été étudiés en basses eaux.



### III. Un ruisseau affecté par différentes perturbations

L'étude de l'état de conservation d'un ruisseau passe inévitablement par l'analyse de trois composantes d'ordre physique, physico-chimique et biologique. Plusieurs études ont été menées sur le ruisseau de Valbois de 1995 à 2015 dans l'objectif de déterminer sa qualité et son état de conservation. Le ruisseau se voit alors attribuer un panel de résultats inquiétants. En plus des importantes concentrations en nutriments retrouvées sur le ruisseau, trois séries d'analyses en 2005, 2008 et 2015 ont décelé des contaminations par plusieurs types de micropolluants (BULLE 2005, TELEOS 2009 et 2015). Bien que le présent travail soit axé sur la qualité physico-chimique et biologique du ruisseau, la qualité physique et habitationnelle est la composante qui devra être prise en compte en premier lieu puisqu'elle permet de juger de la capacité d'accueil du ruisseau (TELEOS, 2006).

#### 1. Qualité physique du ruisseau de Valbois à l'échelle des tronçons (TELEOS, 2006)

Le diagnostic de l'habitat aquatique du ruisseau de Valbois a été réalisé par la société d'études TELEOS en 2006. Une approche standard mise au point par la DR 5 du CSP puis finalisée par TELEOS en 1999 a été utilisée. La méthode s'appuie sur une sectorisation préalable en tronçons fonctionnels homogènes au plan morphodynamique et repose sur l'appréciation chiffrée de la valeur des 4 grandes composantes de la qualité physique : hétérogénéité, attractivité, connectivité et stabilité (TELEOS, 2006). L'analyse du profil longitudinal et des ruptures de pente a été combiné aux trois zones asséchées, ce qui a permis de sectoriser le cours d'eau en 10 unités géomorphologiques homogènes. La qualité physique du cours d'eau est reportée sur un total de 30 600 points par tronçon et associée à une classe de qualité qui s'étend de A à E. La classe supérieure A répond à une situation conforme et ne correspond pas nécessairement à une condition optimale. La carte qui recense l'ensemble de ces informations est reportée en annexe 3. Le bilan de la qualité physique des tronçons du ruisseau de Valbois met en avant trois grands secteurs qui font apparaître des situations contrastées (fig. 1.2).

D'abord, le secteur apical du ruisseau affiche une qualité physique déficiente par des causes d'origine anthropique. En effet, d'après TELEOS (2006), la qualité physique du ruisseau de Valbois en amont de la Réserve Naturelle est souvent dégradée puisque 570 m du ruisseau ont été canalisés et que les berges sont colonisées par des plantations d'épicéas. Aussi, 15 mares pour la production de grenouilles rousses ont été creusées sur le lit majeur et mineur (FRANZONI, 2007). Cette qualité physique dégradée ne favorise ni la capacité du ruisseau à s'auto-épurer, ni le soutien des étiages TELEOS (2006). De part et d'autre de la cascade, la qualité de l'habitat est toujours médiocre mais la cause n'est plus anthropique puisque la connectivité latérale et longitudinale ainsi que l'attractivité sont naturellement déficientes. Le ruisseau de Valbois obtient une meilleure aptitude habitationnelle en aval de la confluence avec le ruisseau de Léri.



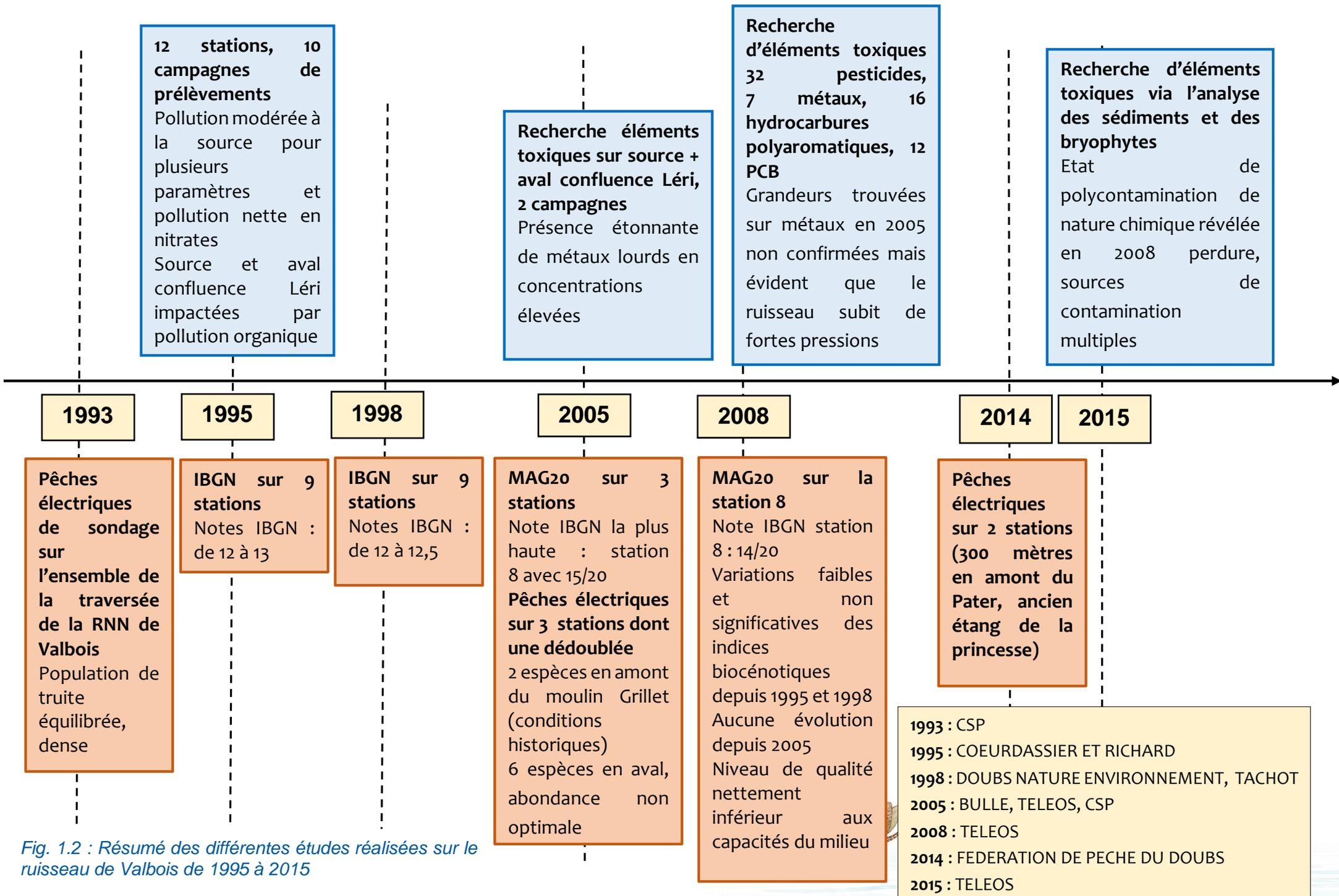


Fig. 1.2 : Résumé des différentes études réalisées sur le ruisseau de Valbois de 1995 à 2015

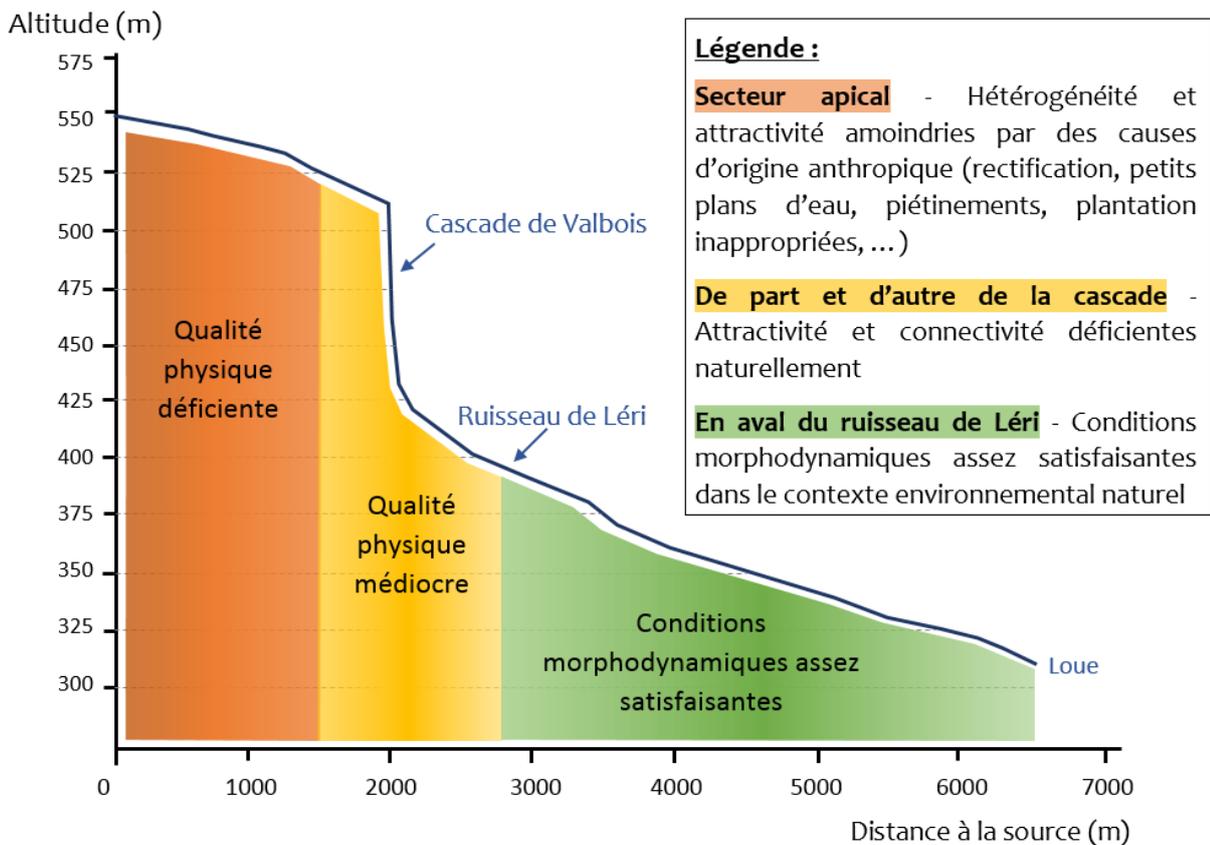


Fig. 1.3 : Schéma des trois grands secteurs morphologiques résumant la qualité physique du ruisseau de Valbois (support repris et réadapté par rapport à l'étude de TELEOS en 2006).

## 2. Qualité physico-chimique et biologique du ruisseau de Valbois de 1995 à 2015

A propos des composantes physico-chimiques et biologiques, le schéma ci-contre (fig. 1.3) met en évidence chacune des études réalisées sur le ruisseau de Valbois. Notons que les résultats des analyses antérieures sont seulement évoqués dans cette première partie, ils seront davantage comparés et discutés avec les résultats propres à cette nouvelle étude.

En résumant les données scientifiques obtenues sur le ruisseau de Valbois par les précédents travaux, ce premier chapitre aura permis de cibler les problématiques justifiant la réalisation d'une nouvelle étude sur le ruisseau de Valbois. Il sera indispensable de garder à l'esprit les prémisses du fonctionnement d'un système karstique pour en expliquer certains résultats.



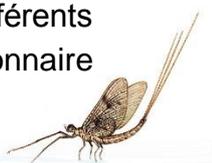
### I. Méthodologie employée pour l'étude de la composante physico-chimique

#### 1. Cas particulier du fonctionnement de la STEP de Chassagne-Saint-Denis

La commune de Chassagne-Saint-Denis s'est équipée d'une station d'épuration construite en janvier 2012 et mise en service en juillet 2012. Il s'agit d'un filtre planté de roseaux dimensionné pour une capacité de 75 équivalents habitants (EH). Le raccordement d'une partie des habitations de la commune de Chassagne-Saint-Denis à un système d'épuration collectif est une avancée à l'échelle du bassin versant de la Loue mais représente un risque potentiel pour le ruisseau de Valbois qui reçoit alors le rejet de la station d'épuration. Ce type de système doit faire l'objet de contrôles visant à quantifier les flux polluants des eaux résiduaires et ainsi à caractériser son fonctionnement. La mise en autosurveillance d'une STEP de moins de 500 EH doit être réalisée tous les deux ans sur un système équipé au minimum d'un dispositif de mesure de débit en entrée et d'un regard de prélèvement à la sortie. La réglementation associée à ce type d'analyse impose une mesure de débit en entrée de STEP et des prélèvements à intervalle régulier en entrée et en sortie sur une période de 24h prolongeables, d'où l'appellation « bilan 24h ». Par ailleurs, dans l'objectif de préserver au mieux le ruisseau de Léri qui réceptionne en souterrain les eaux résiduaires et donc le ruisseau de Valbois 300 mètres plus bas, deux rangées de saules ont été plantées en guise de traitement tertiaire des eaux résiduaires. Le schéma de l'annexe 4 résume le fonctionnement d'un filtre planté de roseaux (FPR).

Un suivi de l'ensemble des STEP de faible capacité est assuré par le service « eau et assainissement » du Département en question. Cependant, en ce qui concerne leur mise en autosurveillance, certains départements choisissent de se décharger de cette mission et de laisser les communes faire intervenir une société d'études, c'est le cas du Département du Doubs. Très peu soutenues dans ce type de démarche particulièrement technique, les communes ont bien souvent du mal à gérer seules les éventuelles problématiques sur leur station d'épuration.

Sur la STEP de Chassagne-Saint-Denis, de nombreuses questions ont été soulevées avant de faire intervenir la société d'études chargée de réaliser sa première mise en autosurveillance en 2015. Le gestionnaire de la réserve naturelle s'interroge sur la quantité d'eau résiduaire qui s'écoule dans le regard de sortie afin de rejoindre le traitement tertiaire assuré par les deux rangées de saules. Le regard de sortie est sec la plupart du temps et il est rare de voir couler de l'eau dans ce regard. Selon le constructeur de la STEP, la bâche imperméable qui doit être posée en dessous des couches filtrantes de graviers est quasiment inexistante car le cahier des charges réalisé au départ ne prévoyait pas d'en poser. Les discours portés par les différents acteurs ne concordent pas et aucun appui photo n'a pu être retrouvé. Le gestionnaire de la RNN décide alors de suivre le rejet de la STEP.



La STEP possède trois bassins qui fonctionnent à tour de rôle, afin de laisser un temps de récupération nécessaire à chacun des bassins. Sur la figure 2.1 a été rajouté le schéma de la circulation théorique de l'effluent à travers un filtre planté de roseaux ayant été construit au-dessus d'une bâche imperméable. Les trois bassins fonctionnent théoriquement de la même façon, c'est pourquoi le bilan 24h est fait sur un seul des trois bassins. Puisqu'un défaut d'étanchéité est suspecté, il va être indispensable de déterminer le flux d'eau entre l'entrée et la sortie pour chacun des trois bassins. Le volume en entrée de STEP est mesuré de façon théorique (cubage du regard d'entrée) et pratiquement à l'aide d'un tuyau équipé d'un compteur.

Les investigateurs ont imaginé plusieurs solutions pour suivre le débit de sortie, dont une d'entre elles a été retenue comme étant la plus fiable bien qu'elle soit très coûteuse en temps. Une bassine cubée a été placée au fond du regard de sortie et a réceptionné le rejet de la STEP. Le suivi consiste alors à se poster la journée entière sur la station d'épuration pour vider les bassines remplies au fur et à mesure de la journée et ainsi déterminer le volume sortant par rapport au volume entrant. Les investigateurs aidés par les adjoints du maire se rendent, en plus de cette démarche, de façon ponctuelle sur le site pour compléter leur suivi. Lorsque le pourcentage d'eau qui s'infiltré est connu pour chacun des trois bassins, il faudra faire intervenir un bureau d'études pour la mise en place du matériel d'auto-surveillance en respectant la période où le bassin le plus imperméable est en fonctionnement. Puisque le volume d'eau qui sort au rejet de la STEP de Chassagne-Saint-Denis semble être minime par rapport au débit entrant, il est incontournable de mesurer le débit en sortie de STEP afin de calculer les charges exactes en sortie et d'en déduire un abattement par rapport aux concentrations en entrée. Une des missions du stage consiste à expliquer les interrogations concernant le fonctionnement de la STEP à plusieurs bureaux d'étude et demander un devis pour la réalisation d'un bilan 24h. Il est fondamental de préciser qu'une mesure de débit se doit d'être réalisée en sortie de STEP, chose qui n'est pas évidente pour tous les bureaux d'étude puisque la réglementation impose seulement une mesure de débit en entrée. Dans ce type d'analyse, on considère que le débit de sortie correspond à celui en entrée, ce qui justifie que les STEP ne sont pas conçues pour prévoir les mesures de débit en sortie ; les regards sont étroits, il y a très peu de place pour positionner du matériel standard qui doit alors être adapté.

Des rencontres entre la commune, le Département, le bureau d'études choisi et le gestionnaire de la réserve naturelle vont permettre d'exposer les résultats du suivi réalisé courant mai et juin 2015 sur le flux d'eau traversant chacun des bassins de la STEP. Il s'agira là d'une étape importante permettant d'orienter le bureau d'études sur son bilan 24h, d'accompagner la commune pour la gestion de sa station d'épuration et d'informer les différents acteurs concernés sur le véritable fonctionnement de la STEP et de son système tertiaire. Le bureau d'études s'occupe ensuite de faire analyser les échantillons du bilan 24h, de la transmission des résultats à l'Agence de l'eau ainsi que d'un compte-rendu à la commune de Chassagne-Saint-Denis.



## 2. Etude des micropolluants et des polluants organiques sur différentes matrices

La composante physico-chimique d'une eau de rivière est étudiée à partir de nombreux paramètres analysés en parallèle et dont les résultats sont interprétés conjointement pour en obtenir les conclusions les plus justes. La fiabilité des conclusions dépend aussi de plusieurs facteurs, tels que le nombre de stations échantillonnées sur le ruisseau, le nombre de campagnes réalisées et le choix des périodes à laquelle les analyses sont faites. La qualité d'une eau de rivière s'apprécie à travers les analyses des composantes liquides (eau) et solides (sédiments, végétation). Les matrices solides telles que les sédiments et les bryophytes ont la capacité de compléter les analyses d'eau dans lesquelles certains polluants n'auraient pas pu être détectés. En effet, les sédiments et les bryophytes sont des supports intégrateurs à mémoire rémanente (TELEOS 2015) puisqu'ils possèdent la propriété d'assimiler et de concentrer certains éléments présents dans l'eau, comme les micropolluants organiques ou métalliques qui sont moins détectables dans l'eau lorsqu'ils sont présents en faible quantité. La présente étude s'appuiera sur les données issues de différentes campagnes de prélèvements axées sur la recherche de micropolluants ainsi que sur des analyses visant à évaluer l'évolution de la pollution organique sur le linéaire du ruisseau de Valbois afin de diagnostiquer sa qualité.

D'une part, la recherche des micropolluants sur le ruisseau de Valbois a été assurée par la société d'études TELEOS en 2008 comme en 2014. Ces deux années, 2 campagnes de prélèvements de sédiments et de bryophytes ont été réalisées sur 2 stations, en période de basses eaux, après les lessivages de printemps et d'été. Le site amont est situé en amont de la cascade, en aval de la clairière du clos des Oyes, et le site aval correspond à l'amont du seuil du « moulin Grillet » (fig. 1.2). Les analyses ont été réalisées par le laboratoire ABL Analytics SA (Delémont, Suisse), les résultats seront directement discutés dans la partie « Interprétation » de ce chapitre.

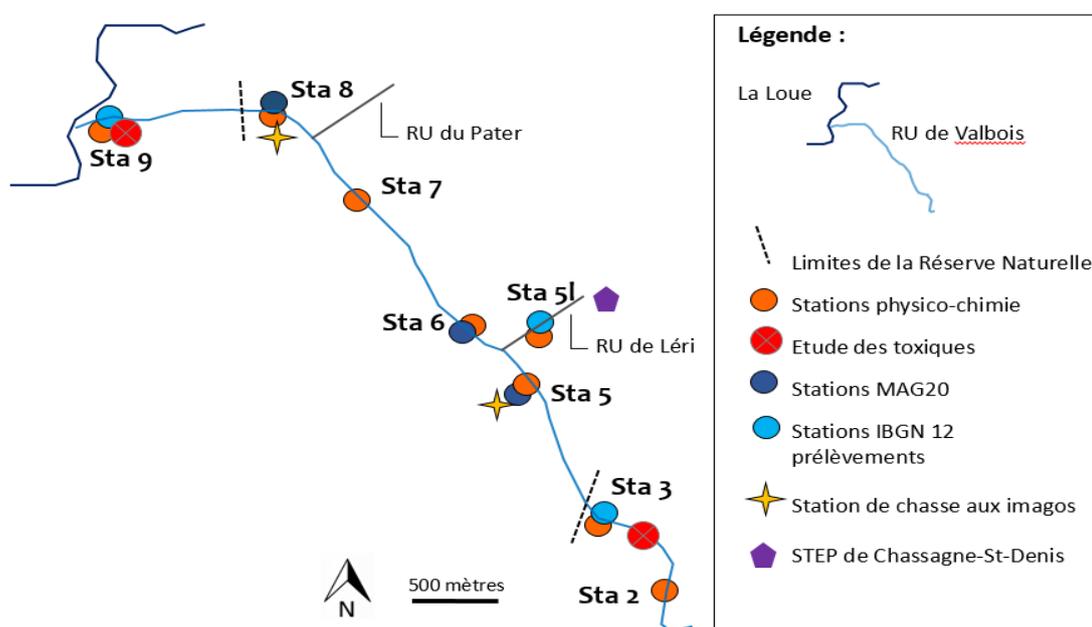


Fig. 2.1 : Représentation des différentes stations d'analyses pour le diagnostic écologique de 2015



D'autre part, la recherche de contaminants dans l'eau est essentielle pour compléter les résultats obtenus par la matrice solide. Elle nécessite la multiplication des campagnes de mesures à différentes périodes climatiques afin de déterminer l'évolution de la pollution organique sur le linéaire du ruisseau. 7 stations positionnées lors des études antérieures sont conservées et la station 5l (« l » pour ruisseau de Léri) a été ajoutée dans l'objectif de caractériser de façon précise l'impact du ruisseau de Léri sur le ruisseau de Valbois (*fig. 2.2*). Les éléments analysés sont : DBO5, DCO, MEST, Azote Kjeldahl, Phosphore total, nitrates, nitrites, ammonium, phosphates.

Le gestionnaire de la RNN souhaite mettre en place un suivi à moyen terme, il a alors besoin d'être le plus autonome possible dans l'analyse physico-chimique. Des photomètres portatifs sont réparés par la société Hanna Instruments et une mallette AQUAREAD est empruntée au service « LIFE tourbières » du Conservatoire d'Espaces Naturels de Franche-Comté pour initier le programme de suivi. Le laboratoire universitaire d'analyses des eaux « QUALIO Analyses et Environnement » (accrédité par le COFRAC) se charge des éléments qui ne peuvent pas être déterminés in-situ par les appareils que nous possédons. Tout de même, il sera indispensable de valider l'ensemble des résultats obtenus par les appareils autonomes en faisant analyser les premiers échantillons sur la totalité des paramètres choisis. Si les résultats ne concordent pas, des tests de vérification de la fiabilité du matériel seront entrepris au laboratoire chrono-environnement.

Les financements accordés au projet permettent de réaliser au moins deux campagnes de prélèvements physico-chimiques. Initialement, une campagne de prélèvements était programmée en période de hautes eaux de printemps et une autre campagne aurait dû être faite en étiage estival. En raison de la non-disponibilité du matériel en tout début de stage et des conditions particulièrement sèches à la suite, la campagne de prélèvement en hautes eaux n'a pas pu être réalisée, elle a été remplacée par une campagne d'étiage printanier. Les investigateurs ont réalisé la deuxième campagne lors d'une période de lessivage des sols. L'ensemble des 9 paramètres sont analysés par le laboratoire agréé sur 3 des 8 stations en guise de vérification. Pour des soucis économiques, il a été choisi de ne pas analyser toutes les stations dans la seconde campagne et de privilégier la prospection du secteur apical en ajoutant des analyses dans les fossés apicaux. Les prélèvements d'eau dans les fossés n'entrent pas dans le protocole strict d'analyse par station mais pourra être d'une grande aide pour déterminer la provenance en polluants via l'importance de leur charge.

Un courantomètre électro-magnétique a été emprunté à la Communauté de communes du plateau de Frasnès et du Val du Drugeon afin de mesurer le débit sur chacune des stations de prélèvement. La méthode utilisée pour le jaugeage sur chaque station suit le protocole de contrôle des débits règlementaires réalisé par l'Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques en appliquant l'article L. 214-18 du Code de l'Environnement (2011).



### 3. Exploitation des résultats

L'interprétation concernant le fonctionnement de la STEP de Chassagne-Saint-Denis ainsi que les résultats du bilan 24h sont complémentaires, ils apparaîtront sous forme de schémas et de graphiques commentés et ils seront interprétés ensemble.

Les résultats des campagnes physico-chimiques seront quant à eux présentés directement sur une double cartographie pour les résultats des basses eaux au printemps 2015 et à l'aide de graphiques pour la période de lessivage de sols. Les mesures de débits seront dépouillées à l'aide d'une feuille de calcul qui provient d'une formation suivie lors d'un stage au Département de l'Isère. Les résultats des paramètres physico-chimiques analysés seront associés aux mesures de débits pour en obtenir les meilleures interprétations. Rappelons qu'une partie seulement des analyses se fait au laboratoire. Pour une exploitation scientifique correcte des résultats, il sera alors indispensable de prendre en compte la disparité des appareils et justement des méthodes utilisées pour mesurer les nitrates, nitrites, phosphates et l'ammonium. Aussi, les investigateurs n'ayant pas trouvé d'informations valides auprès des fournisseurs quant aux limites de détection et de quantification pour chacun des paramètres, il sera obligatoire de les déterminer au laboratoire à l'aide de mesures sur des « gammes contrôle ».

## II. Résultats du fonctionnement de la STEP de Chassagne-Saint-Denis

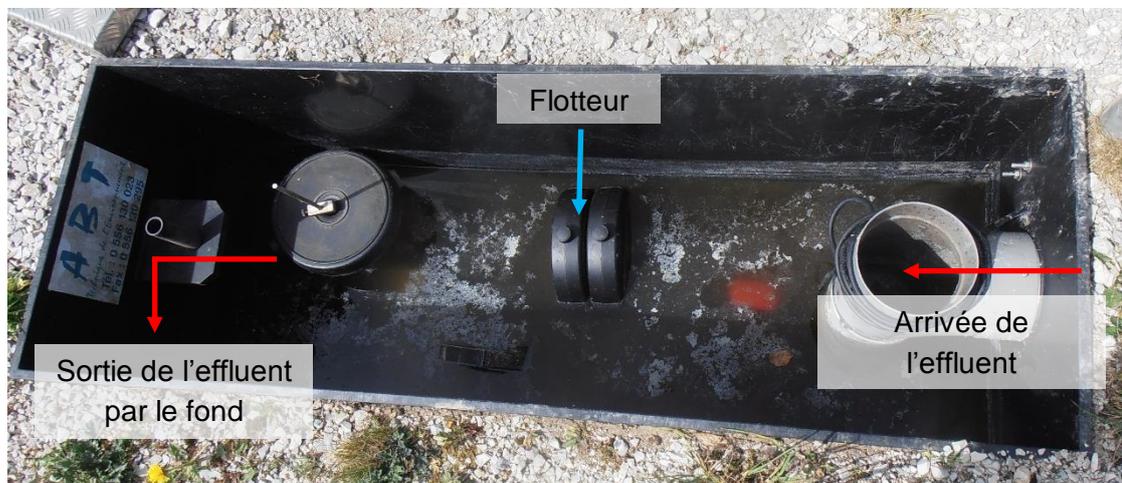
### 1. Etude du flux d'eau qui traverse la STEP

En raison des désaccords entre les différents acteurs de la STEP de Chassagne-Saint-Denis vis-à-vis de la présence d'une bâche ou non qui imperméabiliserait les trois bassins de la STEP, un temps important a été alloué à la compréhension des flux d'eau entre l'entrée et la sortie de la STEP. Le tableau en annexe 5 affiche les résultats bruts du suivi qui ont été transmis au bureau d'études choisi pour réaliser le bilan 24h (avec des précisions temporelles et climatiques). Il s'avère alors que les suspicions concernant le faible volume d'eau en sortie de STEP ont été vérifiées par ce suivi.

A partir du cas théorique présentant le système muni d'une bâche imperméable au fond des couches de graviers filtrants (*fig. 2.1*), il est déduit que le volume en sortie de STEP est similaire à celui en entrée, en sachant que la faible différence est due à l'évaporation et transpiration par le sol et les roseaux. Or, cela n'a été vérifié pour aucun des trois bassins de la STEP de Chassagne-Saint-Denis. Les figures 2.3 et 2.4 présentent les résultats des cubages en entrée et en sortie obtenus via ces nombreuses investigations réalisées à tour de rôle par les adjoints de la commune et les agents de la RNN du Ravin de Valbois (points de contrôle journaliers et journées de surveillance entières). Elle relate le cas des bassins 1 et 3 qui ont montré un fonctionnement différent, le 2 ayant été étudié plus tard, lors du bilan 24h de la STEP.



La « chasse » est le terme accordé au regard d'entrée de l'effluent dans la station d'épuration, après la phase de dégrillage (fig. 2.5). La capacité de ce regard mesurée au tuyau à compteur d'une part puis à l'aide de la formule théorique du volume d'un parallélépipède rectangle (en veillant à retirer les volumes en place des objets présents à l'intérieur) indique une capacité de 290 litres. Un système de flotteur déclenche l'ouverture du regard lorsque celui-ci atteint 290 litres et l'eau est dirigée dans l'un des trois bassins, cela s'appelle le « déclenchement de la chasse ».



Jennifer MILLAT-CARUS © 2015

Fig. 2.2 : Photo du regard de chasse en entrée de la STEP de Chassagne-Saint-Denis après le regard de dégrillage.

Les schémas résultant des investigations mettent en avant une différence flagrante par rapport à la traversée de l'effluent entre les bassins 1, 2 et 3. D'abord, lorsque l'effluent est dirigé vers les bassins 1 et 2, le regard de sortie reste sec pendant minimum 3 jours tandis que lorsque l'effluent est dirigé vers le bassin 3, le regard de sortie ne connaît aucune période à sec entre la fin de bassin 2 et le démarrage du bassin 3. Après 3 ou 4 jours de fonctionnement, le débit en sortie du bassin 1 a été mesuré sur un nombre conséquent de bâchées et correspond à moins de 1% du débit d'entrée. Quant au bassin 3, il s'avère que 14% de l'effluent d'entrée ressort immédiatement dans le regard de sortie (moins de 5 minutes après le déclenchement de la chasse).

Aussi, l'aspect des roseaux sur les trois bassins donne une bonne idée pour apprécier l'alimentation en eau de chacun d'entre eux. Les roseaux du bassin du milieu (n°2) se portent bien (même taille, couleur verte). Ils se dégradent lorsqu'ils atteignent les extrémités des bassins n° 1 et 3 ; ils sont plus petits, plus jaunes et sont mélangés à des graminées qui peuvent être signe de sécheresse puisque ces plantes y sont généralement résistantes. Selon la société d'études NALDEO, les bassins communiquent par le fond car les cloisons de séparation sont directement posées sur la bâche. Il semble que le système forme une cuvette, le bassin central n°2 stockerait donc une quantité plus importante d'effluent, ce qui expliquerait que les roseaux soient en meilleur état. Plusieurs hypothèses sont alors émises à partir des investigations.



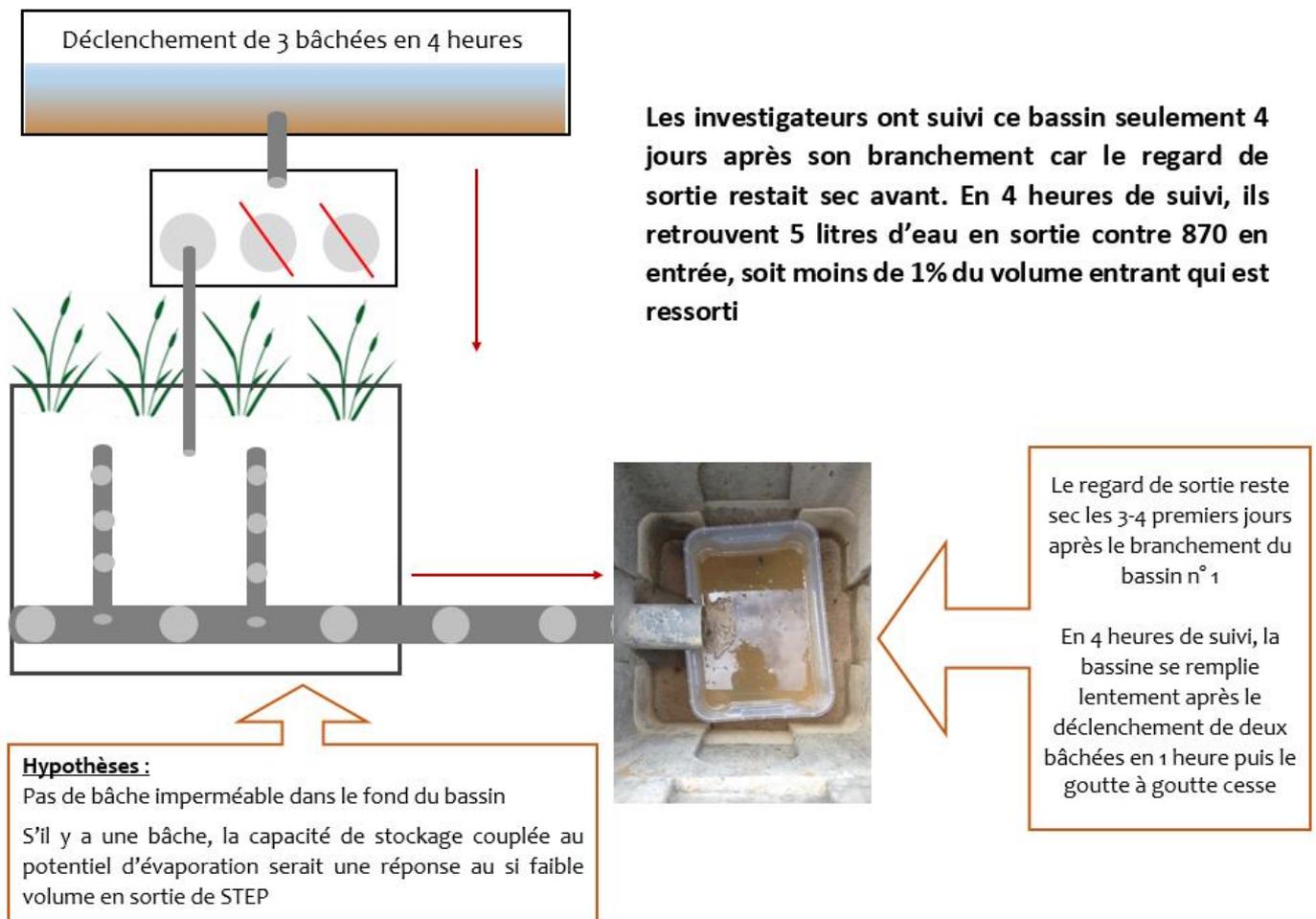


Fig. 2.3 : Fonctionnement hydrique observé courant juin 2015 sur la planche 1 de la STEP de Chassagne-Saint-Denis

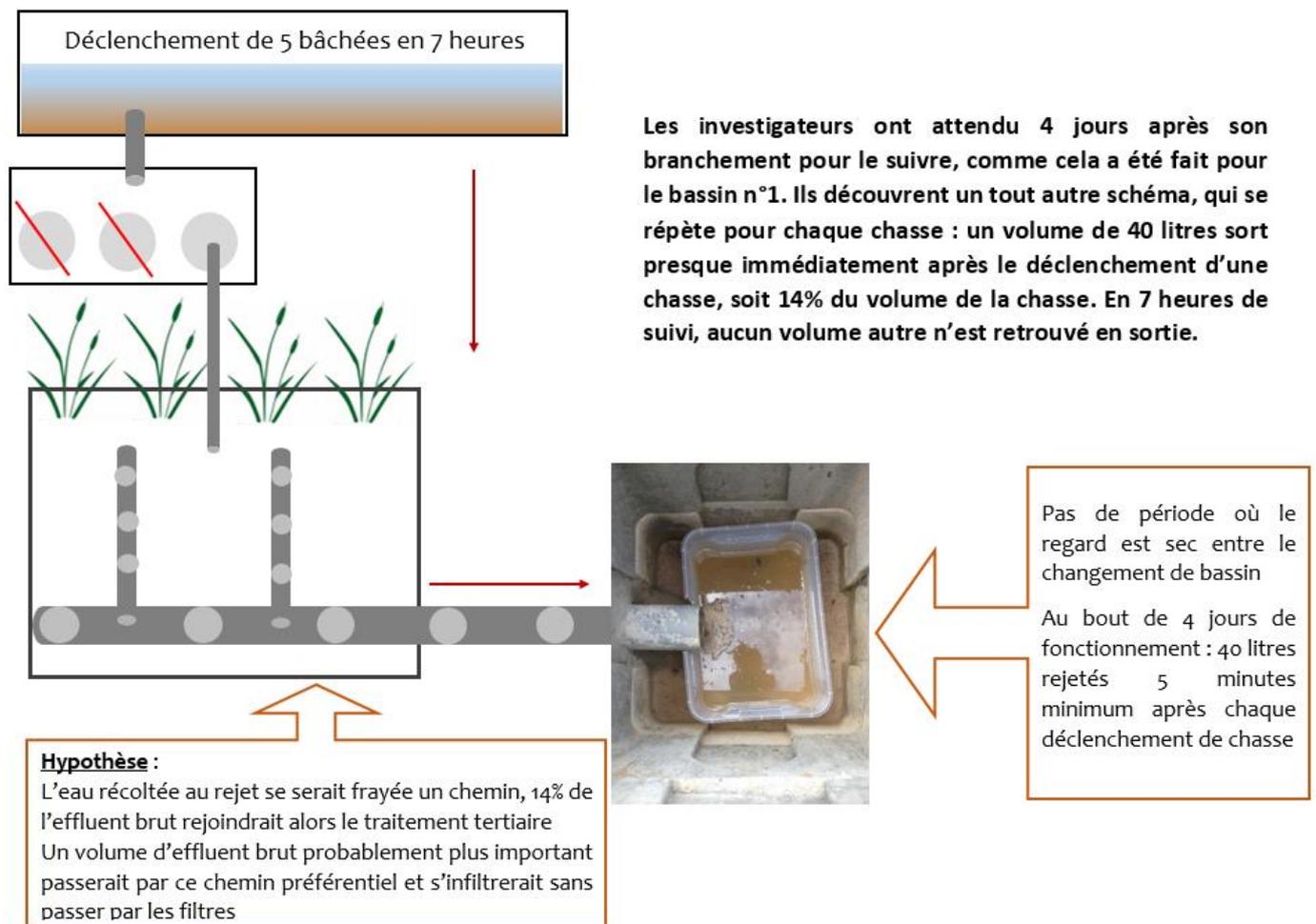


Fig. 2.4 : Fonctionnement hydrique observé courant juin 2015 sur la planche 3 de la STEP de Chassagne-Saint-Denis

D'abord, selon NALDEO, il se pourrait que la très faible quantité d'eau arrivant au rejet de la STEP pour chaque bassin soit normale du fait déjà du faible débit d'entrée de la STEP (62 EH). Les volumes peu élevés s'accumuleraient alors dans chacun des bassins dont la capacité de stockage est importante et une majeure partie serait restituée sous forme d'évapotranspiration avant même d'atteindre le fond des filtres. Il faudrait avoir un ordre d'idée de la mesure théorique de l'évapotranspiration estivale pour ce type de bassin afin de valider cette hypothèse et de considérer qu'il n'y a pas de fuites dans le karst. Par ailleurs, le débit d'entrée journalier théorique arrivant dans la STEP est différent du débit mesuré tout au long du suivi. Il est estimé théoriquement entre 5 et 6 m<sup>3</sup> en comptant 80 à 100 litres d'eau usées quotidien par habitant en milieu rural (150 l.j<sup>-1</sup>.EH<sup>-1</sup> en milieu urbain), soit 1,5 fois le débit quotidien mesuré lors du suivi (3 à 4 m<sup>3</sup> maximum pour un nombre moyen quotidien de 13 bâchées). Cela fonde une hypothèse supplémentaire à propos d'éventuelles fuites dans le réseau d'eau, en amont de la STEP.

Ensuite, concernant la particularité du fonctionnement sur le bassin 3, il paraît évident que l'eau qui s'écoule directement après le déclenchement de la chasse ne soit pas du tout passée par les filtres de traitement du bassin. L'eau se serait probablement frayée un chemin préférentiel qui la ferait passer par ce bac de rejet avant de rejoindre le traitement prévu comme étant tertiaire initialement. Une partie de la question restera probablement sans réponse puisqu'aucun volume supplémentaire n'est retrouvé en sortie de STEP. Le reste du volume d'entrée non retrouvé en sortie pourrait alors être stocké puis évaporé comme le propose l'hypothèse générale sur les trois bassins, mais il se pourrait aussi qu'une partie s'infilte sans passer par le regard de rejet.

Au vu des résultats du suivi du flux d'eau dans chacun des bassins et de l'aspect des roseaux, la commune estime que le bassin qui fonctionne le mieux est le bassin 2 et souhaite alors faire son bilan 24h sur ce bassin. Même si l'ensemble des eaux filtrées par ce bassin ne ressort pas forcément au regard de sortie (évaporation, évapotranspiration, fuites dans le karst), on peut considérer que les eaux analysées en sortie du bassin 2 illustrent bien le fonctionnement de ce bassin. Il est par contre inéluctable que les résultats de ce bilan 24h ne puissent représenter le véritable fonctionnement de la STEP. Le gestionnaire de la Réserve Naturelle s'appuie sur la bonne entente avec la commune de Chassagne-Saint-Denis et sa sensibilité vis-à-vis des problématiques encore non résolues pour continuer à investiguer sur le fonctionnement de cette STEP.

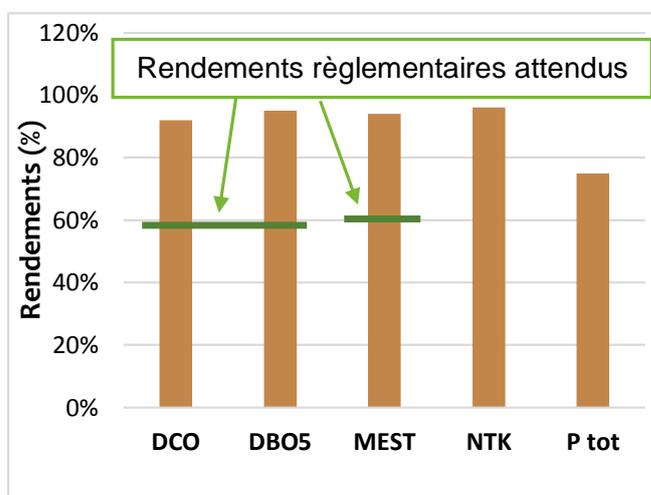


## 2. Résultats du bilan 24h sur le bassin 2

Le bilan de pollution de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis a été réalisé courant juillet 2015. Suite à nos nombreuses interrogations, la société chargée de réaliser ce bilan décide de poser le matériel avant la date du bilan 24h afin de mesurer les débits en sortie les premiers jours du branchement de la planche.

D'abord, le débit mesuré en sortie de STEP le jour du bilan est trois fois plus faible que le débit mesuré en entrée de STEP ce même jour puisqu'on passe de 3 m<sup>3</sup> en entrée à 1 m<sup>3</sup> en sortie. De plus, l'évolution du débit au cours de la journée ne semble pas suivre tout à fait le même schéma du 8 juillet au 12 juillet mais le débit moyen journalier en sortie est équivalent à 1 m<sup>3</sup> chaque jour. Les graphiques des débits en entrée et en sortie sont répertoriés dans les annexes 5 à 7.

Ensuite, les résultats des analyses de l'effluent brut et traité sont disponibles en annexe 9 et les rendements épuratoires dans le graphique qui suit (fig. 2.6). Le rendement d'une station d'épuration est calculé sur les matières oxydables, il correspond au rapport entre la pollution éliminée et la pollution traitée.



Les performances épuratoires observées sont conformes aux performances minimales des stations d'épuration qui doivent traiter une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 120 kg/j de DBO5 : la concentration DBO5 en sortie ne dépasse pas 35 mg.l<sup>-1</sup> et les rendements minimum sont supérieurs à 60% pour la DBO5, à 60% pour la DCO et 50% pour les MES.

Fig. 2.5 : Rendements obtenus dans le bilan 24h de la STEP de Chassagne-Saint-Denis

Ces rendements n'ont été établis que sur la DBO5, la DCO, les MEST, l'azote kjeldahl et le phosphore total. Dans le cadre du diagnostic écologique du ruisseau de Valbois, nous nous étions assurés que l'azote nitrique, azote nitreux, azote ammoniacal et l'azote total étaient bien analysés en entrée et en sortie. En effet, la dégradation aérobie des polluants n'est pas adaptée pour des normes strictes en termes d'azote total et de phosphore (MOLLE 2012). Les concentrations en azote nitreux et en azote nitrique qui entrent dans la STEP ont respectivement été multipliées par 110 et 390 en sortie de STEP tandis que les concentrations en azote ammoniacal et en azote total diminuent respectivement de 94% et de 32%. Il est important de souligner que les concentrations obtenues en sortie de STEP, lorsque l'effluent passe bien par le regard de sortie, ne sont pas les concentrations qui rejoignent le milieu récepteur puisque les buses qui partent du regard de sortie alimentent le traitement tertiaire de saules.



Par ailleurs, puisque nous ne sommes pas en mesure de déterminer précisément la part des saules dans l'épuration de l'effluent sortant de la STEP, les concentrations en sortie ont toutes été mises en relation avec le débit d'étiage du ruisseau de Léri afin de déterminer, sans prendre en compte l'épuration par les saules, les concentrations diluées dans le ruisseau de Léri en étiage. Remarquons que les concentrations de sortie ne sont pas tous les jours identiques et que les données qui suivent ne sont qu'un aperçu du facteur de dilution du ruisseau de Léri sur le rejet de la STEP (tab. 2.1).

*Tab. 2.1 : Détermination des concentrations en matières oxydables théoriquement mesurables dans le ruisseau de Léri à partir des charges polluantes mesurées en sortie de la STEP de Chassagne-Saint-Denis lors du bilan 24h et du débit d'étiage du ruisseau de Léri mesuré au printemps 2015. Les encadrés rouges mettent en avant les concentrations problématiques vis-à-vis de l'aptitude biologique.*

Paramètres	Débits Léri (l.s <sup>-1</sup> )	Charges (mg.s <sup>-1</sup> )	Concentrations (mg.l <sup>-1</sup> )
<b>DBO5</b>	<b>0,4</b>	1,0	2,5
<b>DCO</b>		0,29	0,7
<b>MEST</b>		0,24	0,6
<b>NTK</b>		0,09	0,2
<b>P tot</b>		0,09	0,2
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>		2,00	5,00
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>		0,02	0,04
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>		0,04	0,1
<b>N tot</b>		0,55	1,4

Lorsqu'elles sont asservies au débit d'étiage mesuré au printemps 2015 (0,4 l.s<sup>-1</sup> soit 40 m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>), certaines concentrations en sortie de STEP affichent des classes de qualité non conforme à l'aptitude biologique. C'est le cas pour le phosphore total qui indique une mauvaise aptitude biologique (SEQ-EAU), celles de l'ammonium et des nitrites qui indiquent une pollution insidieuse sensible (NISBET & VERNEAUX 1970) et celle des nitrates qui entre en limite supérieure de la classe 3.



### III. Résultats des analyses physico-chimiques sur l'eau du ruisseau de Valbois

Au cours de ces 20 dernières années, le ruisseau de Valbois a fait l'objet de nombreuses études qui ont suivi une trame relativement commune mais dont les protocoles témoignent de l'avancée des recherches scientifiques. Nous attachons une importance à dévoiler les résultats de la présente étude tout en les associant aux études antérieures de la meilleure façon qu'il soit pour que l'abondance de données soit aisément interprétable. Les grilles d'aptitude à la biologie du SEQ-Eau (Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'eau 2003) ainsi que les classes de qualité de proposées par NISBET & VERNEAUX (1970) seront associés à chaque résultat abordé en sachant que les classes définies par NISBET & VERNEAUX sont plus basses, propres à chaque paramètre et indispensables pour discuter de la qualité d'une eau naturelle. Elles n'ont pas été définies pour tous les paramètres, c'est pourquoi le code couleur de SEQ-Eau sera conjointement employé (de bleu ; très bonne aptitude à la biologie, à rouge ; inaptitude).

Les campagnes d'analyse physico-chimie sur les huit stations ont permis de faire un état du cours d'eau en période de basses eaux printanière et de lessivage des sols en été. Pour la campagne de lessivage des sols, toutes les stations n'ont pas pu être analysées pour des raisons financières, au profit d'une analyse d'eau dans un fossé apical. La première station (sta2) qui doit faire état de la pollution sur le haut du bassin versant a alors été remplacée directement par la station 3 en amont de la cascade. Les stations 7 et 9 (amont confluence Loue) n'ont pas été analysées non plus.

De plus, les concentrations en nitrates et en phosphates ne sont pas renseignées pour toutes les stations puisque leur vérification par le laboratoire sur 3 stations a mis en évidence certaines différences qui semblaient anormales. Pour les comprendre, nous avons déterminé les limites de détection et de quantification pour les paramètres phosphates et nitrites au sein du laboratoire universitaire et nous avons vérifié la fiabilité des différents appareils de mesures (résultats répertoriés en annexe 10). Concernant les phosphates, il s'avère que l'appareil de mesure possède une sensibilité trop importante. Concernant les nitrates et l'ammonium, nous avons obtenu tardivement les limites de détection des sondes multiparamètres auprès du fournisseur (0,5 mg.l<sup>-1</sup> pour les nitrates et 1 mg.l<sup>-1</sup> pour l'ammonium) mais ce dernier n'a pas su nous donner les limites de quantification indispensables à l'interprétation de nos résultats. Elles n'ont pas pu être mesurées non plus précisément au laboratoire par manque d'informations lors de la période dédiée aux manipulations. Nous avons alors suivi la théorie qui la fixe à 3,33 \* LD, soit 1,7 mg.l<sup>-1</sup> pour les nitrates et 3,3 mg.l<sup>-1</sup> pur l'ammonium.

Un rapport pour chacun des fournisseurs a été dressé au sujet des différents problèmes et des limites rencontrés (An. 11 et An. 11 bis).



## 1. Evolution longitudinale de la qualité physico-chimique de l'eau du ruisseau

L'évolution du débit du ruisseau de Valbois pour les deux campagnes rend compte des arrivées d'eau latérales mais aussi des pertes karstiques justifiant la tendance à l'assec de certains tronçons, visible lors de la campagne de basses eaux printanières (fig. 2.7). Deux exemples du calcul du débit sont reportés en annexe 12.

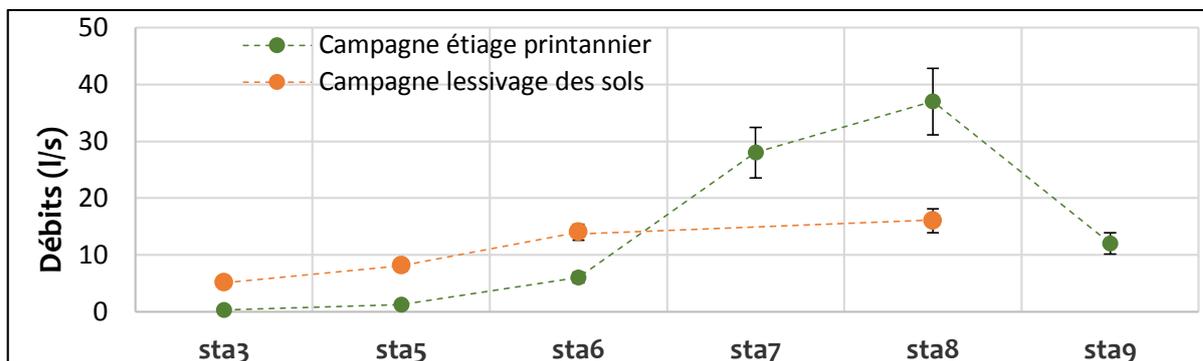


Fig. 2.6 : Evolution des débits ( $l.s^{-1}$ ) sur l'ensemble des stations échantillonnées lors des deux campagnes. L'écart type a été calculé puis appliqué à chaque débit à partir de l'erreur type donnée pour chacune des vitesses par le courantomètre.

La campagne de mesure en étiage printannier a été réalisée sur l'ensemble des stations et permet d'observer la croissance lente du débit de la station 3 à la station 6, la forte croissance jusqu'à la station 8 puis la chute de débit de la station 8 à la station 9. Cette tendance semble être identique de la station 3 à la station 6 en période de lessivage des sols estival, ce qui n'est pas le cas par la suite.

Les résultats des analyses d'eau pour les deux campagnes sont recensés dans l'annexe 13. Ils ont été travaillés après avoir procédé à la vérification de l'efficacité des appareils via des gammes contrôle et la détermination des limites de détection et de quantification pour les différents paramètres. Une cartographie double de ces résultats a été dressée pour la campagne de printemps :

- fig. 2.8 : Oxygène Dissous, DBO5, DCO et MEST.
- fig. 2.9 : Nitrates, Nitrites, Ammonium, Phosphates, Phosphore tot, Azote Kjeldahl.

La double cartographie reprend les teneurs des différents paramètres à l'aide d'un code de taille qui suit les classes de qualité proposées par NISBET & VERNEAUX (1970) préférentiellement ou par le SEQ-Eau pour celles qui n'y apparaissent pas. Au vu des résultats des deux campagnes, il semble que 5 paramètres obtiennent des concentrations comprises dans les meilleures classes de qualité selon ces deux références, pour toutes les stations. Il s'agit de la DBO5, la DCO, les MEST, les phosphates et le phosphore total. Lors de la campagne de printemps, ces concentrations sont tout de même les plus élevées sur les stations en amont dont les concentrations en oxygène dissous sont aussi plus faibles par rapport au reste du ruisseau (73% à 84%). Les classes de qualité pour l'ammonium et les nitrites ne peuvent être associées qu'aux stations dont les teneurs ont été vérifiées par le laboratoire car la limite de détection des appareils de mesure est trop haute (1 ppm



pour l'ammonium et 0,1 ppm pour les nitrites) par rapport aux limites déclassantes de ces paramètres. Les teneurs en ammonium et en nitrites semblent tout de même être les plus élevées sur la station 2, ce qui correspond à la classe « 2 » selon NISBET et VERNEAUX. Les paramètres les plus déclassant sont les nitrates et l'azote Kjeldahl, dont les concentrations sont particulièrement élevées sur certaines stations (fig. 2.9).

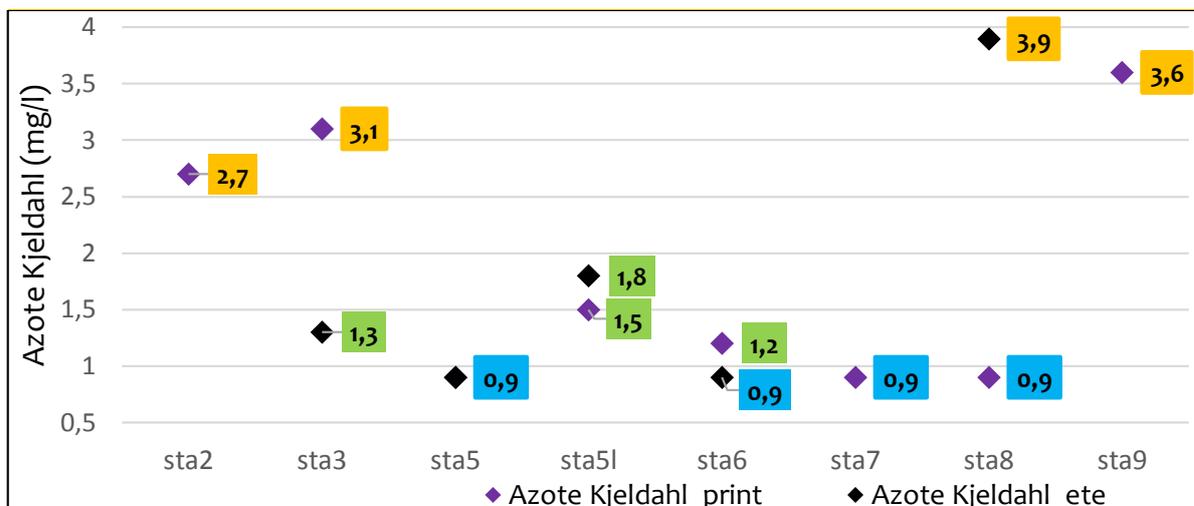


Fig. 2.7 : Concentrations en azote kjeldahl (mg.l<sup>-1</sup>) au printemps et en été sur les différentes stations d'étude

De très fortes concentrations en nitrates ont été décelées sur le ruisseau de Léris lors des deux campagnes, correspondant à la classe 6 selon NISBET & VERNEAUX (1973). Lors de la campagne de printemps, la classe 3 est associée à la station du ruisseau de Valbois en aval de la confluence avec le ruisseau de Léris (4,2 mg.l<sup>-1</sup>). Lors de la campagne d'été, la classe 5 est associée à la station en amont de la confluence avec Léris (13 mg.l<sup>-1</sup>) et cette même classe est associée en aval (11 mg.l<sup>-1</sup>). L'azote Kjeldahl passe dans la classe jaune du SEQ Eau sur les stations les plus amont lors de la campagne d'été, sur la station en amont de la confluence avec la Loue lors de la campagne de printemps et sur la station en aval de la confluence avec le ruisseau du Pater sur la campagne estivale. Les résultats d'analyses d'eau dans un des fossés apicaux lors de la campagne de lessivage des sols sont répertoriés dans le tableau ci-dessous (tab. 2.2).

Tab. 2.2 : Résultats des analyses d'eau sur le seul fossé en eau (lessivage des sols, été). Il est situé au lieu-dit « la Barode ».

Fossé de la Barode _ Campagne de lessivage des sols en période estivale					
<b>DBO5 (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,9	<b>Phosphore total (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,02	<b>Nitrites (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,024
<b>DCO (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	8,2	<b>Phosphates (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<0,02	<b>Azote Kjeldahl (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	1,8
<b>MEST (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	< 2	<b>Nitrates (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	34	<b>Ammonium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,02

Les analyses d'eau du fossé soulèvent seulement une très forte concentration en nitrates (34 mg.l<sup>-1</sup>, classe 6 selon NISBET & VERNEAUX 1973), tous les autres paramètres appartiennent à des classes de qualité relativement bonnes selon NISBET & VERNEAUX et le SEQ-EAU.



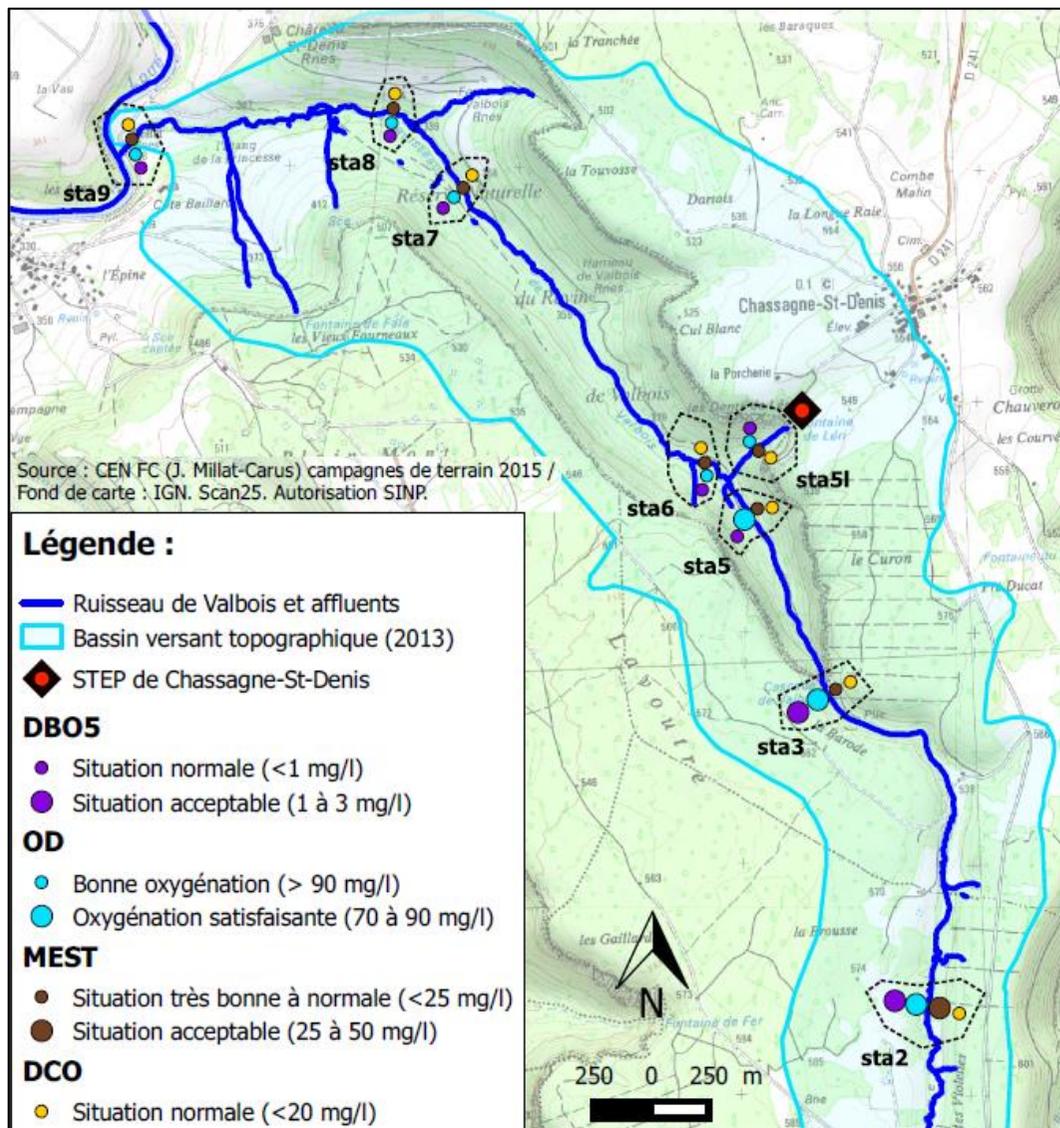


Fig. 2.8 : Représentation des résultats obtenus lors de la campagne d'étiage printanier pour les paramètres « DBO5 », « DCO », « MEST » et « Oxygène Dissous (OD) ». Les classes de qualité de NISBET & VERNEAUX (1973) sont utilisées.

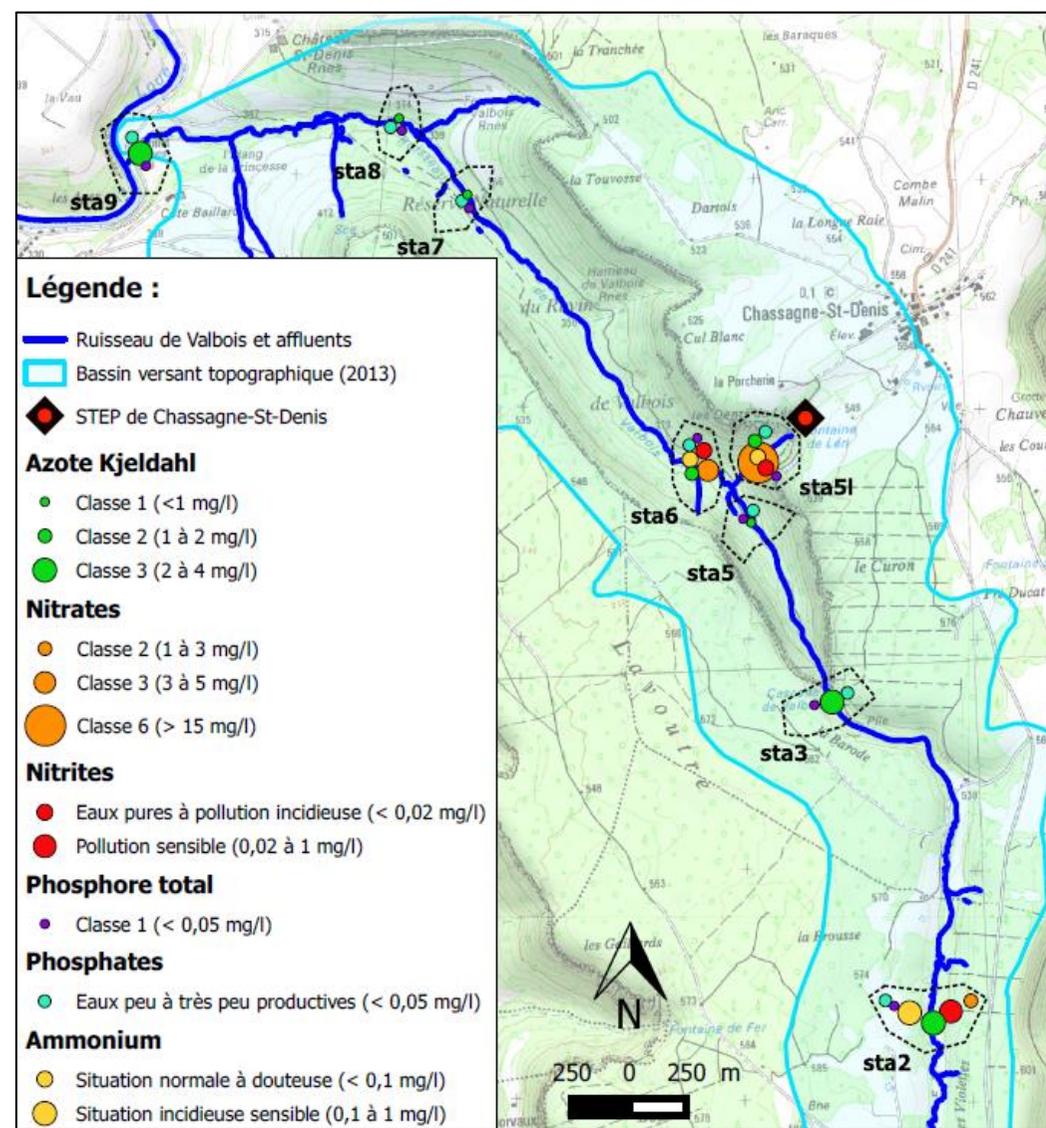


Fig. 2.9 : Représentation des résultats obtenus lors de la campagne d'étiage printanier pour les paramètres « Azote Kjeldahl », « Nitrites », « Ammonium », « Phosphore total », « Phosphates » et « Nitrates ». Les classes de qualité de NISBET & VERNEAUX (1973) sont utilisées.



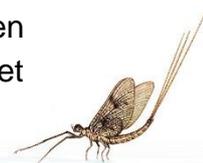
## 2. Mise en relation des résultats de 2015 avec les résultats antérieurs

Les résultats de 2015 vont être mis en relation avec ceux obtenus lors des études antérieures mais il sera délicat de les comparer et de discuter d'évolution temporelle puisque les investigateurs de 2015 n'ont pas adopté le même protocole que lors du suivi de 1996 à 1998. Nous avons opté pour la réalisation de trois petits schémas. Le premier fera état de l'amont du bassin versant de 1995 à 2015 (fig. 2.11-a), le second reprendra les résultats obtenus au sein du trio de stations qui encadrent le ruisseau de Léri (fig. 2.11-b), le troisième permettra d'évaluer l'état de la station en aval de la confluence du Pater puis de faire le bilan sur la dernière station avant de rejoindre la Loue (fig. 2.11-c). Les résultats obtenus par TELEOS en 2014 lors de l'étude des toxiques se trouvent en annexe 14.

D'abord, nous avons choisi de dissocier les résultats par saisons et ceux obtenus en automne et en hiver de 1996 à 1998 ne seront pas abordés. Les résultats ont été associés aux classes de qualité de Nisbet et Verneaux (1973). Dans la partie haute du ruisseau, d'importantes concentrations en nitrates avaient été mises en avant en été et n'ont pas pu être déterminés en 2015. Au printemps 2015, la teneur en nitrates entre dans la même classe que sur la maximale de 1996-1998. Des concentrations non négligeables en nitrites, ammonium et phosphates sont retrouvées de 1996 à 1998 et n'ont pas toutes pu être mesurées en 2015 mais notons que la teneur maximale en nitrites dans les années antérieures entrait dans une classe inférieure (classe 2) à celle mesurée en 2015 (classe 3).

Concernant les stations qui encadrent le ruisseau de Léri, l'oxygène dissous mesuré au printemps et en été 1996-1998 obtenait des concentrations moyennes « bonnes à satisfaisantes » mais l'une d'entre elle était « douteuse » (1998, classe 3) en aval de la confluence. En 2015, les teneurs mesurées ont été bonnes à satisfaisantes en amont de la confluence et bonnes en aval. Par ailleurs, les teneurs moyennes printanières 1996-1998 en nitrates marquaient une dégradation d'amont en aval de confluence avec un passage de la classe 2 à la classe 3. Ce constat n'est pas vérifié sur les moyennes estivales 1996-1998 bien que la classe 6 avait pu être associée à une des concentrations mesurées en 1998 en aval de la confluence (même année que la faible teneur en oxygène dissous). Au printemps 2015, la concentration n'a pu être mesurée qu'en aval de la confluence avec Léri, elle entre dans une classe identique à celle de la moyenne des printemps 1996-1998. Lors de période de lessivage des sols en été 2015, les teneurs en nitrates sont bien plus élevées (classe 5) que les moyennes estivales 1996-1998 mais identiques d'amont en aval.

Les teneurs moyennes en nitrates dans la partie la plus aval du ruisseau étaient semblables à celles mesurées au niveau du ruisseau de Léri en 1996-1998. Au printemps 2015, la concentration en nitrate mesurée sur la station aval au ruisseau de Pater entre dans la classe 4 alors que la moyenne entre 1996-1998 se trouvait en classe 2 et que la plus forte concentration retrouvée sur cette station entre 1996 et 1998 entrait en début de classe 3.



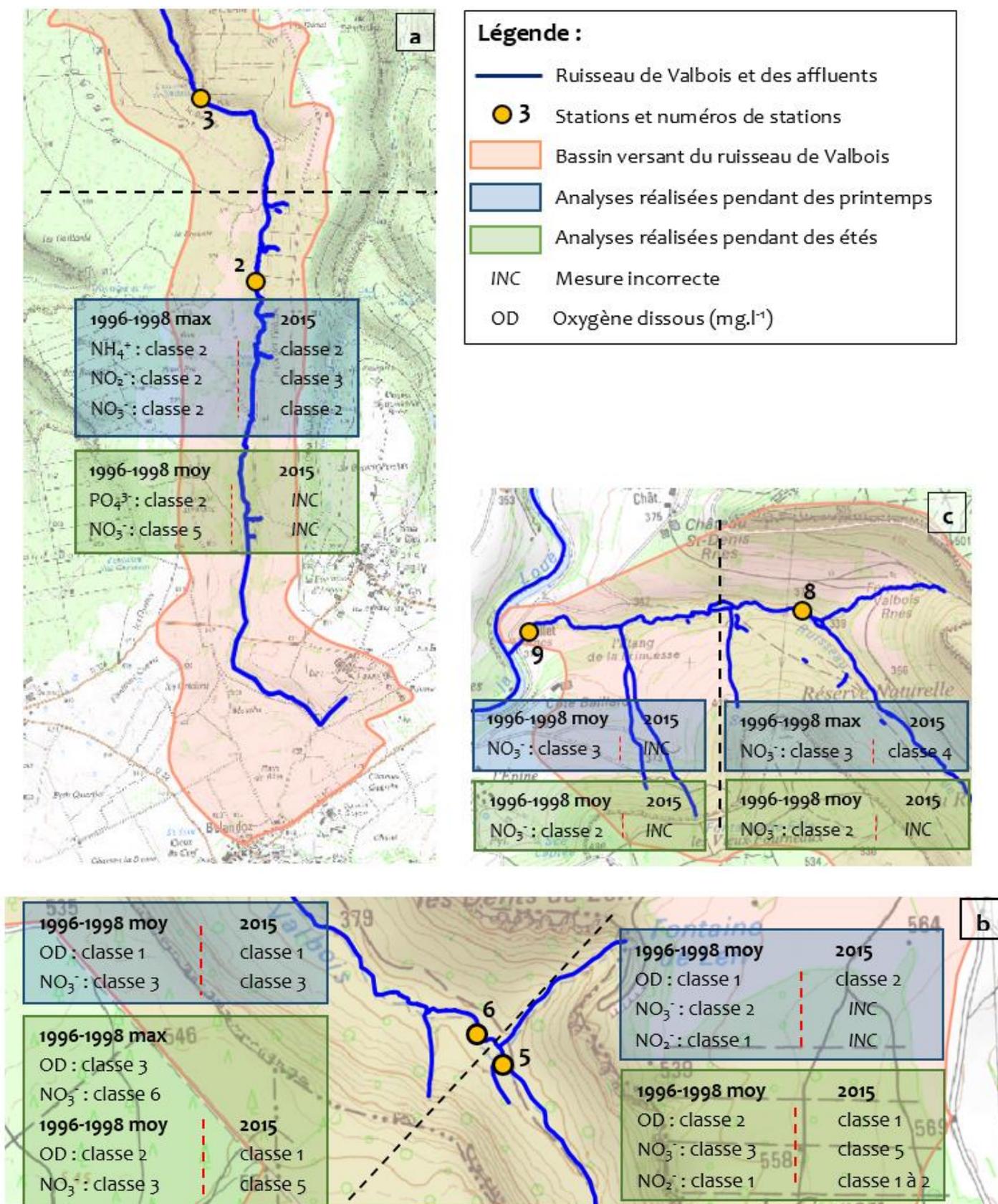


Fig. 2.10 : Mise en relation des classes de qualité (selon NISBET et VERNEAUX 1973) observées sur des concentrations maximales et moyennes de 1996-1998 et sur les concentrations ponctuelles de 2015. Seuls certains paramètres sont représentés afin de discuter des résultats sur le haut du bassin versant (a), au niveau de la confluence avec le ruisseau de Léri (b) et dans la partie aval du ruisseau de Valbois (c).

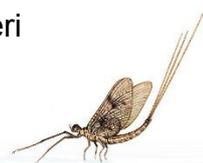


## IV. Interprétation des résultats

### 1. Evaluation du fonctionnement de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis

La station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis a été mise en service en 2012. Depuis, la commune ainsi que le gestionnaire de la RNN du ravin de Valbois se posent des questions à propos du très faible débit retrouvé en sortie de la STEP. Les suivis réguliers au niveau du regard d'entrée et de sortie permettent de répondre à une partie des questions. Ce suivi a aussi donné l'occasion de réaliser le bilan 24h de la STEP, dont les résultats en termes de rendements vont pouvoir être discutés conjointement au fonctionnement hydrique de la STEP. Au vue de la topographie, le gestionnaire de la RNN du ravin de Valbois pense que le rejet de la STEP se perd en souterrain et rejoint le ruisseau de Léri qui prend sa source quelques dizaines de mètres plus bas. Cette hypothèse n'est pas scientifiquement vérifiée, aucun traçage n'a permis de le démontrer mais aucune autre option n'a été envisagée jusqu'ici. Rappelons que le rejet passe théoriquement dans les rangées de saules du système tertiaire avant de rejoindre le ruisseau de Léri. Les nutriments restants dans les eaux traitées sont alors en partie consommés par les saules sous des formes assimilables, c'est le cas de l'azote lorsqu'il est sous forme nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ). Puisque nous n'avons aucun moyen de prélever l'eau en sortie de ce traitement tertiaire et que l'étude de la capacité théorique d'épuration par les saules n'a pas été réalisée, nous nous contenterons d'exposer les impacts du rejet sur le cours d'eau à partir des rendements et des charges de sorties du bilan 24h.

Les résultats du bilan 24h ont révélé des performances épuratoires largement supérieures aux rendements minimums attendus conformément à l'arrêté du 22 juin 2007. L'arrêté ne fixe aucune exigence quant aux différentes formes azotées, dont les concentrations en sortie intéressent tout autant la présente étude sur le milieu récepteur. La configuration classique de la filière filtre planté de roseaux permet effectivement de très bons niveaux de rejet en ce qui concerne la dégradation aérobie des polluants (DCO, MEST, nitrification), mais elle n'est pas adaptée pour des normes strictes en termes d'azote total et de phosphore (MOLLE, 2012). Le bilan de pollution a tout de même pu démontrer de bons rendements en phosphore total, ammonium et en azote total. En contrepartie, les concentrations en nitrates et en nitrites augmentent de façon très importante au sein du filtre planté de roseaux du fait de la nitrification complète recherchée pour assurer la bonne dégradation de la matière carbonée (MOLLE, 2012). Un filtre à écoulement vertical fonctionnant de manière optimale produit des nitrates et toute baisse de concentration en sortie (à l'échelle de la semaine ou du mois) reflète un manque d'oxygène donc une dégradation du traitement (OFFICE INTERNATIONALE DE L'EAU 2001). Plusieurs axes de recherches sont nécessaires à l'évolution de la filière pour l'amélioration des performances, notamment pour la dénitrification et le traitement du phosphore. Nous souhaitons d'abord savoir si les charges en sortie de STEP sont susceptibles d'impacter le ruisseau de Léri lorsqu'elles sont asservies à son débit.

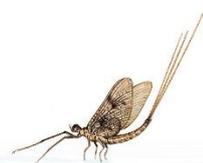


Les charges polluantes en sortie de STEP données par le bilan 24h ont été diluées dans le débit d'étiage mesuré au printemps sur le ruisseau de Léris. Certaines concentrations obtenues entrent alors dans des classes de qualité non conformes selon le SEQ-Eau (2003) et NISBET et VERNEAUX (1970). On note une teneur en phosphore total qui dépasse  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ , ce qui est considérée comme mauvaise pour l'aptitude biologique ainsi qu'une concentration en nitrates comprise dans la limite supérieure de la classe 3. Le débit d'étiage du ruisseau était de  $0,4 \text{ l.s}^{-1}$  et le débit de sortie de la STEP de  $0,03 \text{ l.s}^{-1}$ , la dilution est alors relativement importante pour un débit d'étiage. Ces résultats ne peuvent pas suffire à en conclure l'impact du rejet de la STEP sur la qualité du ruisseau de Léris. D'une part, les charges obtenues en sortie de STEP ont été moyennées seulement sur 24h, ce qui signifie qu'elles peuvent parfois être supérieures ou inférieures. D'autre part, bien que nous utilisons un débit d'étiage pour caractériser un des « worst case », le ruisseau de Léris connaît des périodes d'assèchement annuel et donc des débits d'étiage plus restrictifs, ce qui mènerait à des concentrations en matières azotées et phosphorées plus élevées. Des questions subsistent aussi quant à la nature de l'effluent qui arrive dans le ruisseau :

- Quelle est la proportion d'effluent traité par le système initial et tertiaire ?
- Quelle est la proportion d'effluent traité seulement par le système initial ?
- Y-a-il une part d'effluent non traité au vu de sortie imminente de l'eau du bassin 3 après bâchée ? si oui, quelle est cette proportion ?

L'hypothèse initiale évoquée par le bureau d'études chargé de la réalisation du bilan 24h, au vu des très faibles débits observés en sortie de STEP, serait que le système d'épuration possède une très forte capacité d'évapotranspiration. Or, bien que le calcul de l'évapotranspiration requière une étude à part entière (plusieurs paramètres doivent être analysés), nous pouvons nous baser sur des données, certes anciennes (années 1980), d'évapotranspiration potentielle (ETP) et réelle (ETR) dans le secteur de Besançon. Selon CARREGA (1988), l'ETP et l'ETR s'élèvent respectivement à 655 mm et à 498 mm par an. Dans le but d'obtenir des valeurs maximales d'évapotranspiration en prenant en compte la période estivale à laquelle le suivi a été réalisé, nous avons ramené ces valeurs aux trois mois d'été, ce qui correspond à une évapotranspiration de 5 à 7 mm par jour. En partant d'un débit d'entrée de  $3 \text{ m}^3.\text{j}^{-1}$  qui vient alimenter les filtres dont la surface unitaire est de  $44,2 \text{ m}^2$ , nous en déduisons que le volume évapotranspiré n'excède pas  $0,3 \text{ m}^3$  par jour (300 litres). La perte de  $2 \text{ m}^3$  de l'entrée à la sortie lors du bilan 24h ne peut donc pas être due qu'à l'évapotranspiration. Des questions perdurent :

- Sur quelle surface a été placée la bâche imperméable ?
- Pourrait-elle être percée malgré la présence d'un géotextile anti poinçonnement ?
- Puisque l'eau semble s'être frayée un chemin préférentiel dans le bassin 3, ce scénario ne s'est-il pas produit aussi pour les autres bassins ?



Pour finir, le bassin 2 est celui pour lequel le plus fort débit a été mesuré en sortie de STEP. Plusieurs éléments laissent penser que les bassins communiquent au-dessus de la bêche, et qu'ils forment une cuvette au fond de laquelle le bassin 2 reçoit la plus grosse partie des effluents, qu'il peut alors restituer en quantité plus importante en sortie de STEP. Quant au cas probablement particulier du bassin 3, le rejet immédiat après la bêche doit être analysé et comparé à l'effluent brut pour affirmer que l'eau s'est frayée un chemin et qu'une partie inconnue de l'effluent ne passe pas à travers les filtres d'épuration.

## 2. Impacts des différentes sources de pollution sur la qualité du ruisseau

La qualité physico-chimique d'un ruisseau ne se résume pas à l'analyse d'un seul paramètre, mais d'un ensemble de paramètres dont les origines sont diverses. On différencie notamment l'analyse des matières organiques, qui font l'objet d'une partie de la présente étude et l'analyse des micropolluants, qui ont été étudiés par TELEOS en 2014 (rapport d'études en 2015). Rappelons que dans le cadre de la présente étude, l'objectif principal du gestionnaire de la RNN de Valbois est de dissocier les impacts dont la source est inévitablement due aux matières organiques par rapport aux impacts dont la source proviendrait des micropolluants. Dans le but d'apporter les premiers éléments de réponse à un objectif, les résultats vont être interprétés en trois parties qui aborderont les résultats de 2015 mais aussi ceux des études antérieures.

Premièrement, nous allons discuter des résultats obtenus à partir des paramètres physico-chimiques choisis pour représenter la qualité chimique du ruisseau de Valbois en 2015. Les analyses d'eau ont mis en évidence de faibles concentrations en DBO5, DCO et MEST sur l'ensemble des stations pour les deux campagnes ainsi qu'une bonne à très bonne oxygénation des eaux. Selon NISBET & VERNEAUX, ces concentrations sont tout de même comprises dans une classe de qualité différente sur les stations amont (aval source et amont cascade notamment), mais la situation reste qualifiée d' « acceptable ». La qualité d'une eau ne peut en aucun cas être estimée seulement par les seuls précédents qui peuvent être plus ou moins inhibés par la présence de composés toxiques divers, tels que les métaux ou les hydrocarbures (VERNEAUX, 1973 ; RODIER, 1985). Du phosphore total ainsi que des éléments azotés sont rejetés par la STEP en concentrations non négligeables lorsqu'elles sont asservies à un débit d'étiage de  $0,4 \text{ l.s}^{-1}$ . Les concentrations en matières phosphorées entrent dans des classes idéales sur toutes les stations du ruisseau de Valbois pendant les deux campagnes, ce qui n'est pas le cas des matières azotées. Pour les 5 stations non vérifiées par le laboratoire, les valeurs obtenues par l'électrode ionique sont toutes inférieures à 1 ppm, cette limite de détection bien trop élevée pour en apporter une quelconque interprétation puisqu'elle n'est autre que la limite qui départage une pollution critique d'une pollution insidieuse sensible (NISBET & VERNEAUX, 1970). Les seules données exploitables nous permettent de qualifier là encore, une situation sensible à l'élément ammonium sur la station la plus en amont.



Dans les eaux superficielles, cet élément peut provenir de la matière organique animale ou humaine, des rejets industriels, ou encore des engrais (RODIER 1985). Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau, dont les concentrations semblent préoccupantes dans le ruisseau de Valbois en 2015.

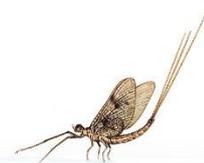
Tout comme l'ammonium, les concentrations en nitrates et nitrites ne sont vérifiées que sur 3 stations dont les concentrations en nitrates élevées. Selon Verneaux (1973), les apports latéraux successifs et l'accumulation des matières organiques endogènes sont responsables de l'augmentation de la teneur en nitrates le long d'un cours d'eau. Ce phénomène d'enrichissement est d'autant plus accentué sur les vastes bassins versants drainants des terres agricoles, ce qui n'est le cas que sur la partie haute du bassin versant de Valbois qui traverse ensuite un couvert forestier dense sur la plus longue partie de son cours. De très fortes teneurs en nitrates ont été attribuées au niveau du ruisseau de Léri, et sur le ruisseau de Valbois en amont et en aval de sa confluence avec Léri. Au vu des interprétations précédentes, nous savons que la STEP rejette une importante charge en nitrates. Par ailleurs, la concentration obtenue à partir de la charge mesurée en sortie de STEP asservie au débit de Léri au moment des mesures sur Léri, est bien plus faible que la concentration obtenue sur Léri. De ce fait, il existerait potentiellement une autre source en éléments azotés. Quant aux nitrites, lorsque le milieu n'est pas assez oxydant, ils se maintiennent et indiquent un état de pollution organique (Verneaux, 1973), ce qui semble être à nouveau le cas sur la station la plus en amont. De plus, l'azote Kjeldahl constitué par les formes réduites organiques et ammoniacales (RODIER, 1985) constitue un des éléments les plus alarmants de 2015 en période d'étiage printanier, puisqu'il entre dans la classe « mauvaise aptitude à la biologie » sur les stations en amont de la cascade et sur la station en amont de la Loue. Selon RODIER (1985), les apports en nitrates et plus globalement en azote Kjeldahl sont provoqués par le lessivage des sols enrichis en engrais azotés, par les rejets urbains et industriels et le problème se complique du fait de la nitrification permanente de l'azote ammoniacal dont nous avons discuté précédemment. L'azote d'origine industrielle peut provenir des industries chimiques et des installations agroalimentaires (RODIER 1985). Dans le haut du bassin versant karstique du ruisseau de Valbois, la totalité des traçages réalisés dans la Combes des Oyes avaient pu démontrer que les apports se font essentiellement via les ruissellements (BENOIST *et al* 2013).

Deuxièmement, la discussion va porter sur la mise en relation des résultats physico-chimiques de 2015 avec les résultats antérieurs (1996 à 1998). D'une part, bien que les analyses dans la partie haute du bassin versant ne soient pas complètes en 2015, les paramètres étudiés ont tout de même révélé des classes de qualité identiques à celles de 1996-1998 voire plus importantes, c'est le cas des nitrites : la classe 3 n'a jamais été évoquée dans le suivi 1996-1998. Selon RODIER (1985), ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque (la nitrification n'étant pas conduite à son terme), soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.



Dans la partie haute du ruisseau, les concentrations en oxygène dissous sont un peu plus faibles que dans la partie basse mais les valeurs obtenues lors des prélèvements de printemps n'affichent pas une situation de désoxygénation. Par ailleurs, il n'y avait aucun débit au moment des mesures, ce qui est fréquent sur ce tronçon. Le ruisseau en aval de sa source est alors susceptible d'afficher des concentrations en oxygène dissous bien plus faibles que celles mesurées, ce qui permettrait de justifier la présence de nitrites. D'autre part, au niveau du ruisseau de Léris, les concentrations en nitrates sont globalement plus importantes en 2015 qu'en 1996-1998, que ce soit en amont ou en aval de la confluence. De plus, les teneurs en nitrates en 1996-1998 mettaient en évidence un changement de classe de qualité en nitrates notamment, on en concluait que le ruisseau de Léris avait un impact sur le ruisseau de Valbois (DNE 1998). En 2015, ce constat ne semble pas être reconduit au vu des résultats d'analyses d'eau, on observe certes de fortes arrivées en nitrates via le ruisseau de Léris, mais elles sont aussi importantes en amont. Notons que le facteur de dilution du ruisseau de Léris dans le ruisseau de Valbois est important (15), le débit du ruisseau ne représentait que 7% du débit de la station 6. Il existe aussi une arrivée d'eau importante en amont de la confluence avec Léris qui n'est pas prise en compte par la station 5 et nous avons pu montrer qu'elle représente entre 35% et 70% du débit sur la station 6. Il semble que cet affluent n'ait jamais été pris en compte par les anciennes études alors qu'il est susceptible d'avoir un fort pouvoir diluant de la station 5 à la station 6. Concernant la partie aval du ruisseau de Valbois, et notamment en amont de la confluence avec la Loue, les teneurs en nitrates obtenaient un moyenne relativement élevée en 1996-1998, à laquelle la classe 3 était associée. En 2015, ces concentrations n'ont pas pu être déterminées mais l'azote Keldhal a tout de même pu démontrer que d'importantes concentrations en matières azotées résidaient sur cette même station.

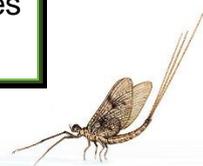
Troisièmement, nous allons mettre en commun les précédentes interprétations avec celles qui découlent de l'étude de TELEOS à propos de la comparaison des teneurs en toxiques sur le ruisseau de Valbois entre 2008 et 2014. Dans son rapport de 2015, TELEOS a démontré que l'état de poly-contamination du ruisseau de Valbois révélé en 2008 perdure. Les teneurs en pesticides et en certains HAP sont nettement plus importantes tandis que certaines teneurs en ETM et d'autres HAP ont diminué. Une grande partie des pesticides détectés sont utilisés dans l'industrie du bois. Il existe effectivement des scieries dans le haut du bassin, mais dont les traçages sont ressortis en dehors du bassin versant. Par ailleurs, le karst se voit attribuer des phénomènes tout à fait différents en fonction de la quantité d'eau qu'il lui arrive. Aucun traçage n'a été réalisé en période de fortes eaux, lorsque les cavités souterraines sont pleines et que le karst ne peut plus emmagasiner d'eau. Le processus inverse se produit et l'eau contenue dans le karst est alors susceptible de ressortir dans le ruisseau de Valbois plutôt qu'à l'extérieur de son bassin versant.



Bien que la station amont ne draine que moins de 50 % du bassin versant par rapport à la station en aval qui en draine 100%, l'intensité des perturbations apparaît plus forte sur l'amont en ce qui concerne les micropolluants. Selon TELEOS (2015), les concentrations mesurées en 2015 pour 21 substances sont susceptibles de provoquer des effets écotoxicologiques nets sur les organismes aquatiques. Les éléments organiques en excès participent aussi probablement aux limitations des capacités biogènes du ruisseau de Valbois. Le haut du bassin concentre effectivement les sources potentielles de pollution, telles que les scieries, les décharges, les industries agroalimentaires ou encore les épandages de boues. Les perturbations d'ordre organique ont aussi été décelées dans le tout premier tronçon, juste en aval de la source. Le petit cours d'eau y est déjà fortement rectifié et piétiné par le bétail qui a directement accès au ruisseau. Il perçoit directement les polluants organiques de nature azotée, apportés par lessivage en provenance des terres alentours. Entre ce tronçon et la cascade, un particulier rejette ses eaux usées directement dans le ruisseau et a déjà fait brûler des déchets de nature inconnue à plusieurs reprises à quelques mètres de la berge du ruisseau. Il s'agit d'une source de pollution difficilement vérifiable puisqu'elle n'est pas permanente mais certainement non négligeable. En aval de la cascade, de nombreux petits affluents souvent temporaires ruissellent dans le reste du bassin versant forestier avant de rejoindre Valbois. La forêt est un milieu favorable à l'autoépuration de l'eau (FERRY 2004), ce qui permet au gestionnaire de faire l'hypothèse que les apports latéraux temporaires viennent seulement diluer le reste du cours d'eau. En comparant les résultats antérieurs obtenus à la confluence du ruisseau de Léri avec ceux de 2015, il semble que ce ruisseau ne soit plus une source de pollution majeure du ruisseau de Valbois. Ce constat est donné sous réserve de l'étude sur le benthos. Par ailleurs, tous les paramètres n'ont pas pu être analysés en aval du ruisseau du Pater, ce qui ne permet pas de conclure à son sujet.

#### **Elément fondamentaux de l'étude de la composante physico-chimique :**

- **STEP** : excellents rendements règlementaires mais formation de nitrates et de nitrites dont les concentrations sont problématiques une fois asservies au débit d'étiage du ruisseau de Léri. Faible débit de sortie : fuites dans le karst en-dessous les filtres épuratoires. Des questions subsistent quant à la nature de l'effluent en sortie de STEP.
- **Ruisseau de Valbois** : Aucun problème majeur vis-à-vis des matières organiques et des matières phosphorées à la différence des concentrations en matières azotées qui s'intensifient et des micro-polluants qui perdurent sur le ruisseau de Valbois. Différentes formes azotées perturbent le haut du ruisseau. Contrairement aux études de 1996-1998, il semble que le ruisseau de Léri ne soit plus une source de pollution azotée majeure pour le ruisseau de Valbois. Par ailleurs, les concentrations en nitrates en aval du ruisseau de Pater sont bien plus importantes en 2015 qu'en 1996-1998.



## V. Critiques des méthodes

Pour donner tout le sens aux résultats obtenus et à leur interprétation, toute méthode se doit d'être critiquée sur ses atouts et des points faibles. D'une part, la commune et le gestionnaire de la RNN du ravin de Valbois ont été confrontés à des manquements alarmants vis-à-vis de la société d'études chargée de la réalisation du bilan 24h. La mesure de débit en sortie de STEP a été demandée en supplément par la RNN qui avait noté que le faible débit de sortie ne pouvait pas correspondre au débit d'entrée. S'il n'avait pas été réalisé, la société aurait obtenu des rendements faux en considérant le débit de sortie égal au débit d'entrée. Aussi, l'hypothèse émise concernant le peu d'eau arrivant au rejet par rapport au volume d'entrée n'a pas pu être vérifiée en hiver par un temps plus froid et sec car la période de stage ne le permettait pas. Il faudra sans doute renouveler ces investigations, ne serait-ce que pour valider l'hypothèse de l'existence d'une ou plusieurs fuites au sein du système d'épuration.

D'autre part, concernant les analyses physico-chimie du ruisseau de Valbois, le besoin d'autonomie de la structure a restreint les investigateurs à faire intervenir le laboratoire agréé COFRAC seulement pour certains paramètres d'analyses. De fait, les hautes eaux d'avril 2015 n'ont pas pu être analysées car le matériel n'était pas encore fonctionnel. Par la suite, les analyses réalisées avec les appareils autonomes ont causé de nombreuses limites dans la possibilité d'interprétation des résultats. La sonde des nitrates possède une précision trop faible et aucune limite de quantification n'a pu être mesurée, ce qui n'a pas permis d'utiliser la plupart des résultats de la sonde. L'électrode ammonium possède elle, une limite de détection trop élevée pour en faire une quelconque interprétation et le photomètre pour les phosphates serait extrêmement sensible à la propreté des cuves utilisées pour être utilisé sur le terrain. Autrement dit, le temps et le coût associé à la réparation des photomètres portatifs, aux étalonnages fastidieux des sondes multiparamètres, aux solutions d'étalonnage, aux réactifs, aux différentes mesures sur le terrain, aux calculs des limites de détection, ne peuvent satisfaire l'utilisation de ce type de matériel dans le cadre d'une étude comme celle-ci par rapport à des résultats plus fiables et précis d'un laboratoire d'analyses des eaux.

## VI. Ouverture sur les pistes de recherche des sources potentielles de pollution du ruisseau de Valbois

Les pistes de recherches des sources potentielles de pollution du ruisseau de Valbois sont tirées de l'étude de TELEOS (2015) et précisées par le gestionnaire de la RNN du ravin de Valbois (tab. 2.3). A propos des dysfonctionnements hydrologiques observés sur la STEP de Chassagne-Saint-Denis, des propositions d'amélioration des connaissances seront évoquées après l'étude de la composante biocénotique.



Tab. 2.3 : Résumé des activités éventuellement en cause de la dégradation du ruisseau de Valbois et association avec des pistes de recherches pour des études à réaliser (informations tirées du rapport de TELEOS (2015) et complétées pour les besoins de l'étude).

Pistes de recherche (TELEOS 2015)	Localisation	A étudier/approfondir d'après le gestionnaire
Décharge réhabilitée au sud de Chassagne-Saint-Denis	Dans le bassin versant topographique mais lixiviats s'écouleraient en dehors du périmètre du ruisseau de Valbois (BERTRAND et al. 2013)	Vérification des lessivages de surfaces de ce site en période d'orage violent
Dépotoirs apparus ou susceptibles d'apparaître depuis la fermeture/réhabilitation de la décharge de Flagey	Surveiller l'apparition de nouveaux dépotoirs sur le BV et les faire fermer.	
Décharge verte de Flagey	Etudier l'impact de la décharge verte de Flagey : <b>Comment faire ?</b>	
Pesticides et herbicides utilisés sur les sites pépiniéristes	Cultures de plein champ - bassin versant hydrogéologique	Nature et quantité à déterminer
Insecticides ou/et fongicides sur des arbres sur pied ou des grumes en forêt ou à proximité	Partie centrale et aval du bassin	<b>A approfondir</b> : d'après l'ONF (com. pers. C. Guillemot 2009), aucune place de stockage de grumes n'existe sur le BV (ONF ou privé) et aucun traitement sur pied n'est effectué en forêt communale.
Ecoulements dans le karst et suintements émanant des scieries	Amancey	<b>A approfondir</b> : le traçage à la scierie d'Amancey serait à vérifier en conditions de fortes eaux
Produits biocides dans les élevages agricoles Traitement des animaux (insecticides, antiparasites...) Hygiène des locaux (fongicides, désinfectants, insecticides...)	Eventuels transferts à proximité des établissements de productions bovines et avicoles - Bassin versant hydrogéologique	Bilan sur la nature, puis sur la transférabilité à l'aide de traçage, des rejets chroniques ou occasionnels : <b>Comment faire ?</b>
Epanchages des boues de STEP	Bassin versant hydrographique	Analyser les résultats sur la commune de Flagey
Remplacements et réfections des revêtements routiers dans le bassin versant		Origine de l'émission d'HAP vers l'hydrosystème ?
Rejets domestiques	Amont cascade, chez un particulier	Source de perturbation à ne pas négliger

Dans le chapitre suivant, nous allons corréler les précédentes interprétations avec l'étude de la biocénose aquatique en place afin d'être plus explicite sur certains tronçons et tenter de dissocier les impacts de la pollution organique et les impacts des micropolluants.



### I. Méthodologie employée pour l'étude de la composante biologique

#### 1. L'étude de la biocénose benthique

##### o **Stratégie d'échantillonnage du macrobenthos**

Le choix des stations sur lesquelles sont analysées les biocénoses benthiques reprend celui des stations physico-chimiques dans un objectif de complémentarité. Les stations 1 et 7 ne sont pas nécessairement reprises puisqu'elles n'apporteraient pas plus d'informations au diagnostic biologique. Les biocénoses benthiques sont échantillonnées en suivant le protocole MAG20 sur les stations 5, 6 et 8. Le MAG20 est une méthode pratique et plus puissante que les protocoles d'analyses simplifiées tels que l'Indice Biologique Global Normalisé. Elle a été initiée par BACCHI et PARMENTIER (1994) puis finalisée par TELEOS en 2000 (An. 15). Ce protocole d'échantillonnage fait intervenir les trois composantes majeures de l'habitat aquatique dont la hauteur d'eau alors que le protocole de l'IBGN n'en tient pas compte. 20 prélèvements élémentaires sont réalisés au filet Sürber de 1/20 de m<sup>2</sup>, contre 8 pour l'IBGN, afin de prospecter une gamme d'habitats plus diversifiée. Trois autres stations sont définies comme étant secondaires car elles sont caractérisées par une tendance à l'assec en étiage estival, une faible largeur de lit et un nombre de substrats relativement peu important. Il s'agit des stations 3, 5l et 9. Des prélèvements au nombre de 12 (contre 20 dans le protocole MAG20) sont réalisés en multipliant les couples substrats/vitesses à partir du protocole IBGN (NF. T 90. 350). Le protocole IBGN 12 prélèvements permet lui aussi d'obtenir une meilleure appréciation de l'impact de plusieurs catégories de perturbations.

Au vu des études antérieures ayant démontré les fortes proportions en éléments toxiques dans le ruisseau de Valbois, un indice ainsi qu'un protocole supplémentaire (indépendant l'un de l'autre) vont être adaptés aux prélèvements réalisés. Il s'agit d'abord de l'IBCT, Indice Biologique de Contamination par Toxiques qui sera calculé à partir des 8 prélèvements initiaux de chaque station. Non standardisé, il a été étudié par la société d'études EAUX CONTINENTALES (2001) au vu des limites que rencontre l'IBGN pour apprécier la présence de toxiques dans un cours d'eau. L'IBCT se base sur l'appréciation de la présence ou de l'abondance de certains taxons reconnus pour posséder une certaine polluo-résistance aux pollutions organiques traditionnelles (An. 16). Le protocole ELGATOX mis en place par DEGIORGI et DECOURCIERE (professeurs chercheurs au laboratoire Chrono-Environnement (25)), va être appliqué sur 9 des 12 prélèvements des IBGN. Il vise à déterminer l'impact de l'écotoxicité d'un rejet sur la macrofaune benthique en exploitant de façon plus approfondie les familles *d'Elmidae* et de *Gammaridae*, taxons particulièrement sensibles aux pollutions toxiques. Les individus vont être comptés et déterminés au genre. Les larves et adultes *d'Elmidae* seront distingués tandis que les *Gammaridae* seront classés par rapport à leur taille.



Deux campagnes de prélèvements sont réalisées. Les stations 3, 5 et 5l, à risque d'assec, sont échantillonnées lors de la première campagne, lors d'un étiage printanier (avril). L'ensemble des stations est échantillonné pendant la deuxième campagne, lors d'un étiage sévère estival en limite d'assec pour les stations à risque. La campagne printanière ne permet pas d'évaluer un quelconque impact du ruisseau de Léri sur le ruisseau de Valbois puisque les stations qui l'encadrent (5 et 6) n'ont pas été échantillonnées tout à fait à la même période. Cette campagne permettra alors de rendre compte du potentiel écologique du ruisseau lors d'une période moins restrictive que l'étiage estival en insistant sur les stations à risque d'assec. Les 6 stations sont échantillonnées lors de la deuxième campagne déroulée mi-juillet en profitant d'un étiage estival sévère tout en prenant garde aux assec des stations à risque. Cette campagne vise à évaluer la qualité du cours d'eau dans les conditions les plus restrictives et à mettre en avant les pressions qui endommagent la qualité du ruisseau de Valbois.

La phase de prélèvement débute par la réalisation du schéma de la station où sont recensés les différents supports et les vitesses sur le linéaire de la station en respectant au mieux l'échelle. Les 12 ou 20 prélèvements sont lors réalisés à l'aide d'un filet surber de maille 500 µm et placés dans des pots individuels possédant un double étiquetage du nom de la station, du numéro et de la date de prélèvement (An. 17). Le substrat de chaque pot est ensuite recouvert d'éthanol à 70 °.

- **Tri et détermination des larves**

Le tri des échantillons se fait à l'aide d'un tamis AFNOR-ASTM de maille 500 µm et de diamètre 20 cm, de bacs de tris, de pinces fines en acier inoxydable (original VEOLIA 5-HS) ainsi que d'une lampe loupe Etau 108 LED3 (OULUX510-1-LED7P) afin de voir les plus petits individus. Les insectes sont placés dans des piluliers reprenant le double étiquetage de chaque bocal de prélèvement. La détermination est réalisée sous une loupe binoculaire NOVEX RZ-RANGE (Halobulb 6V-10W 05-895) à l'aide des ouvrages de détermination de TACHET principalement (2000). Les individus sont déterminés au genre dans la mesure du possible (taille suffisante pour voir les critères nécessaires et bon état des larves) hormis pour les groupes des oligochètes et des diptères qui sont déterminés à la famille. Les listes faunistiques seront suivies par Hervé DECOURCIERE, co-tuteur universitaire du présent travail, qui prendra soin de vérifier les taxons qui lui semblent douteux.

## 2. Inventaire des imagos

- **Stratégie d'échantillonnage des imagos**

Une partie du travail sur le ruisseau de Valbois consiste à compléter l'inventaire des ordres « Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères » (EPT). Un protocole basé sur une alternance entre des chasses à vue et des chasses nocturnes est alors mis en place sur en choisissant les stations 5 et 8 (fig. 3.1).



Il est important d'alterner la chasse à vue et la chasse nocturne en faisant varier le type de piège afin de réaliser une collection qui tend à être la plus complète possible.

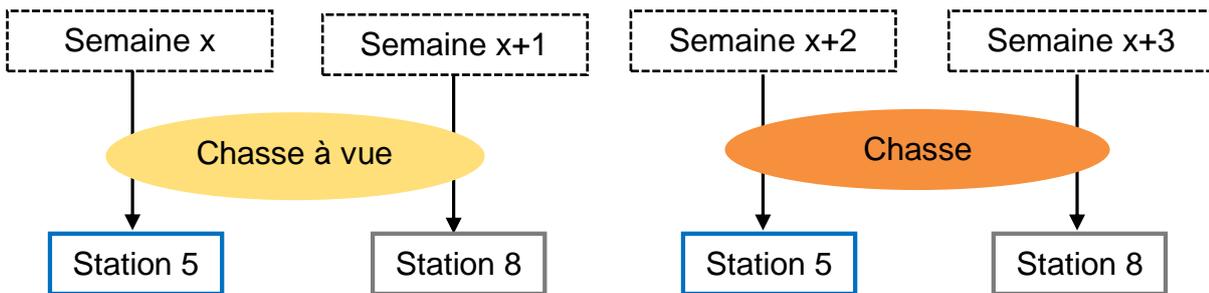


Fig. 3.1 : Stratégie d'échantillonnage initiale pour débiter l'inventaire des imagos d'Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères sur les stations 5 et 8 du ruisseau de Valbois. Exemple de l'alternance sur 4 semaines.



Fig. 3.2 : Piège non automatique à lumière actinique.

Il existe plusieurs types de pièges lumineux pour capturer les insectes de nuit. Dans le cadre de cet inventaire, un piège lumineux non automatique a été utilisé, il est composé d'une perche et d'un filet à l'intérieur duquel une lampe actinique de référence BL 15W/10 FAM est accrochée (fig. 3.2). Il s'agit d'un dispositif à placer sur une des berges de la station en choisissant un point qui ne soit pas trop fermé par la végétation. Les insectes, alors attirés par la lumière et n'ayant pas la possibilité d'entrer à l'intérieur du filet, se posent à l'extérieur et seuls ceux qui intéressent l'inventaire sont capturés dans un pot contenant de l'éthanol à 70°.

Un second type de piège lumineux, lui semi-automatique a permis de rendre les investigations moins coûteuses en temps puisqu'il est composé d'un détecteur de lumière et d'un système permettant de retenir les insectes (fig. 3.2), ce qui n'oblige pas les investigateurs à rester sur place. Il est mis en place en fin de journée, s'allume automatiquement dès qu'il ne détecte plus assez de lumière et retient les individus dans des caches faites avec des boîtes à œufs. Dans l'objectif d'optimiser le nombre d'espèces différentes dans l'inventaire, les investigateurs ont choisi de continuer à utiliser les deux types de pièges qui s'avèrent être complémentaires puisqu'ils peuvent ne pas attirer les mêmes espèces vis-à-vis du type de lumière (longueur d'ondes, intensité lumineuse). Ils sont alors utilisés soit le même soir chacun sur une station, soit lors de soirées différentes, mais toujours assez fréquemment et régulièrement en veillant à alterner les stations pour ne pas fausser le protocole initial.



Fig. 3.3 : Utilisation du piège semi-automatique à ultraviolets.



### ○ **Détermination des adultes**

La détermination des adultes d'Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères se fait sous une loupe binoculaire NOVEX RZ-RANGE (Halobulb 6V-10W 05-895). Les espèces sont principalement déterminées à l'aide de la clé suisse de détermination Insecta Helvetica Faune pour les plécoptères (Aubert, 1959), de la clé de Waringer et Graf (2011) et du site internet « Index species » pour les trichoptères et de la clé suisse Insecta Helvetica Fauna pour les éphéméroptères (STUDEMANN *et al.* 1992). Les listes faunistiques sont suivies par Audrey BOLARD, qui prendra soin de vérifier chacun des taxons annoncés afin de réaliser une collection de référence pour la RNN.

### 3. **Exploitation des données**

Les résultats des campagnes de prélèvement du benthos seront présentées et interprétées en trois parties. Premièrement, ils seront exposés seuls, à l'aide d'une cartographie et de graphiques pour discuter de l'évolution longitudinale de la qualité de l'eau. Deuxièmement, ils seront associés aux résultats antérieurs à travers différents graphiques dans le but de fournir des éléments pour discuter de l'évolution temporelle de la qualité biologique de l'eau. Troisièmement, les analyses de l'ELGATOX vont être exposées via des comparaisons de densités, de classes de tailles et de variété générique sur les *gammariidae* et les *elmidae*. Des tests statistiques vont être nécessaires pour comparer des abondances et des proportions. On utilisera notamment le test non paramétrique et indépendant de Kruskal Wallis suivi d'un test de comparaison multiple (kruskalmc du package pgirmess). Le test d'homogénéité du  $\chi^2$  permettra quant à lui de comparer deux à deux des pourcentages sur des échantillons indépendants. Concernant la liste des EPT récoltés sur les deux stations IBGN de la RNN du ravin de Valbois, elle complètera la liste existante sur la base de données SERENA. Cela permettra de faire le bilan, bien que certainement incomplet, sur la variété générique en EPT dans la RNN.

## II. **Résultats de l'étude de la composante biologique**

De la même façon que pour la composante physico-chimique, les résultats des années antérieures vont être associés à ceux de la présente étude. Nous veillons à ce que les indices soient comparables d'un diagnostic à l'autre, c'est pourquoi les listes faunistiques des études antérieures ont été récupérées afin d'en recalculer certains (c'est le cas du Cb2 en 1998 par exemple). Par ailleurs, comme l'indique TELEOS en 2006, les études de COEURDASSIER et RICHARD en 1995 et de TACHOT en 1998 sur des stations identiques permettent d'apprécier les grandes évolutions temporelles des biocénoses benthiques, les différences de protocoles ne permettant pas d'affiner précisément le diagnostic.

### 1. **Evolution longitudinale du peuplement macrobenthique**

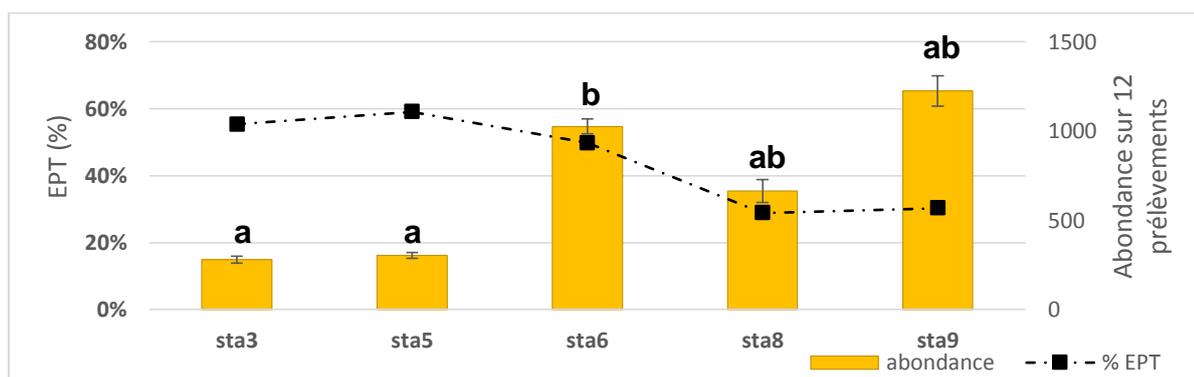
Nous allons commencer par présenter les résultats de l'évolution longitudinale du peuplement macrobenthique en axant les comparaisons sur la campagne complète



en étiage estival. Les listes faunistiques des stations 3 à 9 pour les deux campagnes de prélèvement se trouvent en annexe 18. Les indices sont calculés à partir de listes faunistiques corrigées ont été recensés sur la carte qui suit, ce qui permet d'apprécier visuellement leur évolution longitudinale (fig. 3.3 ; An. 19 et 20).

Les notes IBGN obtenus sur les différentes stations s'étalent de 12 à 16 sur 20 avec des robustesses faisant diminuer les notes de 0 à 2 points. Les notes les plus élevées sont retrouvées en aval de la confluence avec le ruisseau de Léri ainsi que sur la station la plus en aval, avant que le ruisseau ne rejoigne la Loue. Ces notes semblent notamment être liées à une meilleur habitabilité puisque la variété taxonomique est plus forte et que l'indice de variété est plus élevé. L'indice nature qui correspond à la qualité de l'eau est quant à lui relativement bon sur toutes les stations du ruisseau de Valbois (8,2/10 à 8,9/10) et excellent sur la station 3, en amont de la cascade (9,7/10). La station située sur le ruisseau de Léri obtient une note IBGN de 12/20 (robustesse : 12/20) en étiage printanier puis une note de 10/20, dont la robustesse la fait chuter de 5 points, en période estivale (deuxième taxon bio indicateur : *Baetidae*). L'indice nature n'est pas très élevé sur les deux campagnes (6,5/10 à 7,7/10) et l'indice de variété est particulièrement faible (2,2/10 à 3,7/10).

L'abondance, les proportions et variété générique des groupes « éphéméroptères, plécoptères et trichoptères » ainsi que le pourcentage d'ubiquistes saprobiontes sont quant à eux exposés sous forme de graphiques (fig. 3.4 et 3.5), ils ont été tirés des 12 prélèvements pour être représentatifs des 6 stations.



*Fig. 3.4 : Mise en relation de l'abondance et de la proportion en EPT sur 12 prélèvements de chacune des 5 stations du ruisseau de Valbois. Les lettres « a » et « b » représentent les différences significatives obtenues via les tests statistiques.*

Il semble que le pourcentage en EPT chute d'amont en aval pendant que l'abondance totale tend globalement à augmenter, notamment de la station 5 à la station 6 où elle est multipliée par près de 3,5 (de 300 à plus de 1000 individus). Selon les tests statistiques, il existe une différence significative d'abondance entre les stations 5 et 6 et entre les stations 3 et 6 (p-value < 0,001). En amont du ruisseau, les EPT représentent 50% de la population totale et plus que 30 % dans la partie aval, sans que cette diminution ne soit statistiquement différente (p-value minimale entre les stations 3 et 9 = 0,2).



Evolution longitudinale des indices biologiques calculés à partir des IBGN réalisés sur les 6 stations en 2015 (ruisseaux de Valbois et de Léri)

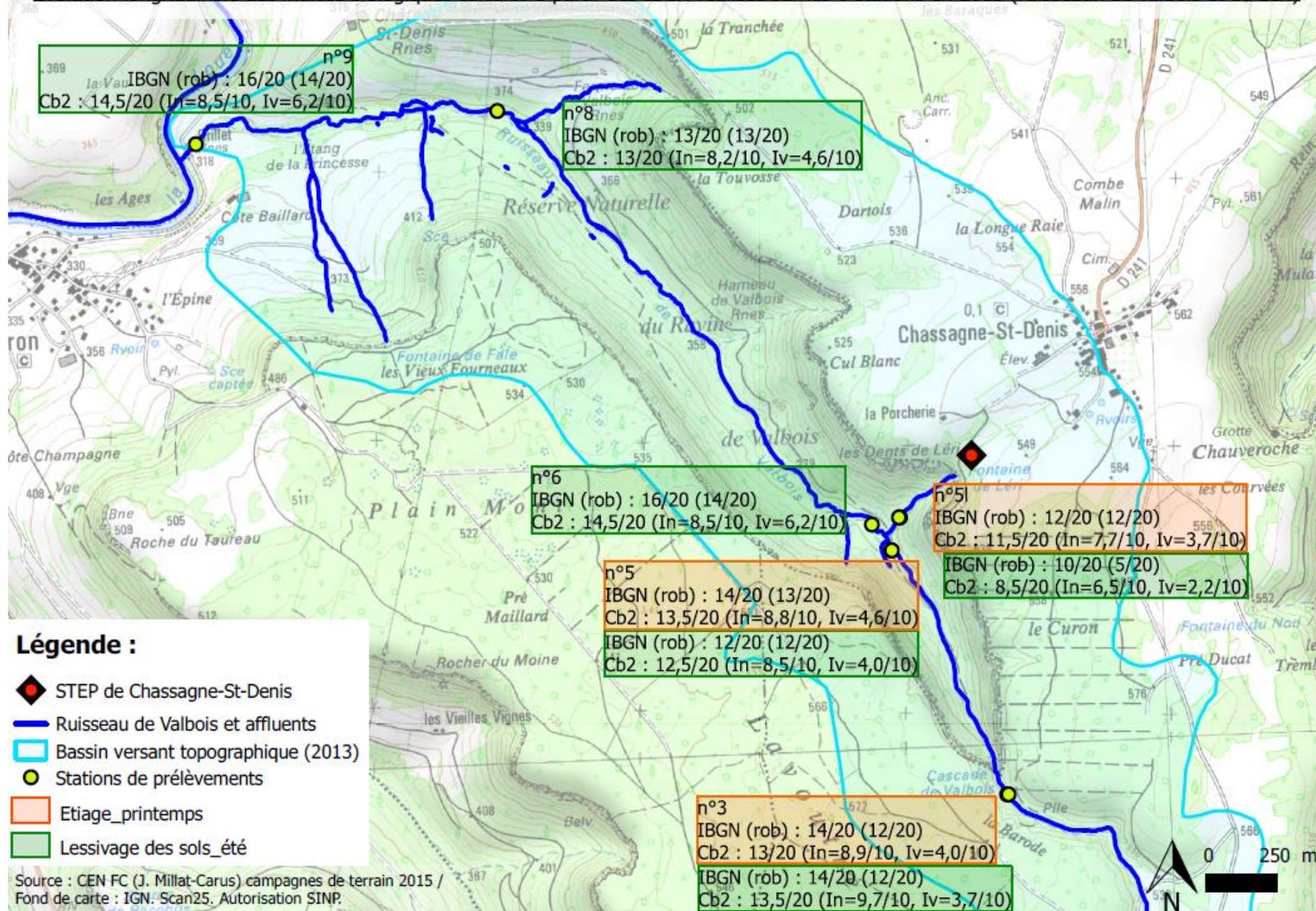


Fig. 3.5 : Représentation des indices de qualité biologique pour toutes les stations de chaque campagne : IBGN (robustesse), Coefficient d'aptitude biogène (Cb2), Indice de nature (In), Indice de variété (Iv)

Concernant la variété générique des EPT sur chacune des stations, il semble qu'elle augmente de la station 3 à la station 6, notamment pour les trichoptères qui passent de 3 genres à 9 genres et pour les plécoptères qui passent de 2 genres à 6 genres. Les variétés génériques en trichoptères et en plécoptères perdent respectivement 2 genres et 4 genres de la station 6 à la station 8. On note principalement l'absence des plus polluosensibles tels que *Perlodes* et *Perla*.

A propos de la station située sur le ruisseau de Léri, la proportion en individus saprobiontes est supérieure à 90% lors de la première campagne et approche les 100 % lors de la campagne estivale. La variété générique est de 28 au printemps 2015, elle est divisée par deux en été de la même année. 5 genres de trichoptères retrouvés au printemps ont disparu en été, c'est aussi le cas pour 2 genres d'éphéméroptères et 3 genres de plécoptères. Ces genres obtenaient déjà de très faibles abondances au printemps 2015.

## 2. Mise en relation des résultats antérieurs avec les résultats de 2015

De très nombreuses données ont été rassemblées à partir des 8 campagnes de prélèvements de la faune benthique entre le printemps 1995 et l'été 2015. Le choix des stations ainsi que les protocoles de prélèvements ne sont pas tout à fait identiques à chacune des campagnes, ce qui rend les comparaisons parfois délicates. Les annexes 21, 22 et 23 résument les indices et les résultats exploitables obtenus à partir des listes faunistiques depuis 1995. Nous allons donc exposer les comparaisons ayant été possibles avec les campagnes antérieures, ce qui permettra de discuter de l'évolution temporelle du peuplement macrobenthique. Pour cela, les résultats pour chacun des paramètres vont être résumés pour chacune des stations à partir de graphiques et de schémas.

Deux généralités sont exposées sur l'ensemble des résultats obtenus en 20 ans. L'indice de nature avoisine 8/10 pour chacune des stations depuis 20 ans tandis que l'indice de variété est largement plus faible, notamment sur la station 3 où il n'a jamais excédé 3,8/10 depuis 1995. Aussi, remarquons que l'année 2015 marque les plus faibles abondances retrouvées depuis 1995 sur toutes les stations. Les différences ne sont significatives que pour certaines et ne suivent aucune tendance logique. Les différences les plus flagrantes et significatives sont perçues sur la station 3 avec une diminution de 92% de l'été 1995 à l'été 2015. Par ailleurs, l'année 2015 obtient des notes IBGN identiques sur cette station, ce qui n'est pas le cas sur toutes les autres stations. Voyons de plus près les tendances qui ont pu être mise en évidence via les multiples comparaisons effectuées de 1995 à 2015.

### ○ Stations 3 et 5

Bien que la station 3 obtienne des notes semblables aux études antérieures, son indice de variété est au plus faible en 2015 (3,7/10), le Cb2 est alors compensé par un indice de nature particulièrement haut en 2015 (9,7/10).



De la même façon sur la station 5, la variété taxonomique chute de 5 familles de 1995 à 2015, ce qui lui confère un indice de variété très faible (4/10) ainsi que des notes IBGN plus faibles en été par rapport à 1995 (An. 21). Sur ces deux stations, le pourcentage de taxons saprobiontes est plus faible en 2015 qu'en 1995 (76% en 2015 contre 91% à 95% en 1995 et 1998). On remarque une hausse de la proportion en éphéméroptères de 30% pour les deux stations de 1995 à 2015 (An. 22). La station 3 perd 4 genres de trichoptères en 2015, et la variété générique en EPT chute pour les 3 ordres sur la station 5. En 2015, on ne retrouve plus *Centroptilum*, *Glossossoma*, *Drusus* ou encore *Potamophylax*.

### ○ Station 6

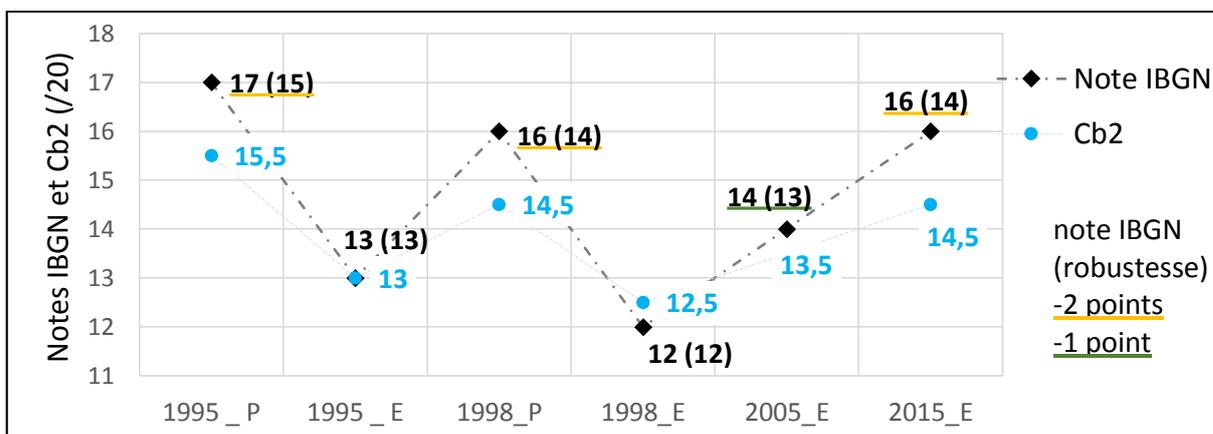


Fig. 3.6 : Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 du printemps 1995 à l'été 2015 sur la station 6. « P » signifie « printemps », « E » signifie « été ».

Sur la station 6, en aval de la confluence avec le ruisseau de Léri, les meilleures notes IBGN et Cb2 en période estivale recensées depuis 20 ans sont celles de 2015 (fig. 3.6). Cette hausse est perçue à la fois via la variété taxonomique élevée que via une meilleure qualité de l'eau puisque les deux indices du Cb2 sont les plus hauts depuis 1995. La proportion en saprobiontes chute de moitié et le pourcentage en EPT progresse de 40% notamment par le biais des trichoptères. La station perd 2 genres d'éphéméroptères et gagne plusieurs genres de plécoptères et de trichoptères dont certains ont une polluo-sensibilité élevée, c'est le cas de *Perlodes* et de *Perla*.

### ○ Station 8

La station 8 située en aval de la confluence avec le ruisseau de Pater est marquée par une importante perte de variété taxonomique en été 2015 avec 21 familles contre 28 en moyenne aux étés 1995 à 2008. Cela se ressent dans ses notes IBGN et CB2 qui tendent à diminuer en 2015 (fig. 3.7), elles sont toutes deux de 13/20. Le pourcentage en EPT était en baisse de 1995 à 2008, il tend à nouveau à augmenter de 2008 à 2015, c'est l'inverse pour la proportion en saprobiontes qui avait augmenté de 1995 à 2008 et qui semble à nouveau diminuer depuis 2008. Quant à la variété générique des EPT, elle diminue progressivement depuis 1995 pour chacun des trois ordres.



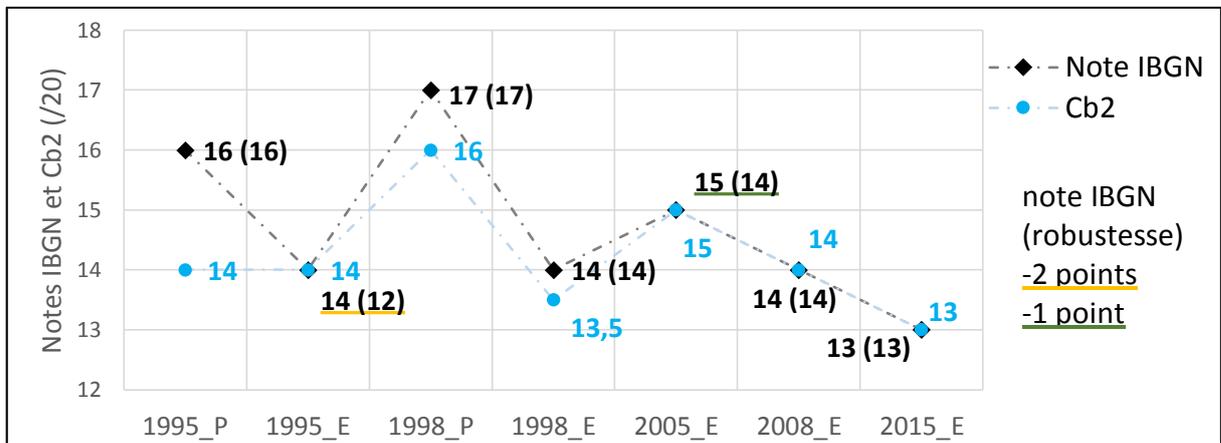


Fig. 3.7 : Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 du printemps 1995 à l'été 2015 sur la station 8. « P » signifie « printemps », « E » signifie « été ».

o **Station 9**

Les notes IBGN et Cb2 de la station 9 semblent avoir augmenté à première vue depuis 1995, mais la robustesse qui enlève deux points à la note IBGN en 1998 et en 2015 ne permet pas de faire de ce constat une certitude (An. 23). Les indices de variété et de nature sont effectivement légèrement plus hauts que lors des études antérieures. Quant à la proportion en EPT, elle chute de 30% depuis 1995, notamment à travers les éphéméroptères tandis que la variété générique en plécoptère augmente.

3. Estimation de l'état de toxicité du ruisseau de Valbois à partir de différentes méthodes

Les listes faunistiques du MAG20, l'elgatox ainsi que l'IBCT ont été mises en commun afin de se pencher plus particulièrement sur la problématique de la pollution toxique. Les résultats des comparaisons de densité et des tests statistiques apparaissent dans la figure 3.8 et dans l'annexe 24.

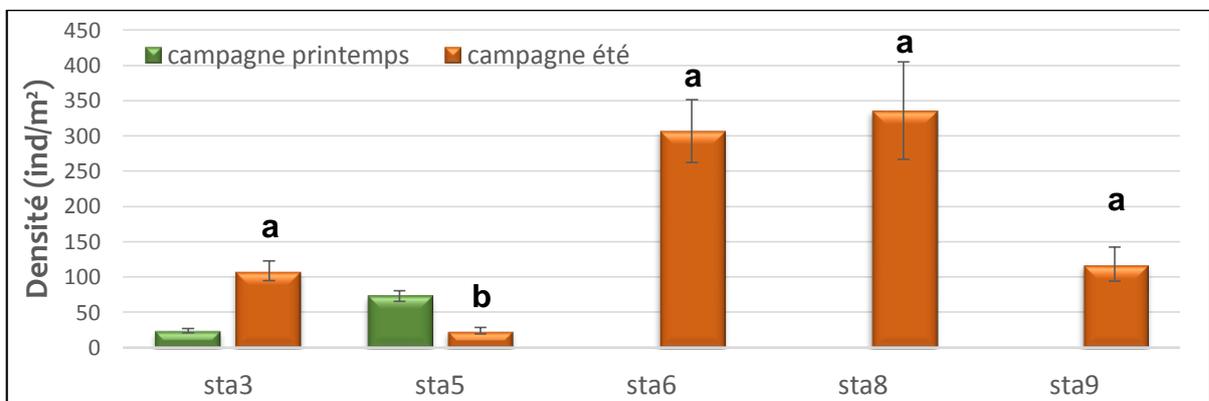


Fig. 3.8 : Représentation de la densité en Gammaridae (individus.m<sup>-2</sup>) calculée sur chacune des stations lors des deux campagnes de prélèvements de benthos. Les lettres « a » et « b » représentent les différences significatives obtenues par les tests statistiques.



D'abord, les résultats de l'ELGATOX montrent que la station 5 possède une densité en gammares significativement plus faible que les stations 3 (p-value < 0,001) et 6 (p-value < 0,012) mais seulement lors de la campagne d'été (fig. 3.8). En comparant les densités en gammares entre les deux campagnes sur toutes les stations, la station 5 affiche effectivement une densité plus faible lors de la campagne d'été (p-value < 0,017). Concernant les *Elmidae*, la station 3 obtient des densités significativement plus faibles que les stations 5 (p-value=0,012), 6 (p-value=0,007) et 9 (p-value=0,02) lors de la campagne d'été (An. 24). Les proportions en larves et adultes ne sont pas significativement différentes sur chacune des stations et ce pour les deux campagnes, bien qu'il y ait significativement plus de larves que d'adultes dans la population totale d'*Elmidae* lors de la campagne estivale (p-value=0,01). En termes de variété générique, le genre *Esolus* est le plus représenté sur les stations 3 et 5, et ceci pour les deux campagnes (p-value de 0,001 à 0,04). Sur la station 9, c'est *Riolus* qui semble prendre le dessus par rapport à *Oulimnius* (p-value=0,013).

Quant à la station du ruisseau de Léri, traitée ultérieurement, elle obtient une densité en gammares significativement plus importante que les 5 stations du ruisseau de Valbois pour les deux campagnes (p-value de 0,001 à 0,006) et à l'inverse, une densité en *Elmidae* significativement plus faible que les stations 3 (p-value=0,006) et 6 (p-value=0,012) pour la campagne de printemps.

Ensuite, l'Indice Biologique de Contamination par les Toxiques a été appliqué aux listes faunistiques des IBGN à partir de 8 prélèvements. Le détail des calculs apparaît en annexe 25. Le graphique suivant met en évidence les notes obtenues et la correspondance du niveau de toxicité à l'aide d'un code couleur (fig. 3.9).

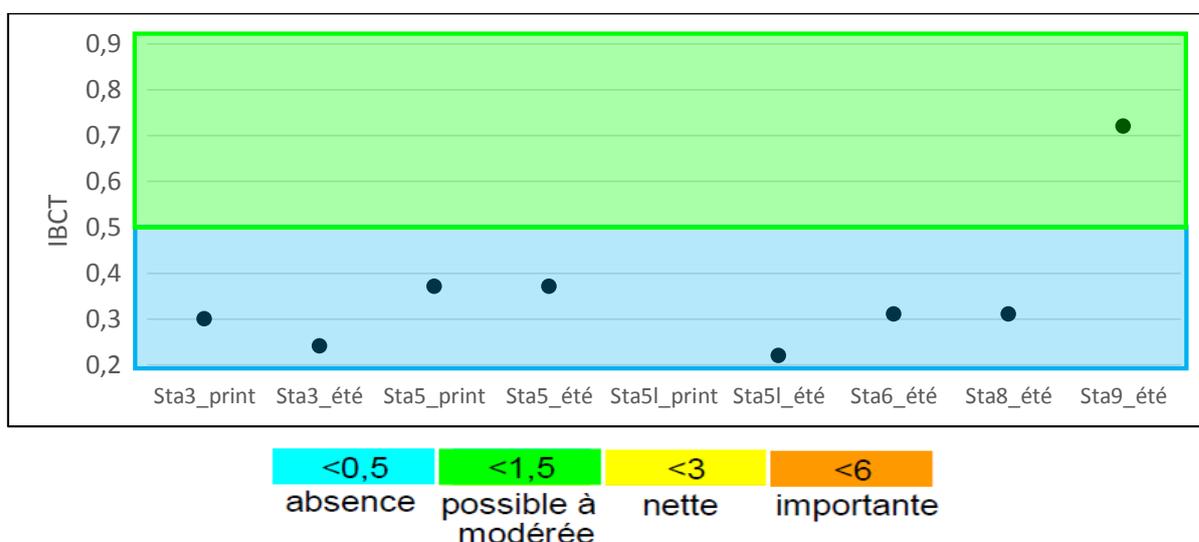
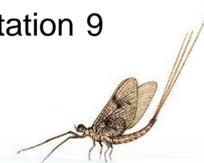


Fig. 3.9 : Indices Biologique de Contamination par les Toxiques obtenus sur chaque station au printemps et été 2015. Les gammes sont données par EAUX CONTINENTALES (2008)

A partir des paramètres utilisés pour calculer l'IBCT, il semble que seule la station 9 ne décèle la présence d'une toxicité possible à modérée.



#### 4. Evaluation de la richesse spécifique en Epheméroptères, Trichoptères et Plécoptères

Il existe une base de données présentant les espèces d'EPT déjà retrouvées dans la RNN du ravin de Valbois (SERENA), elle a débuté en 2000 par les épheméroptères qui ont été déterminées au stade larvaire par Michel HIVET. Elle a été complétée avec les trouvailles d'Hervé DECOURCIERE en 2005 et 2008, d'Adeline FRANZONI 2010/2011 et Pierre MARLE en 2013. Voici un tableau récapitulatif des espèces d'EPT retrouvées dans la RNN entre 2000 et 2015.

Tab. 3.1 : Mise en relation de la variété générique obtenue par l'inventaire des EPT en 2015 avec le répertoire des espèces du Macrobenthos franc-comtois (SIALIS 2004).

	Trichoptères nbr d'espèces	Epheméroptères nbr d'espèces	Plécoptères nbr d'espèces
BD SERENA	16	18	15
Recensées en 2015	26 dont 16 nouvelles	3 dont 0 aucune nouvelle	8 dont 4 nouvelles
TOTAL RNN	32	18	19
Répertoire Macrobenthos franc- comtois (SIALIS 2004)	182 espèces	64 espèces	69 espèces

L'inventaire de 2015 a permis de rajouter 16 nouvelles espèces de trichoptères et 4 nouvelles espèces de plécoptères à ces listes (An. 26). Par ailleurs, il n'a pas couvert totalement les périodes d'émergence des EPT, puisqu'il n'a pas été mené à la fin de l'automne. De nouvelles espèces ont été chassées à la fin du protocole, ce qui a poussé les investigateurs à poursuivre les chasses.

Par rapport au répertoire de Macrobenthos franc-comtois qui a été initié en 2004 (VANDELLE & DECOURCIERE), toutes les espèces retrouvées dans la RNN du ravin de Valbois y figurent mais cinq d'entre elles ont été observées moins de 5 fois en Franche-Comté. Il s'agit du plécoptère *Leuctra Pseudorosinae* (Aubert, 1954) et des trichoptères *Hydropsyche instabilis* (Curtis, 1834), *Hydropsyche tenuis* (Navas, 1932), *Limnephilus auricula* (Curtis, 1834) et *Philopotamus variegatus* (Scopoli, 1763). De plus, selon l'essai de hiérarchisation de l'intérêt patrimonial des espèces franc-comtoises (VANDELLE & DECOURCIERE, 2004), une espèce de plécoptère inventoriée en 2015 entre dans le groupement « forte vulnérabilité » avec une occurrence de 76%, il s'agit de *Dinocras megacephala* (Klapalek, 1907). Notons que certains genres tels que « Dinocras » n'ont jamais été retrouvés en stade larvaire dans le ruisseau de Valbois, signifiant que les espèces retrouvées en stade adulte viennent d'ailleurs. Aussi recensé en 2015, *Perlodes jurassicus* (Aubert, 1946) entre dans le groupement « régionalisme développé » avec une occurrence de 64%. Une espèce d'épheméroptère recensée en 2001 fait partie du groupement « vulnérabilité modérée », il s'agit de *Torleya major* (Klapalek 1905).



Le tableau suivant met en avant les différences de variété générique obtenues entre les stations 5 et 8 (tab. 3.2).

Tab. 3.2 : Mise en évidence des différences de variété générique en trichoptères, éphéméroptères et plécoptères entre les stations 5 et 8.

	Station 5	Station 8
<b>TRICHOPTERES</b>	19 espèces dont 10 non retrouvées dans la station 8	16 espèces dont 8 non retrouvées dans la station 5
<b>EPHEMEROPTERES</b>	3 espèces dont 1 non retrouvée dans la station 8	2 espèces dont 0 non retrouvé dans la station 5
<b>PLECOPTERES</b>	6 espèces dont 0 non retrouvé dans la station 8	8 espèces dont 2 non retrouvées dans la station 5

On observe notamment que la communauté de trichoptères est différente d'une station à l'autre pour la moitié des espèces. Très peu d'espèces d'éphéméroptères ont été retrouvées lors de l'inventaire de 2015. D'une part, il s'agit d'insectes plus difficiles à chasser par rapport aux plécoptères et aux trichoptères, surtout en milieu forestier car elles cherchent la lumière et prennent rapidement de l'altitude. Aussi, nous avons trouvé beaucoup de femelles qui sont difficilement identifiables. Michel HIVET avait identifié les espèces à l'aide des larves en faisant des montages entre lame et lamelle. Les larves sont plus faciles à capturer que les imagos, ce pourquoi il a obtenu une variété générique bien plus importante que celle du présent inventaire.

#### Principaux résultats obtenus suite à l'étude de la composante biologique :

- La variété taxonomique est très faible sur l'ensemble du ruisseau tandis que l'indice de nature est relativement élevé et ceci depuis 1995. Le ruisseau connaît une importante chute d'abondance en 2015 sur l'ensemble du ruisseau, les stations amont représentant les plus faibles abondances.
- **Stations 6 et 9** : Variétés taxonomiques les plus importantes du ruisseau, d'où les notes IBGN les plus élevées en 2015.
- **Stations 5 et 8** : Variétés taxonomiques les plus faibles, elles ont fortement diminué depuis 1995 et 2008. Perte des taxons les plus polluosensibles. Cela se ressent dans les indices de qualité biologique qui ont chuté depuis 1995 et qui sont les plus faibles sur le ruisseau en 2015.
- **Ruisseau de Léri** fortement altéré : Potentiel habitationnel naturellement déficitaire et peuplement benthique dominé par taxons saprobiontes.
- **ELGATOX** : Densités en *Gammaridae* et *Elmidae* plus faibles en amont.
- **IBCT** : Il indique une présence de toxiques sur la station 9 seulement (en aval).



### III. Interprétation des résultats

L'évaluation de la qualité biologique d'une eau douce superficielle s'effectue par l'analyse des organismes fixés ou libres vivants dans un cours d'eau. Des indices biologiques permettent de caractériser l'état biologique en termes de structure et de fonctionnement, tels que l'indice macro-invertébrés (IBGN), l'indice macrophytes (IBMR), l'indice poissons (IPR), l'indice diatomées (IBD). Dans le cadre de la présente étude et des études antérieures sur la qualité biologique du ruisseau de Valbois, seuls les macro-invertébrés ont été étudiés. Ils sont des organismes consommateurs intégrateurs d'une grande quantité de perturbations, et sont globalement plus sensibles aux altérations de la qualité de l'eau que les poissons (LIEVRE *et al.* 2004). Des résultats intéressants ont pu être extraits à partir de la densité d'informations répertoriées depuis 1995. Ils vont pouvoir être interprétés afin de répondre aux objectifs de la présente étude. On cherche à compléter les interprétations de l'étude de la composante physico-chimique afin de dissocier les impacts dont la source est inévitablement due aux matières organiques par rapport aux impacts dont la source proviendrait des micropolluants.

Dans une première partie, nous allons discuter de l'évolution longitudinale de la qualité biologique du ruisseau de Valbois en 2015 en évoquant les données comparables des études antérieures. L'année 2015 a fait l'objet d'un nouveau diagnostic écologique sur le ruisseau via l'application de trois protocoles : l'IBGN 12 prélèvements, le MAG 20 prélèvements permettant de discuter de la qualité biologique du ruisseau de Valbois, et l'ELGATOX permettant de comparer la toxicité de différentes stations d'un même cours d'eau à partir des familles d'*Elmidae* et de *Gammaridae*. L'application d'un indice supplémentaire, l'Indice Biologique de Contamination par les Toxiques (IBCT) aux listes faunistiques de 2015 va apporter des éléments d'interprétation complémentaires à ceux de l'ELGATOX. Dans un premier temps, plusieurs informations générales mais fondamentales sont déduites à partir de l'étude des indices biologiques. L'amplitude de variation des notes IBGN et du Cb2 est assez forte sur ce ruisseau de tête de bassin versant (12/20 à 16/20) et elles ne suivent pas de gradient longitudinal logique. La robustesse doit être prise en compte pour une interprétation plus fine puisqu'elle met en évidence la fragilité des peuplements que la moindre altération supplémentaire peut faire chuter de 1 voire le plus souvent 2 points IBGN (EAUX CONTINENTALES, 2008). Bien qu'elles soient comprises dans des classes de qualité « passables à bonnes » selon la grille d'appréciation de l'Agence de l'Eau, les notes IBGN sont insuffisantes pour ce type de cours d'eau dont la qualité, en dehors de toutes perturbations, devrait valoir 20/20 au moins sur les parties médianes et basales (TELEOS, 2015). Par ailleurs, la qualité de l'eau semble relativement bonne au vu de l'indice de nature du Cb2 qui ne descend pas en dessous de 8,2/10 sur tout le ruisseau de Valbois. La variété taxonomique est quant à elle très faible sur l'ensemble du ruisseau, en partie à cause de la mauvaise qualité naturelle des habitats sur la partie amont du ruisseau notamment. Elle est plus élevée sur les stations 6 et 9 qui obtiennent les meilleurs notes IBGN et Cb2 et ainsi que les meilleures abondances et variétés génériques en plécoptères, dont certains sont hautement polluosensibles. C'est le cas de *Perla* et *Brachyptera*, taxons peu retrouvés dans les autres stations.



Une deuxième partie est axée sur les stations qui encadrent le ruisseau de Léri afin de déterminer son impact sur le ruisseau de Valbois. La hausse de la densité de gammares observée entre les stations qui encadrent le ruisseau de Léri provient très certainement du ruisseau de Léri qui possède une proportion en individus saprobiontes très importante (de l'ordre de 95%). Cet affluent présente des indices de qualité très faibles ainsi qu'une communauté benthique très instable, ce qui pourrait paraître inquiétant pour le ruisseau de Valbois. Par ailleurs, les tests statistiques réalisés entre les stations 3, 5 et 6 mettent en évidence une densité particulièrement faible en gammares en amont de la confluence avec Léri, ce qui justifierait la différence significative observée de part et d'autre du ruisseau de Léri. De plus, la station 6 en aval de la confluence avec Léri marque la meilleure note IBGN estivale obtenue depuis 1995 et aussi la meilleure note obtenue sur le ruisseau en 2015. Par rapport à 1995, le pourcentage en taxons saprobiontes chute de moitié sur la station 6 qui voit aussi apparaître de nouveaux genres de plécoptères et de trichoptères dont certains représentent une polluo-sensibilité élevée, c'est le cas de *Perla* et *Perlodes* par exemple. Par rapport aux conclusions des précédentes études, le ruisseau de Léri ne semble plus être une source majeure de pollution organique pour le ruisseau de Valbois. Bien que ce premier constat rejoigne celui qui résulte de la physico-chimie des eaux dans le chapitre précédent, nous allons discuter des résultats de l'étude des toxiques puisque les organismes justifiant de la présence d'une pollution organique sont à l'inverse toxicosensibles. Les teneurs en micropolluants pourraient alors entraîner un biais sur les précédentes interprétations.

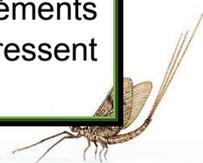
Une troisième partie est alors consacrée à l'étude de la toxicité du ruisseau à travers les peuplements biocénotiques. Les pollutions organiques et toxiques s'interprètent par la présence des mêmes organismes dont les densités augmentent avec la présence de substances organiques et décroissent à l'inverse avec la présence de micro-polluants. Il existe donc de véritables limites quant à l'interprétation des résultats. Les organismes saprobiontes transforment la matière organique constituant la base de la pyramide trophique et sont donc toujours majoritaires (TELEOS, 2006). Ceci n'est pas le cas sur l'ensemble du ruisseau de Valbois en 2015, notamment sur la station amont du ruisseau de Léri où les taxons saprobiontes représentent tout juste plus de 30% de l'abondance totale. Notons aussi que les crustacés *Gammarus* et les coléoptères *Elmidae* présentent globalement des abondances très faibles, bien en deçà des "normales" locales (> 5000 *Gammaridae* au m<sup>2</sup> et > 1000 *Elmidae* au m<sup>2</sup>), selon TELEOS qui avait déjà mis en évidence les faibles densités d'*Elmidae* en 2005. Ces observations pourraient évoquer une perturbation liée aux produits de traitements de bois (ADAM 2008) mais aussi aux insecticides pyréthrinoides dont les contaminations sont très fortes en 2014 (TELEOS, 2015). Ces derniers sont utilisés dans différents domaines et notamment dans les produits de désinfection et nettoyage, les éphéméroptères et les macro-crustacés y sont très sensibles (DEJOUX 1983). Selon THYBAUD (1990), la très dense adsorption de la deltaméthryne et ses faibles capacités de bioaccumulation dans les sédiments laissent à penser que ce composé ne se bioaccumulera pas le long des chaînes trophiques. Les dommages importants causés par cette molécule impactent alors directement les organismes à son arrivée dans le milieu. S'il s'avère que les faibles proportions en certains invertébrés soient dues à cette molécule, cela signifierait qu'elle est encore apportée au ruisseau plus ou moins régulièrement.



Aussi, l'existence d'une contamination toxique est percevable à travers les très faibles densités en Oligochètes et en diptères *Chironomidae*. Concernant les *Elmidae*, la station la plus en amont marque les abondances les plus faibles. Dans l'état actuel des connaissances, on ne peut affirmer qu'un genre d'*Elmidae* soit plus sensible aux polluants qu'un autre mais on peut discuter de la variété générique qui oscille de 2 genres en amont de la cascade, à 3 puis 4 genres de la station 5 à la station 9. Au vu de ces différentes corrélations, la station, en amont de la cascade semble être la plus touchée par la présence de toxiques. L'Indice Biologique de Contamination par les Toxiques révèle quant à lui la présence de micro-polluants sur la station située en amont de la confluence avec la Loue mais pas sur les autres stations. Il ne semble pas s'agir d'un indice assez robuste puisque les analyses de toxiques une toxicité globalement plus alarmante en amont de la cascade que l'IBCT ne met pas en évidence. La proportion de gammares est plus faible sur la station 9 que sur les stations 3 et 5, d'où le fort IBCT obtenu. Remarquons que l'IBCT prend en compte la diversité en taxons toxicosensibles et la proportion d'un seul taxon toxicosensible qui est *Gammaridae*. Or, la proportion en individus saprobiontes dont d'autres organismes sont toxicosensibles dépassent les 50%. On pense notamment aux *Chironomidae*, bien qu'ils ne soient pas les plus sensibles (CEMAGREF 2000). De plus, les stations 3, 5 et 9 possèdent des périodes d'assec relativement restrictives qui influencent la présence des gammares dont le cycle de vie est long. La différence d'IBCT entre les stations 3 et 9 est donc à prendre avec des pincettes, elle doit être interprétée avec les limites que comporte l'indice.

#### Éléments fondamentaux de l'étude de la composante biologique :

- **Ruisseau de Valbois** : Qualité biologique toujours globalement altérée mais indice de nature relativement bon et inchangé depuis 1995. Diversité taxonomique particulièrement faible, notamment à cause d'une qualité physique altérée par les activités anthropiques en amont et naturellement après la cascade. Très faibles abondances inquiétantes observées en 2015 par rapport aux études antérieures. Assecs de plus en plus fréquents et restrictifs.
- **Affluent le Léri** : Malgré les faibles indices associés à cet affluent + proportions anormales en taxons saprobiontes, la station en aval de la confluence obtient les indices biologiques de qualité les plus élevés. Station en amont de la confluence semble plus dégradée : perte importante de la variété taxonomique pourrait être due aux assecs répétés et sévères de la station.
- **Aval de l'affluent du Pater** : Chute de la variété taxonomique et perte des taxons les plus polluosensibles.
- **Amont confluence Loue** : Amélioration de la qualité biologique du ruisseau dans sa partie la plus en aval, comme cela a déjà été montré lors des études antérieures.
- **ELGATOX et IBCT** : L'IBCT mêle plusieurs paramètres intéressants mais la valeur finale doit être interprétée conjointement à partir des tests statistiques de l'ELGATOX, des listes faunistiques et du potentiel d'assec de chaque station. L'analyse du peuplement benthique semble bien révéler la présence d'éléments toxiques dans le ruisseau de Valbois et l'impact sur le benthos se ressent principalement sur les communautés apicales.



#### IV. Critiques des méthodes

Les méthodes employées dans l'étude de la biocénose aquatique du ruisseau de Valbois recèlent aussi certaines critiques. Les méthodes et indices non standardisés tels que l'ELGATOX et l'IBCT ne permettent pas à eux seuls de faire une quelconque interprétation sur la présence de toxiques. Par ailleurs, ils sont intéressants à utiliser lorsqu'ils sont interprétés conjointement avec les listes et les résultats d'analyses physico-chimiques. Concernant l'inventaire en EPT, les deux seules stations suivies sur le ruisseau ne peuvent pas suffire à obtenir un inventaire complet, les stations devront être multipliées lors des prochains inventaires.

#### V. Ouverture sur des propositions d'amélioration du suivi de la qualité du ruisseau

Concernant le ruisseau de Valbois, un suivi de la qualité biologique du ruisseau devra être réalisé tous les 5 à 6 ans afin de surveiller l'état de conservation du ruisseau. Les mêmes stations ainsi que les mêmes protocoles seront utilisés. Aussi, dans le but de compléter l'inventaire des EPT, il serait judicieux de continuer à prospecter les deux stations initiées en 2015 en ajoutant d'autres tronçons du ruisseau tels que le pied de la cascade et les milieux ouverts des petits affluents.

A propos de la STEP de Chassagne-Saint-Denis, il est primordial de suivre les réalisations des bilans 24h tous les 2 ans et de favoriser une plus forte utilisation du traitement tertiaire en faisant fonctionner plus longtemps la planche 2 par exemple. A court terme, des analyses physico-chimiques devraient être effectuées dans la chasse d'entrée de la STEP lorsqu'elle est pleine ainsi que sur le rejet qui sort du bassin 3 directement après le déclenchement de cette même chasse. Un seul paramètre tel que la DBO5 ou la DCO suffira à savoir s'il y a eu abattement sur ces 14% d'effluents. A moyen terme, le traçage du rejet de la STEP permettra de savoir si la totalité du rejet rejoint Léris comme on en fait l'hypothèse depuis la création de la STEP, et s'il est entièrement retrouvé à la fontaine de Léris. Aussi, puisque la fontaine de Léris coule même lorsque le ruisseau est à sec en aval, il faudrait mesurer la dilution minimale du rejet dans le ruisseau de Léris en comparant le débit de sortie de la STEP à celui de la fontaine.

Les arrivées latérales du ruisseau de Valbois entre le ruisseau de Léris et le ruisseau du Pater devront être prospectées à moyen terme. Des analyses physico-chimiques sur les formes azotées en période de lessivage des sols sont envisageables sur le ruisseau du Pater et sur une arrivée qui semble douteuse au gestionnaire de la RNN plus en amont en rive droite.

Dans le but d'améliorer les connaissances sur les flux d'eau existants au sein du bassin versant en période de fortes eaux et sur les sources potentielles de pollution du ruisseau de Valbois, des traçages devraient être réalisés dans la zone industrielle d'Amancey. Aussi, des analyses physico-chimiques pourraient être analysées dans les piézomètres de l'ancienne décharge de Chasagne-St-Denis.



## Conclusion

La Réserve Naturelle du Ravin de Valbois est un site d'exception de la haute vallée de la Loue, dans lequel chemine un ruisseau dont on sait depuis longtemps que les capacités biogènes sont altérées. Les années 1990 ont marqué les premières analyses de la qualité biologique et physico-chimique du ruisseau de Valbois. En l'espace de 20 ans, les études se sont succédées et ont mis en évidence plusieurs sources potentielles de pollution, notamment dans la partie haute du bassin versant. Depuis 1995, quelques modifications se sont opérées sur le cours même du ruisseau de Valbois comme la destruction d'ouvrages et de plans d'eau altérant la continuité écologique du ruisseau. De plus, la mise en fonctionnement du filtre planté de roseaux en 2012 dans la commune de Chassagne-Saint-Denis représentait un changement important à l'échelle d'une partie du bassin versant de Valbois. En effet, le rejet des eaux traitées approvisionnerait le ruisseau de Léri, un des principaux affluents du ruisseau de Valbois (sous réserve d'une vérification scientifique). L'année 2015 fait état d'une nouvelle étude visant à réaliser un diagnostic écologique récent et complet du ruisseau à partir des composantes physico-chimiques et de la biocénose benthique. Au vu des résultats de cette étude, le gestionnaire de la RNN souhaitait pouvoir dissocier les impacts d'origine organique et les impacts d'origine toxique subis par le ruisseau de Valbois tout au long de son cours. Aussi, dans le but d'évaluer l'impact de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis 3 ans après sa mise en service, il était fondamental de se concentrer tout particulièrement sur le secteur de la confluence avec le ruisseau de Léri.

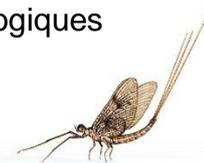
Une partie de la problématique posée par le gestionnaire de la RNN à propos du rejet de la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis a été résolue. Le ruisseau de Léri, qui reçoit très probablement le rejet de la STEP, est étudié pour la première fois en 2015. De très fortes teneurs en éléments azotés y sont retrouvées et une qualité biologique médiocre lui est attribuée. Cependant, le ruisseau de Valbois ne semble pas subir de détérioration en aval de la confluence avec Léri, hormis une concentration en nitrates plus importante, mais qui ne change pas la classe de qualité par rapport à l'amont. La station en aval de la confluence avec le ruisseau de Léri perçoit d'ailleurs un des meilleurs indices de qualité du ruisseau. La station d'épuration obtient de très bons rendements sur sa pollution organique mais elle produit des nitrates et des nitrites dont les concentrations sont susceptibles d'impacter directement le ruisseau de Léri lors des périodes d'étiage. Aussi, nous nous appuyons sur le suivi poussé réalisé sur le rejet de la STEP et sur des données théoriques d'évapotranspiration pour faire l'hypothèse qu'une forte proportion du volume non retrouvée en sortie se perd dans le karst. L'eau s'est très certainement frayée des chemins préférentiels et nous n'écartons pas l'hypothèse de fuites à travers une bâche imperméable dont nous ne connaissons ni la taille ni la position. L'étude a montré que la pollution du ruisseau de Léri ne détériore pas de manière majeure celle du ruisseau de Valbois. Mais cela reste une source de pollution à surveiller et si possible à améliorer.



L'amélioration notable serait d'arriver à faire passer les eaux filtrées par les tranchées de saules et de faire ainsi baisser les charges en nitrates. A court terme, la commune pourrait demander l'avis du service assainissement du département du Doubs pour faire fonctionner le bassin 2 plus longtemps. Pour finir, il faudrait qu'elle n'augmente pas la capacité de sa STEP (du moins tant que les tranchées de saules ne sont pas bien fonctionnelles).

De faibles capacités biogènes sont à nouveau révélées sur le ruisseau de Valbois par l'étude de 2015. Hormis sur la station aval de la confluence avec Léris, il n'y a aucune amélioration perceptible de la qualité biologique du ruisseau, voire une dégradation progressive de 1995 à 2015 sur certaines stations. Les étiages et assecs de plus en plus nombreux et restrictifs influencés par la rectification du ruisseau dans sa partie amont pourraient expliquer une partie de l'altération des capacités biogènes du ruisseau en aval. Il sera aussi important de faire des analyses physicochimiques sur les autres affluents tels que le ruisseau du Pater. La dissociation des différentes sources limitant le développement d'une biocénose type associée à ce type de ruisseau de tête de bassin versant semble difficile à interpréter. Les fortes concentrations en micropolluants perdurent et bien qu'elles semblent supérieures en amont, elles sont aussi importantes et inquiétantes en aval. Quant à la pollution organique, il semble que le ruisseau de Valbois soit seulement touché par la présence d'éléments azotés, notamment dans le haut du bassin versant et au niveau du ruisseau de Léris, dont on a démontré que les concentrations en nitrates ne proviennent pas toutes du rejet de la STEP. Les teneurs sont encore plus importantes en période de lessivage des sols, ce qui nous mènerait sur la piste de sols amendés en matières azotées ou de l'utilisation de lisier au-dessus du ruisseau. Dans le haut du bassin versant, les apports en éléments azotés se font essentiellement par lessivage des sols comme ont pu le démontrer les études antérieures d'hydrogéologie. Aucun problème de désoxygénation et d'excès de matière organique n'a été mis en avant par ailleurs. Selon nous, le développement de la biocénose aquatique est d'abord limité par une qualité physique impactée par les activités anthropiques dans la partie amont et naturellement altérée en aval de la cascade jusqu'au ruisseau de Léris. La présence toujours accrue des micropolluants dans les compartiments solides du ruisseau ne permet aux taxons toxicosensibles de s'installer dans des abondances « normales » au secteur. Il en est de même pour les éléments azotés qui, en fortes concentrations, perturbent la composition et la diversité de la biocénose aquatique, bien que nous manquions d'informations scientifiques précises sur leurs effets (LAMY 1997).

La compréhension du fonctionnement hydrogéologique des aquifères karstiques est d'autant plus importante que le karst est réputé comme étant très vulnérable aux pollutions par comparaison avec les autres aquifères. De ce fait, il serait judicieux que certains traçages réalisés dans le haut du bassin versant soient reconduits en période de fortes eaux pour affiner les connaissances hydrogéologiques du bassin versant du ruisseau de Valbois.



## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ADAM O, DEGIORGI F, CRINI G et al, 2008.** Altération des populations d'Amphipodes *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758) et *Gammarus fossarum* (Koch, 1836) par les produits de traitement du bois : conséquences en terme de bioindication. Rev. sci. Bourgogne-Nature - 9/10-2009, 215-224

**AUBERT J, 1959.** Plecoptera. Insecta Helvetica Fauna, Société entomologique Suisse, 1 : 139 p. (pdf)

**ALEXANDER R.B, BOYER E.W, SMITH R.A, et al, 2007.** The role of headwater streams in downstream water quality, *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 43 (1), 41-59.

**BAKALOWICZ M, BOUCHESEICHE C, BOUILLIN P, et al., 1999.** Guide technique 3, connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée-Corse (SDAGE RMC), 44 p.

**BAUDOIN J.M et al., 2007.** Biodiversité et fonctionnement de cours d'eau forestiers de tête de bassin: effet de l'acidification anthropique et d'une restauration. Université de Metz.

**BENOIST J, BERTRAND G, SOULE A, 2013.** Caractérisation du bassin versant du ruisseau de Valbois et des zones potentielles de pollution (Rapport Licence pro MINA). 29 p.

**BERTRAND C, DENIMAL S. & MUDRY J, 2013.** Destination des lixiviats de la décharge réhabilitée de Chassagne-Saint-Denis. Détermination par traçage d'essais. Laboratoire de Chrono-Environnement – Université de Franche-Comté. 9 p.

**BULLE B, 2005.** Détection de polluants dans un cours d'eau de première catégorie : Le ruisseau de Valbois. Rapport de TER Master 1 Ecologie Fonctionnelle. Univ. Fr. Comté, 21p. + annexes.

**CARREGA P, 1988.** L'évapotranspiration potentielle et réelle dans le Midi méditerranéen. Son originalité par rapport au reste de le France. In: *Méditerranée*, troisième série, tome 66. Recherches climatiques en régions méditerranéennes II, sous la direction de A. Douguedroit. pp. 3-8.

**CEMAGREF 2000.** Méthodologie et application à la mesure de la toxicité de sédiments naturels. Les études de l'agence de l'eau n°76. 58 p.

**CHAMP S & D LANGLOIS, 2004.** Etude des assecs et des zones refuge du ruisseau de Valbois. Etat zéro 2002/2003. Doubs Nature Environnement, Cléron : 22 p. + annexes.

**COEURDASSIER M & RICHARD S, 1995.** Diagnose écologique du ruisseau de Valbois. Étude des biocénoses benthiques et des habitats. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 59 p. + annexes.

**CONSEIL SUPERIEUR DE LA PECHE, 1993.** Ruisseau de Valbois, pêche électrique de sondage. 11 p.

**COUTURIER B, et FOURNEAUX C, 1998.** Les relations karst-rivière dans les calcaires barrémobédouliens du Diois (Drôme – France) Exemple de la Gervanne. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Volume 57, Issue 2, pp 207-212



**Décret ministériel** N° 83-941 du 26 octobre 1983 portant création de la réserve naturelle du Ravin de Valbois (Doubs)

**DEJOUX C, 1983.** Toxicité pour la faune aquatique de quelques nouveaux insecticides, le deltaméthryne. Rcv. Hydrobiol. trop. 16 (3) : 263-276.

**DOUBS NATURE ENVIRONNEMENT, 1998.** Suivi physico-chimique du ruisseau de Valbois, Synthèse des résultats 1996 – 1998.

**DREAL FC, 2012.** Cartes des masses d'eau souterraines. Circulations souterraines reconnues par traçage.

**FERRY O, 2004.** La forêt au service de l'eau : une perspective européenne ? Revue Forestière Française, pp. 47-63.

**FRANZONI A, 2007.** Impacts anthropiques sur les ruisseaux de tête de bassin : cas de la création de mare à grenouilles en amont de la Réserve naturelle du ravin de Valbois (25). Travail d'étude et de recherche MASTER 1, UFR Sciences et technique, Besançon : 21 p.

**EAUX CONTINENTALES, 2008.** Recherche de sources de contamination de la Bienne par des micropolluants toxiques dans la traversée de Saint-Claude sur la base d'un protocole expérimentale l'IBCT : Indice Biologique de Contamination par Toxiques (Eaux Continentales, 2001), 23 p.

**HILLBRAND O, NODLER K, SAUTER M, et al., 2015.** Mutlitracer experiment to evaluate the attenuation of selected organic micropollutants in a karst aquifer, Science of the total Environment, 338-343

**HIVET M & M BRULIN, 2001.** Inventaire des éphéméroptères du ruisseau de Valbois. OPIE Benthos, Guyancourt : 68 p. + collection de référence.

**LAMY, 1997.** Des insectes et des hommes, Sciences d'aujourd'hui, 420 p.

**LANGLOIS D, 2011.** Réserve naturelle nationale du ravin de Valbois, Plan de gestion 2011-2015, 209 p.

**LIEVRE A, PERIAT G, KOEGLER J et al., 2004.** Etude des causes de limitation des populations de poissons dans les cours d'eau jurassiens. Fédération cantonale des pêcheurs jurassiens. 97 p.

**MEDD & AGENCE DE L'EAU, 2003.** Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau. Grilles d'évaluation version 2).

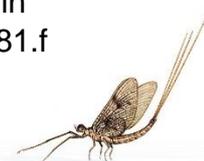
**MOLLE P, 2012.** Les filtres plantés de roseaux : évolution de la recherche et tendances actuelles. Sciences Eaux et Territoire n°9, 8 p.

**MUET P. et VIER E, 2011.** Stratégies de protection des ressources karstiques utilisées pour l'eau potable. Milieux aquatiques en Adour-Garonne.

**NISBET M, VERNEAUX J, 1970.** Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie, t. 6, fasc. 2, pp. 161-190

**OFFICE INTERNATIONALE DE L'EAU, 2001.** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées. Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. 44 p.

**PARISE M, QIRIAZI P, et SALA S, 2004.** Natural and anthropogenic hazards in karst areas of Albania. Natural Hazards and Earth System Science 4 (4): 569-81.f



**PARMENTIER E, 1994.** Étude de la biocénose benthique du Drugeon – Application d'un nouveau protocole d'échantillonnage – Bilan de qualité habitacionnelle – Analyse biocénotique générique – Bilan de qualité faunistique. Mem. DUEHH, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 69 p. + annexes.

**PERIAT G & DÉCOURCIÈRE H, 2009.** Le Ravin de Valbois : une réserve naturelle polluée ! Programme LIFE 04 NAT/FR/000082 Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale. Parc Naturel Régional du Morvan, Saint-Brisson, 15 p. + annexes.

**RODIER J, 1985.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod 7<sup>e</sup> édition.

**SALOMON, J-N, 2000.** Précis de Karstologie, Presses Universitaires de Bordeaux, Collection « Scieteren », Pessac, 250 p.

**Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Loire-Bretagne 2010-2015** (SDAGE LB), 44 p.

**STUDEMANN D, LANDOLT P, SARTORI M, et al., 1992.** Ephemeroptera. Insecta Helvetica Fauna, Société entomologique Suisse, 9 : 172 p. (pdf)

**MEDD & AGENCES DE L'EAU, 2003.** Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau : grilles d'évaluation SEQ-EAU (Version 2).

**TACHET H, RICHOUX P, BOURNAUD M et al., 2000.** Invertébrés d'eau douce - Systématique, biologie et écologie. CNRS Editions. 588 p.

**TACHOT L, 1998.** Étude de la macrofaune benthique du ruisseau de Valbois. Application de l'Indice Biologique Global Normalisé, Doubs Nature Environnement, 36 p. + annexes.

**TELEOS, 2006.** Diagnostic initial des composantes biologiques et physico-chimiques du ruisseau de Valbois – 25. Étude préparatoire de sa reconnexion à la Loue. Actions A1-2005-1-1 et A1-2005-1-1 bis du programme LIFE 04 NAT/FR/000082 Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale. Parc Naturel Régional du Morvan, Saint-Brisson, 46 p. + annexes.

**TELEOS, 2015.** Analyse de l'état de conservation du ruisseau de Valbois en 2014, bureau d'études TELEOS Suisse, 21 p. + annexes.

**THYBAUD E, 1990.** Ecotoxicology of lindane and deltamethrin in aquatic environments. Revue des sciences de l'eau 3(2) 195-209.

**VANDELLE J-P & DECOURCIERE H, 2004.** Répertoire des espèces du Macrobenthos franc-comtois. Définition d'un référentiel d'espèces Plécoptères-Ephéméroptères- Trichoptères Mollusques. Etude réalisée pour la DIREN Franche-Comté, par le bureau d'études SIALIS. 77 p.

**VERNEAUX J, 1973.** Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse de doctorat, Université de Besançon, 257 p.

**VERNEAUX J, 1982a.** Expression biologique qualitative et pratique, de l'aptitude des cours d'eau au développement de la faune benthique. Un coefficient d'aptitude biogène : le Cb2. Trav. Cent. Hydrobiol. Univ. Besançon, 20p.

#### **Sites internet :**

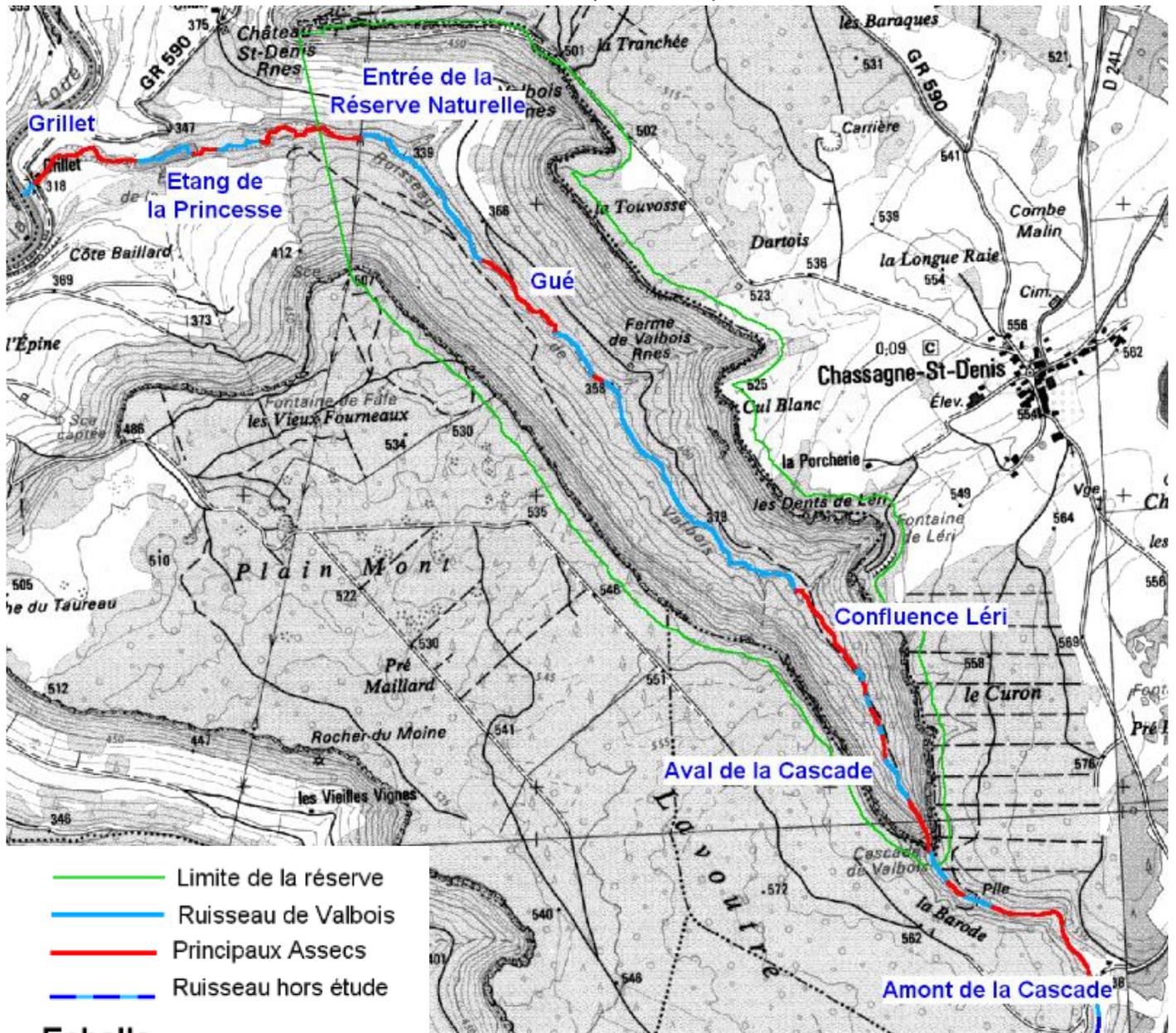
<http://france3-regions.blog.francetvinfo.fr/vallee-de-la-loue/2015/04/29/le-colloque-de-la-loue-et-des-rivieres-comtoises-1-un-monde-qui-change.html> \_ consulté le 25 août 2015



# ANNEXES



# ANNEXE 1 : Cartographie des zones d'assec du ruisseau de Valbois en période très restrictive (été 2003).



## Echelle

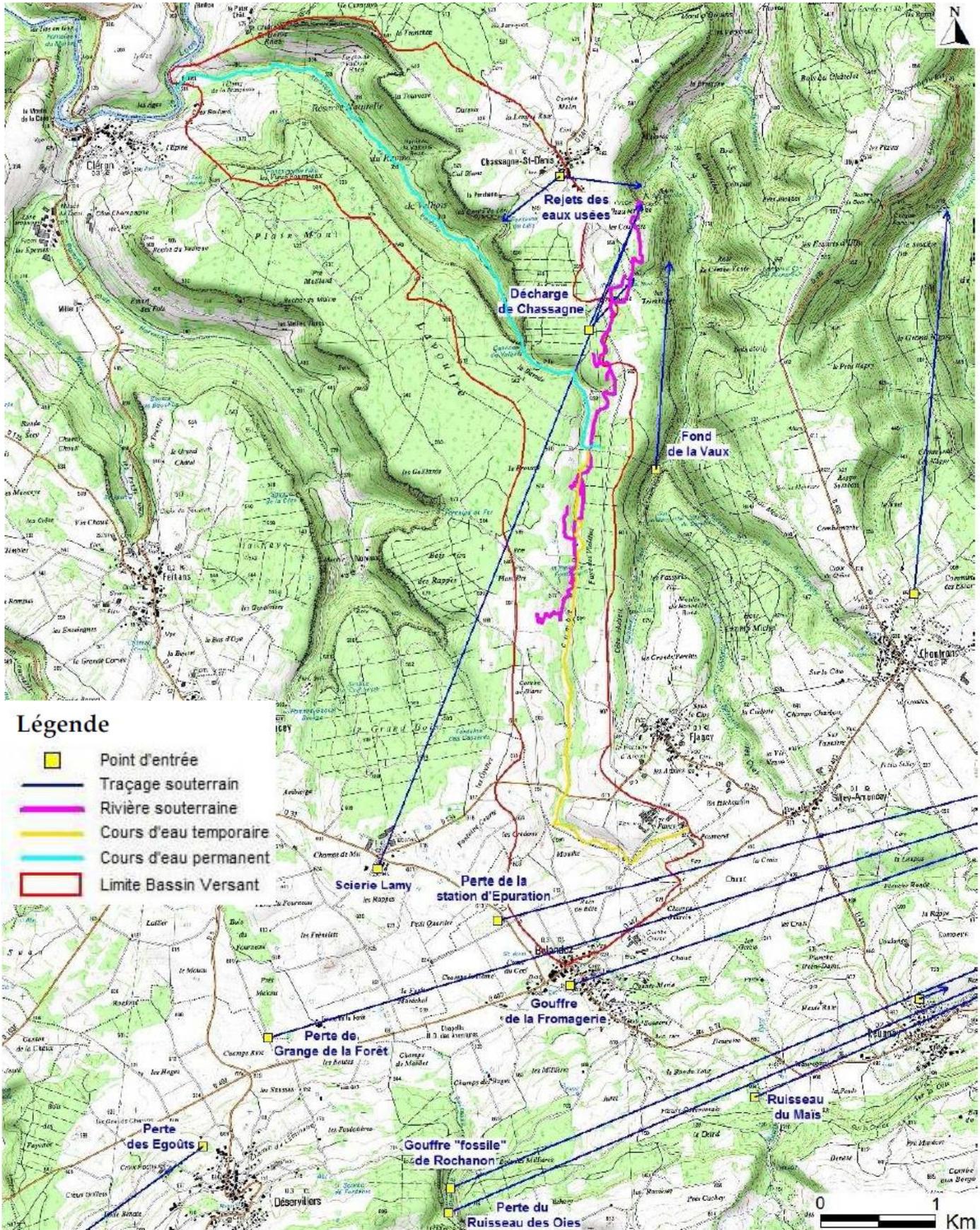
0 500 m

Source fonds : IGN Scan 25 ®

Source données: Doubs Nature Environnement

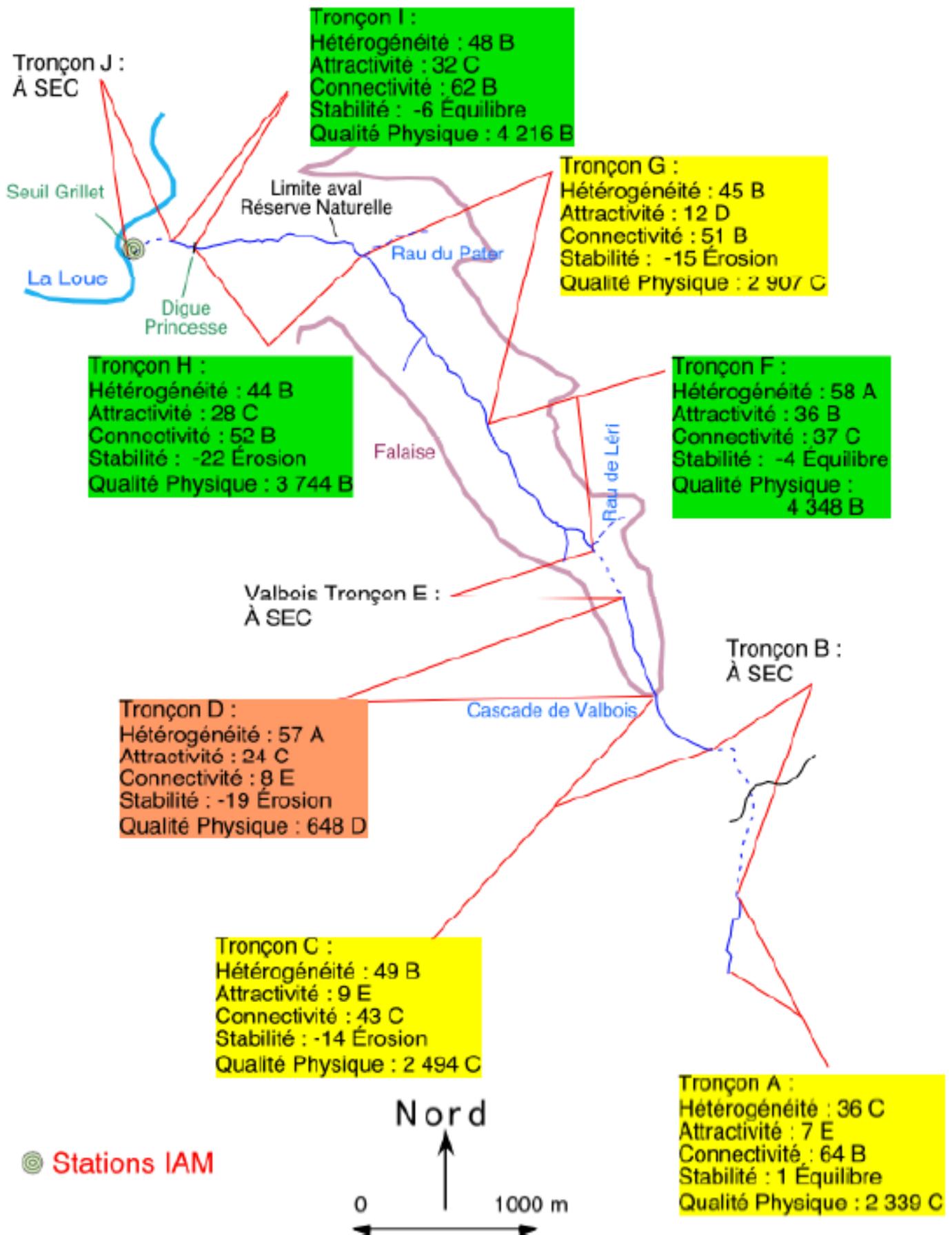
Auteur : Réserve Naturelle du Ravin de Valbois/Champ S. Juin 2004

## ANNEXE 2 : Cartographie des traçages réalisés au sein du bassin versant du ruisseau de Valbois lors de plusieurs études (BENOIST et al. 2013).

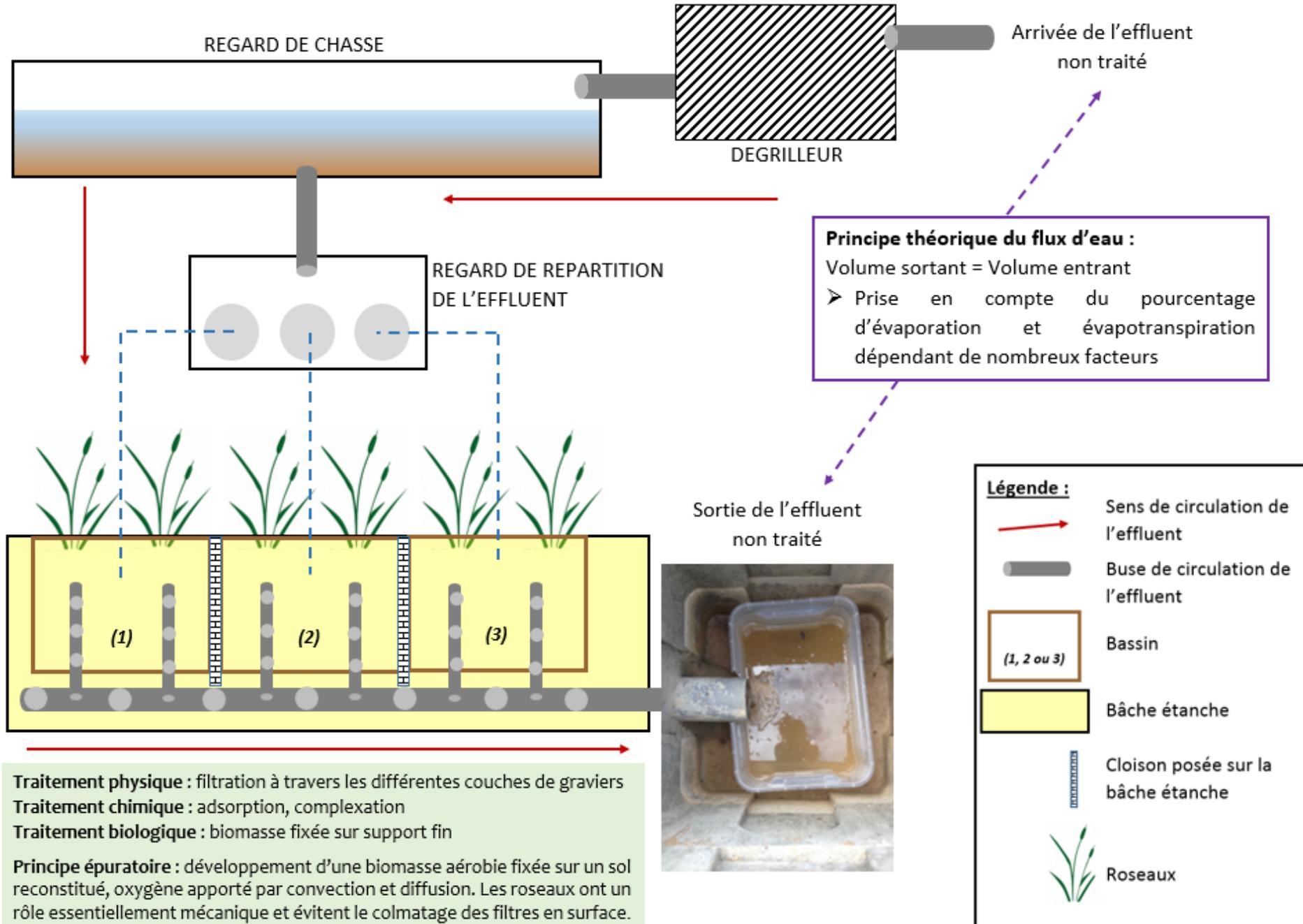


Sources : **Données** : traçages souterrains : DREAL, Pierre CHAUVÉ & al. « Inventaires des circulations souterraines reconnues par traçage en Franche-Comté 1987 », Cabinet REILÉ, Jacques MUDRY, étudiants en Master 2 Géologie appliquée (année 2011-2012), rivière souterraine : rapport Nicolas BOUILLIER, limites du bassin versant : Réserve Naturelle Nationale du Ravin de Valbois + modifications personnelles, **Fond de carte** : IGN, **Réalisation** : personnelle, **Mise en forme** : logiciel Map Info 7.0.

**ANNEXE 3 : Cartographie retraçant la qualité physique du ruisseau de Valbois (TELEOS 2006).**



## ANNEXE 4 : Schéma du fonctionnement théorique d'un filtre planté de roseaux avec explication du principe épuratoire, des procédés de traitement et de la circulation théorique de l'effluent.



## ANNEXE 5 : Résultats bruts du suivi des volumes et des débits en entrée et en sortie de STEP de Chassagne-Saint-Denis en 2015.

Date	Heure	Bâchées au compteur	Bâchées/j	Suivi bassine	
12-mars				Mise en fonctionnement du bassin 1	
23-mars				Mise en fonctionnement du bassin 2 - (bassin 1 branché 11 jours)	
08-avr				Mise en fonctionnement du bassin 3 - (bassin 2 branché 16 jours)	
19-avr				Mise en fonctionnement du bassin 1 - (bassin 3 branché 11 jours)	
28-avr				Mise en fonctionnement du bassin 2 - (bassin 1 branché 9 jours)	
08-mai				Mise en fonctionnement du bassin 3 - (bassin 2 branché 10 jours)	
16-mai				25	
22-mai		131		Mise en fonctionnement du bassin 3 - (bassin 3 branché 8 jours)	
25-mai		185	18	Mise en fonctionnement du bassin 2 - (bassin 1 branché 9 jours)	
				7 mm de pluie dans la nuit du 25 au 26 mai	
27-mai	16h	186	37	Début du suivi avec bassine : à sec	
	9h50	262			
27-mai	00h	270			
	7h	272			
28-mai	8h	273	12		
	9h10	274			
	10h50	275			
	13h45	276			
	15h30-16h	277			
	7h	272			
28-mai	8h	273	12		Début du suivi avec bassine : à sec
	9h10	274			
	10h50	275			
	13h45	276			
	15h30-16h	277			
	21h	279			
28-mai	00h30	282		1 litre	
29-mai	17h	292		bassine déborde	
31-mai	17h	319	14	bassine pleine (20 litres)	
01-juin	9h45	327	13	bassine à moitié (10 litres)	
		332		Mise en fonctionnement du bassin 3 - (bassin 2 branché 10 jours)	
02-juin	8h45	339	12	bassine déborde	
	12h	/		bassine pleine	
	16h	344		bassine pleine	
	21h	/		bassine déborde	
03-juin	8h45	351	11	bassine déborde	
	20h30	360		bassine déborde	
04-juin	11h25	368		bassine pleine	
	21h	371		bassine pleine en 4 min	

### Légende des couleurs :

Dysfonctionnement compteur de bâchées

Pluie

Temps sec, soleil

Orages/pluies

Fonctionnement vérifié du compteur (présence de quelqu'un à chaque bâchée)

05-juin	6h30	374		bassine pleine 14% du volume entrant ressort moins de 5 minutes après que la chasse se soit déclenchée
	7h38	375		
	8h55	376	12,5	
	9h58	377		
	11h35	378	10	
	14h28	379		
08-juin		432	14	Mise en fonctionnement du bassin 1 - (bassin 3 branché 7 jours)
09-juin	16h15			bassine pleine, très faible débit entrée
10-juin	10h30			bassine vide
10-juin	21h			bassine vide, très faible débit entrée
11-juin	13h45	11		4 litres max dans la bassine, très faible débit entrée
12-juin	8h30	17		bassine vide, débit moyen en entrée
	9h40	18		
	11h30	19		
13-juin				
14-juin				
15-juin				
16-juin				
<i>(Non suivi)</i>				
27-juin				Mise en fonctionnement du bassin 1
30-juin	21h			bassine pleine
01-juil	9h15			bassine pleine
	21h30			bassin pleine
02-juil	7h20			bassine pleine
	8h			une chasse déclanchée
	9h			une chasse déclanchée
	9h15			bassine se remplit très doucement puis goutte à goutte
	10h45			une chasse déclanchée
	11h15			rien de plus dans la bassine : 5 litres en une matinée (sur 900 litres)

1/2

### Légende des couleurs :

Dysfonctionnement compteur de bâchées

Pluie

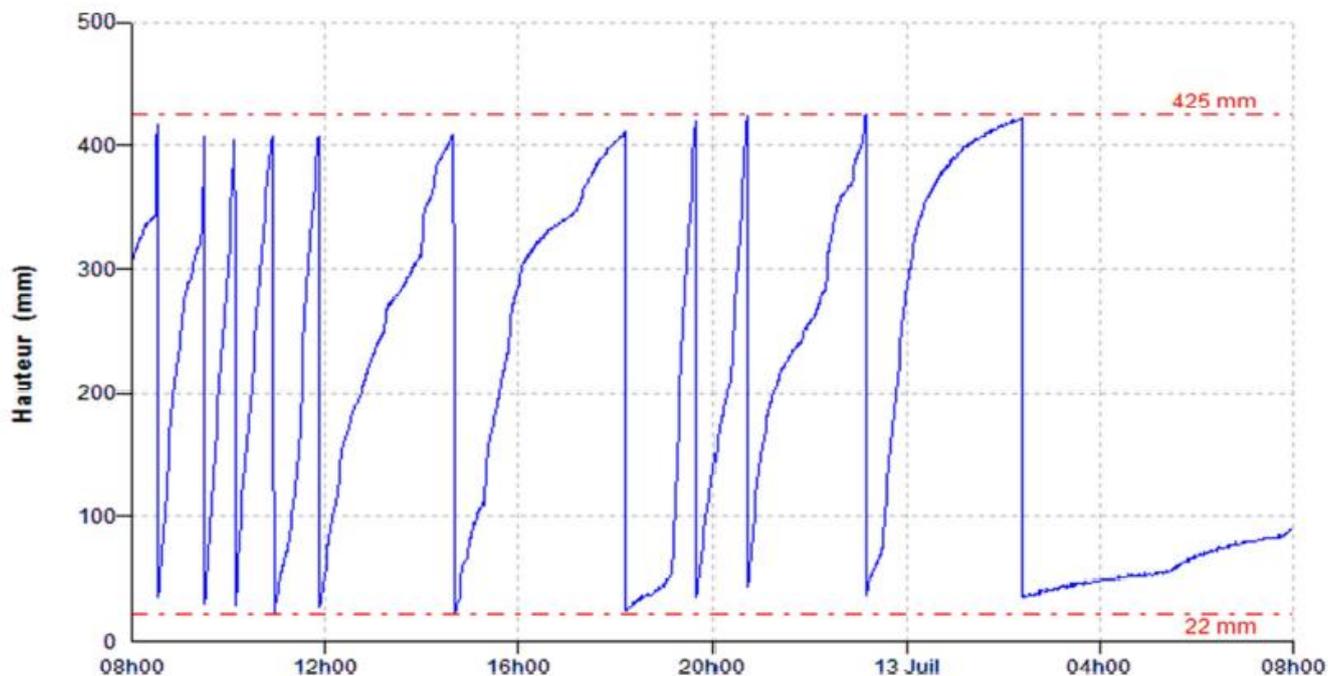
Temps sec, soleil

Orages/pluies

Fonctionnement vérifié du compteur (présence de quelqu'un à chaque bâchée)

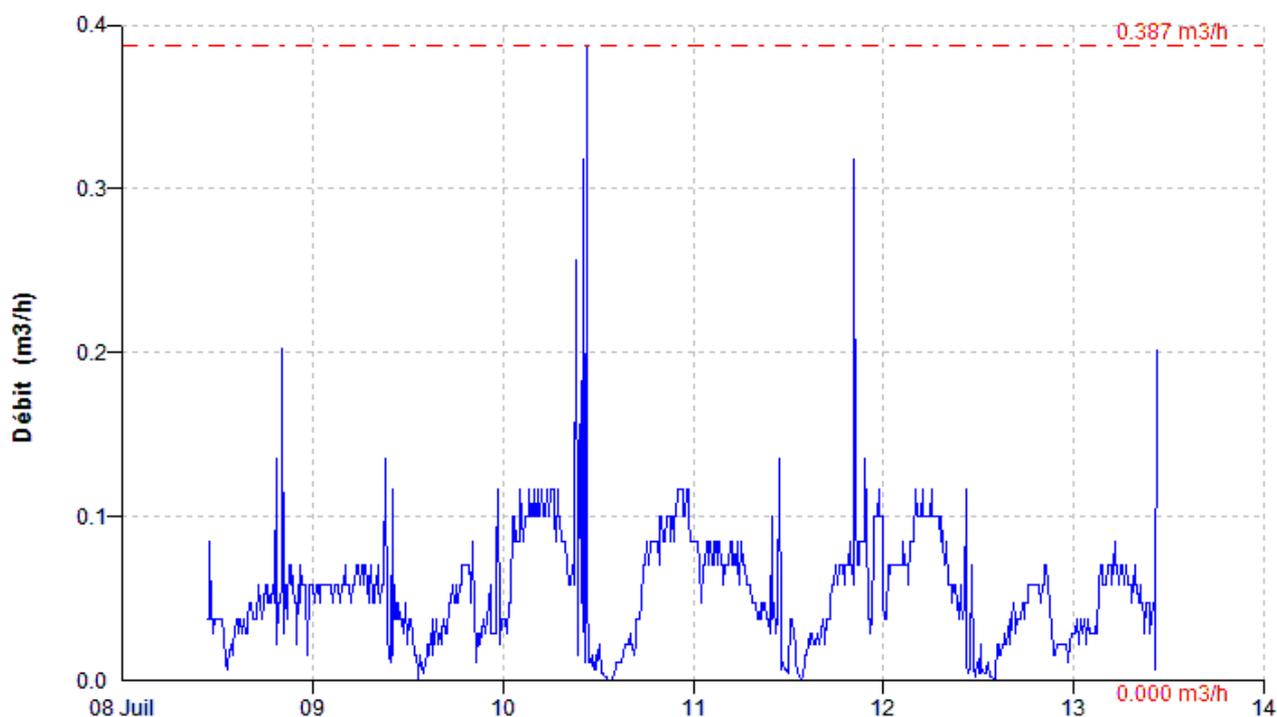
## ANNEXE 6 : Débits mesurés en entrée de la STEP de Chassagne-Saint-Denis le jour du bilan 24h (12 au 13 juillet 2015).

Site : ENTREE



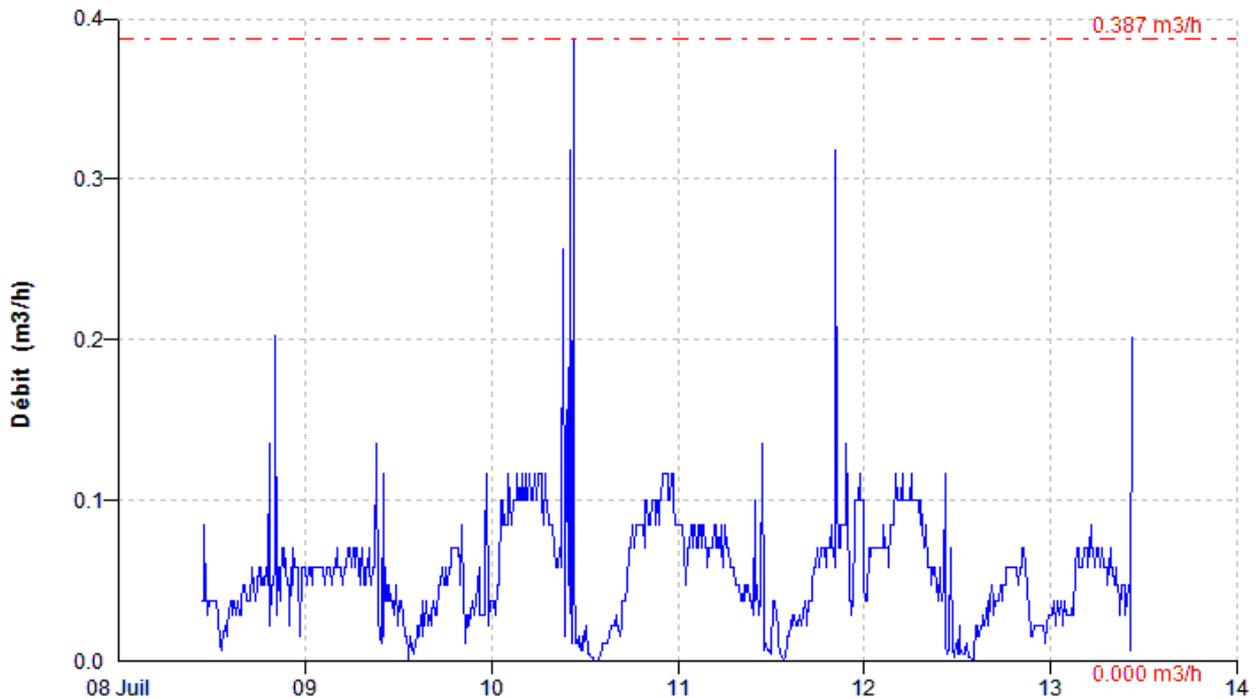
## ANNEXE 7 : Débits mesurés en sortie de la STEP de Chassagne-Saint-Denis le jour du bilan 24h (12 au 13 juillet 2015)

Site : SORTIE



**ANNEXE 8 : Débits mesurés en sortie de la STEP de Chassagne-Saint-Denis durant 5 jours avant la réalisation du bilan 24h (de 8 juillet au 13 juillet 2015).**

**Site : SORTIE**



**ANNEXE 9 : Résultats du bilan 24h réalisé sur la station d'épuration de Chassagne-Saint-Denis en juillet 2015 (NALDEO 2015).**

Volume d'eaux usées arrivant à la station pendant les 24 heures : **3,0m3**

Volume d'eaux usées traitées sortant de la station pendant les 24 heures : **1,0m3**

Paramètres	Bilan du 12 au 13 Juillet 2015 à 08h00						Rendement
	Entrée STEP			Sortie STEP			
	Concentrations en mg/l	Charges 24 <sup>H</sup> en kg/j	Nombre Eq hab	Concentrations en mg/l	Charges 24 <sup>H</sup> en kg/j	Nombre Eq hab	
DCO	370,0	1,1	9	86,0	0,1	1	92%
DBO5	166,0	0,5	8	25,0	0,0	0	95%
MEST	110,0	0,3	4	21,0	0,0	0	94%
NTK	69,7	0,2	14	7,9	0,0	1	96%
P Total	9,63	0,0	6	7,35	0,0	1	75%
Azote nitreux	0,004			0,442			
Azote nitrique	0,100			39,00			
Azote ammoniacal	63,30			3,70			
Azote total	69,804			47,342			
pH	7,80			7,40			

## ANNEXE 10 : Présentation des résultats issus des tests réalisés au laboratoire pour évaluer l'efficacité des appareils de mesures autonomes.

### Photomètres portatifs de chez HANNA INSTRUMENTS : Analyse des nitrites et des phosphates

Détermination des limites de détection et de quantification :

Tableau : Détermination des limites de détection et de quantification pour les nitrites  $\text{NO}_2^-$  et pour les phosphates  $\text{PO}_4^{3-}$  à partir des concentrations mesurées sur 10 échantillons d'eau distillée.

	$\text{NO}_2^- - \text{N}$ (mg/l)	$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)
Blanc 1	0,02	0,07	0
Blanc 2	0,01	0,03	0
Blanc 3	0,01	0,03	0
Blanc 4	0,02	0,07	0,01
Blanc 5	0,02	0,07	0,01
Blanc 6	0,02	0,07	0,02
Blanc 7	0,01	0,03	0,01
Blanc 8	0,02	0,07	0,01
Blanc 9	0,02	0,07	0,03
Blanc 10	0,02	0,07	0,01
Moyenne	0,02	0,06	0,01
ET	0,00	0,02	0,01
LD	0,03	<b>0,10</b>	<b>0,04</b>
LQ	0,07	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>

Avec,

**LD** = moyenne (10 blancs) + 3 \* écart-type (10 blancs)

**LQ** = moyenne (10 blancs) + 10 \* écart-type (10 blancs)

Précision donnée par le fournisseur : 4% de la valeur lue

Gamme de concentration mesurée par l'appareil : 0,04 mg/l à 0,6 mg/l pour les nitrites et 0,08 mg/l à 2,5 mg/l pour les phosphates

Contrôle de l'efficacité de l'appareil à l'aide de solutions de concentrations connues

Solution	Concentration connue (mg/l)	Concentration mesurée $\text{NO}_2^- - \text{N}$ (mg/l)	Concentration mesurée $\text{NO}_2^-$ (mg/l)	Moyenne	4 % de précision
mère	1000				
fille 1	<b>1</b>	0,3	0,99	<b>0,97</b>	<b>0,93</b>
		0,29	0,95		à
					<b>1,01</b>
fille 2	<b>0,2</b>	0,07	0,23	<b>0,23</b>	<b>0,22</b>
		0,06	0,20		à
		0,08	0,26		<b>0,24</b>
fille 3	<b>0,5</b>	0,16	0,53	<b>0,53</b>	<b>0,51</b>
		0,16	0,53		à
					<b>0,55</b>

Solution	Concentration connue (mg/l)	Concentration mesurée PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Moyenne	4 % de précision
mère	<b>1,5</b>	1,75	<b>1,62</b>	<b>1,56</b> à <b>1,68</b>
		1,55		
		1,56		
fille 1	<b>0,1</b>	0,11	<b>0,12</b>	<b>0,11</b> à <b>0,12</b>
		0,13		
		0,11		
fille 2	<b>0,05</b>	0,03	<b>0,07</b>	<b>0,06</b> à <b>0,07</b>
		0,09		
		0,08		

Remarques : La limite de quantification étant de 0,21 mg/l pour les nitrites, il paraît normal que l'appareil ne donne pas des résultats fiables en-dessous. Cependant, avec une limite de quantification si « haute », les valeurs obtenues par cet appareil ne peuvent être interprétées que pour un état de pollution des eaux déjà « sensible » selon les classes de qualité avancées par NISBET & VERNEAUX (1970). Il ne permettrait donc pas de faire la différence entre des eaux pures et des eaux présentant déjà un état de pollution sensible (cf rapport en annexe 10). Concernant les phosphates, il existe de véritables biais liés à la propreté des cuves et des bouchons. Un rapport a été dressé pour Hanna Instruments (annexe 10).

### Sondes multiparamètres de chez AQUAREAD : Analyse des nitrates et de l'ammonium

Limite de détection donnée par le fournisseur : 0,5 mg.l<sup>-1</sup> pour les nitrates et 1 mg.l<sup>-1</sup> pour l'ammonium

Limite de quantification : inconnue, le fournisseur n'est pas en mesure de nous la donner

Précision donnée par le fournisseur : +/- 2 mg.l<sup>-1</sup> pour des concentrations lues inférieures à 20 mg.l<sup>-1</sup>, +/- 10 % de la valeur lue pour des concentrations lues supérieures à 20 mg.l<sup>-1</sup>

Contrôle de l'efficacité de l'appareil à l'aide de solutions de concentrations connues

Solution	Concentration connue NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Concentration mesurée NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	Moyenne NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/l)	Moyenne NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2 mg/l de précision ou 10%
mère	1000				
fille 1	<b>18</b>	4,90	<b>4,77</b>	<b>21,11</b>	<b>19 à 23,22</b>
		4,80			
		4,6			
fille 2	<b>9</b>	2,00	<b>2,07</b>	<b>9,15</b>	<b>7,15 à 11,15</b>
		2,00			
		2,20			
fille 5	<b>1</b>	0,33	<b>0,34</b>	<b>1,49</b>	<b>&lt;LD à 3,49</b>
		0,36			
		0,32			
fille 3	<b>0,08</b>	0,17	<b>0,17</b>	<b>0,77</b>	<b>&lt; LD</b>
		0,17			
		0,18			
fille 4	<b>0,04</b>	0,19	<b>0,20</b>	<b>0,89</b>	<b>&lt; LD</b>
		0,20			
		0,21			

Remarques : En dessous de 0,5 mg/l, il est « normal » que l'appareil ne donne pas les bonnes concentrations (limite de détection). La limite de quantification n'étant pas connue, on ne sait pas quelle est la concentration minimale au-dessus de laquelle nous pouvons être certains de nos résultats, à 2 mg/l près. Au vue des tests réalisés, elle se situe au-dessus de 1 mg/l et en-dessous de 9 mg/l. Il faut affiner cette gamme. Les résultats obtenus à l'intérieur de cet intervalle ne pourront donc pas être utilisés. De plus, la précision est très faible, la concentration peut être comprise dans un intervalle de 4 mg/l, ce qui ne permet pas d'interpréter précisément les résultats selon les classes de qualité de NISBET & VERNEAUX (1970).

Solution	Concentration connue NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	Concentration connue NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Concentration mesurée NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	Moyenne NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	10% précision
mère	1				
fille 1	0,5	<b>0,65</b>	0,46	<b>0,59</b>	<b>0,53 à 0,65</b>
			0,45		
			0,46		
fille 2	0,1	<b>0,13</b>	0,09	<b>0,13</b>	<b>0,12 à 0,14</b>
			0,09		
			0,11		
fille 3	0,04	<b>0,05</b>	0,04	<b>0,06</b>	<b>0,05 à 0,07</b>
			0,05		
			0,06		
fille 4	0,02	<b>0,03</b>	0,04	<b>0,08</b>	<b>0,07 à 0,09</b>
			0,06		
			0,07		

Remarques : La LD a été donnée par le fournisseur très tardivement, les tests avaient déjà été fait, elle est cependant trop élevée pour définir une quelconque qualité d'eau superficielle. On constate tout de même que la sonde ammonium semble donner des résultats précis en dessous de sa limite de détection, mais les résultats ne seront pas pour autant exploités pour cette étude.

## **ANNEXES 11 et 11 bis : Rapports présentant les résultats obtenus suite à la vérification de l'efficacité des appareils d'analyse autonomes.**

### **ANNEXE 11**

#### **Rapport d'utilisation de deux photomètres portatifs de la série 96 HI 96713 (phosphates) et HI 96707 (nitrites)**

Dans le cadre d'analyses régulières en milieu superficiels, le gestionnaire de la Réserve naturelle nationale du ravin de Valbois s'était procuré des photomètres de la série 96 auprès de la société Hanna Instruments en 1996. Afin de renouveler ces analyses en 2015 et de mettre en place un suivi de la qualité des eaux superficielles du ruisseau de Valbois, le CEN Franche-Comté (nouveau gestionnaire) a fait réparer 2 appareils sur 4, il s'agit des photomètres HI 96713 et HI 96707 qui analysent respectivement les phosphates et les nitrites.

Pour interpréter les résultats obtenus, nous avons eu besoin de connaître la limite de détection (LD) ainsi que la limite de quantification (LQ) des appareils. Ces informations n'apparaissent pas dans les brochures d'Hanna Instruments et nous n'avons pas réussi à les obtenir auprès de la société elle-même. Il s'agit de deux paramètres indispensables sans lesquels certaines valeurs données par les photomètres n'ont pas de sens.

D'autre part, nous avons rencontré des problèmes à propos des résultats obtenus, notamment sur HI 96713 (phosphates). De gros écarts ont été mis en évidence entre les résultats donnés par les photomètres et ceux donnés par un laboratoire agréé COFRAC. Certains écarts pourraient être expliqués avec des LD et LQ hautes par exemple. Nous avons nous même calculé les LD et LQ des photomètres dans un laboratoire avec du matériel conforme aux manipulations. Les résultats se trouvent dans le tableau 1 du présent rapport (avec les formules détaillées utilisées).

Aussi, nous avons vérifié l'efficacité de mesure des photomètres à l'aide de solutions en phosphates et en nitrites dont les concentrations sont connues. En admettant que le pourcentage de précision annoncé dans les brochures (4% de la valeur lue) soit un peu supérieur, nous rencontrons quand même un problème majeur avec le photomètre phosphate. En effet, nous avons mis en évidence que les valeurs obtenues par l'appareil sont correctes seulement lorsque les cuves utilisées pour mettre l'échantillon et les bouchons sont intactes, c'est-à-dire rincées à l'acide chlorhydrique pendant plusieurs heures et à l'eau distillée). Il s'agit donc selon nous, d'un appareil qui ne peut pas être utilisé sur le terrain où ces conditions d'« extrême propreté » ne peuvent être rassemblées.

Concernant le photomètre des nitrites, s'il s'avère bien que la limite de quantification soit fixée à 0,2 ppm, les valeurs obtenues par cet appareil ne peuvent être interprétées que pour un état de pollution des eaux déjà « sensible » selon les classes de qualité avancées par NISBET & VERNEAUX (1970). Il ne permettrait donc pas de faire la différence entre des eaux pures et des eaux présentant déjà un état de pollution sensible.

Tableau 1 : Détermination des limites de détection et de quantification pour les nitrites  $\text{NO}_2^-$  et pour les phosphates  $\text{PO}_4^{3-}$  à partir des concentrations mesurées sur 10 échantillons d'eau distillée.

	$\text{NO}_2^- \text{ - N (mg/l)}$	$\text{NO}_2^- \text{ (mg/l)}$	$\text{PO}_4^{3-} \text{ (mg/l)}$
Blanc 1	0,02	0,07	0
Blanc 2	0,01	0,03	0
Blanc 3	0,01	0,03	0
Blanc 4	0,02	0,07	0,01
Blanc 5	0,02	0,07	0,01
Blanc 6	0,02	0,07	0,02
Blanc 7	0,01	0,03	0,01
Blanc 8	0,02	0,07	0,01
Blanc 9	0,02	0,07	0,03
Blanc 10	0,02	0,07	0,01
Moyenne	0,02	0,06	0,01
ET	0,00	0,02	0,01
LD	0,03	<b>0,10</b>	<b>0,04</b>
LQ	0,07	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>

Avec,

**LD** = moyenne (10 blancs) + 3 \*  
écart-type (10 blancs)

**LQ** = moyenne (10 blancs) + 10 \*  
écart-type (10 blancs)

Fait le 01/09/2015 à Cléron



Jennifer Millat-Carus,  
étudiante Master2 QuEST de l'Université de Franche-Comté

## Rapport d'utilisation des sondes multiparamètres d'AQUAREAD Nitrates et ammonium

Fournisseur : société SDEC

Dans le cadre du programme LIFE tourbières, le Conservatoire d'Espaces Naturels de Franche-Comté (CEN FC) a investi dans une mallette contenant du matériel d'analyse physico-chimique de marque AQUAREAD. L'ensemble des sondes a été étalonné dès réception puis utilisé au printemps 2015 par la Réserve naturelle nationale du ravin de Valbois (gérée par le CEN FC) sur les eaux superficielles du ruisseau de Valbois. Nous avons pu mettre en évidence certaines limites quant à l'utilisation des sondes nitrates et ammonium.

- **Etalonnage des sondes multiparamètres**

D'une part, les étalonnages de base (3 points) n'ont pas été évidents à réaliser en raison des différences de température qui doivent être obtenues entre que les solutions étalons. De plus, nous avons dû nous procurer un nombre important de récipients de diamètre adapté à celui du couvercle en inox de l'aquaprob pour que la sonde plonge bien dans le pot sans que trop de sachets de solution ne soient utilisés.

D'autre part, il serait judicieux que le fournisseur s'assure auprès du client que ce dernier maîtrise l'éventuel facteur de conversion à appliquer aux résultats obtenus avec son appareil. Dans le cas des capteurs Nitrate et Ammonium, les solutions étalons fournies par le fournisseur étaient du «  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  » pour les nitrates et du «  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  » pour l'ammonium, ce qui implique de convertir les résultats obtenus par la suite. Les boîtes extérieures cartonnées des solutions étalons indiquent cependant uniquement « Nitrate » et « Ammonium ». De plus, seules les formules «  $\text{NO}_3$  » et «  $\text{NH}_4$  » apparaissent sur l'écran de la sonde multiparamètres. L'indication «  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  » ou «  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  » n'est inscrite que sur les sachets individuels de solutions étalons et peut être manquée, notamment quand l'utilisateur n'est pas expert dans le domaine. Ainsi, avant de trouver d'où venait l'erreur et de convertir nos valeurs données en «  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  » et en «  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  » pour qu'elles correspondent aux nitrates et à l'ammonium, un temps précieux a été perdu. Les premiers résultats ne correspondaient, de fait, pas du tout aux résultats donnés par un laboratoire accrédité par le COFRAC et nous avons réalisé de nombreuses manipulations par la suite en pensant que la sonde aurait pu être détériorée.

- **Interprétation des résultats**

Pour interpréter les résultats obtenus, nous avons eu besoin de connaître la limite de détection (LD) ainsi que la limite de quantification (LQ) des appareils. Il s'agit de deux paramètres indispensables sans lesquels certaines valeurs données par les photomètres n'ont pas de sens. Ces informations n'apparaissent pas dans les brochures d'AQUAREAD et nous n'avons pas tout de suite réussi à les obtenir auprès de la société elle-même. Par la suite, nous avons tout de même obtenu les limites de détection mais pas de quantification, nous ne pouvons donc toujours pas interpréter nos résultats. Tous les

appareils d'analyses physico-chimiques possèdent une limite de quantification en-dessous de laquelle on ne peut pas être certain que la concentration donnée par l'appareil soit juste. Le fournisseur confond ce paramètre avec la précision de l'appareil.

Concernant la précision, le dernier contact téléphonique avec le fournisseur nous a permis de savoir que la précision annoncée à 10% de la valeur lue dans la brochure n'est applicable que sur les concentrations supérieures à 20 mg.l<sup>-1</sup>. En deçà, la précision est de 2 mg.l<sup>-1</sup>. Dans le cadre **d'analyses en milieu superficiel**, cette précision ne permet pas d'interpréter de façon précise les concentrations obtenues.

Concernant la sonde de l'ammonium, la limite de détection est fixée à 1 mg.l<sup>-1</sup> selon le fournisseur. Dans le cadre **d'analyses en milieu superficiel**, les valeurs obtenues par cet appareil ne peuvent être interprétées que pour un état de pollution des eaux déjà « sensible » selon les classes de qualité avancées par NISBET & VERNEAUX (1970). Il ne permettrait donc pas de faire la différence entre une pollution douteuse et une pollution critique (cf tableau ci-dessous).

mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	classes	situation
0 < NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ≤ qq. 1/ 100 mg/l	1	normale à douteuse
qq. 1/10 mg/l	2	pollution insidieuse sensible
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ≥ 1 mg/l	3	pollution critique

TABLEAU 16 : classes proposées pour l'azote ammoniacal.

- **Durée de vie des capteurs Ammonium, Nitrate et Chlorure**

La durée de vie de ces capteurs (6 à 12 mois) n'a été découverte qu'en lisant le manuel d'instruction fournis avec les capteurs, après achat. Elle n'est mentionnée dans aucun des documents commerciaux du fournisseur. Au vu du prix de chaque capteur, cette durée de vie est un élément déterminant à connaître avant tout achat. Dans notre cas, l'utilisation des capteurs est peu intense. L'objectif, au moment de l'achat, était de disposer de ces capteurs pendant les 6 années du programme Life afin de ne pas avoir à faire appel à un laboratoire d'analyses et ainsi faire des économies sur le long terme. La connaissance de cette durée de vie avant l'achat nous aurait conduit à ne pas acquérir ce matériel.

Fait le 7/09/2015 à Besançon

Jennifer MLLAT-CARUS, étudiante Master 2 QuEST (Université de Franche-Comté)

Emilie CALVAR, coordinatrice du programme Life tourbières du Jura (CEN Franche-Comté)

**ANNEXE 12 : Exemple du calcul du débit sur les stations 8 et 9 lors de la campagne de printemps. Table de calcul automatisée issue du Département de l'Isère en 2013.**

Cours d'eau : Valbois

Station : 8

RD -----> RG

<b>Distance déca (cm)</b>	20	50	80	110	140	190	240		
<b>Hauteur eau (cm)</b>	11	20	36	32	22	18	9		
<i>calcul larg cel</i>	15,0	30,0	30,0	30,0	40,0	50,0	25,0		
<i>Largeur Cel (cm)</i>	15,0	30,0	30,0	30,0	40,0	50,0	25,0		
<i>Vitesse cm/s</i>	1,8	20,6	3,6	2,3	20	0,7	1,3		
<i>débit l/s</i>	0,3	12,3	3,9	2,2	17,6	0,6	0,3		

**Débit l/s :** 37

Cours d'eau : Valbois

Station : 9

RD -----> RG

<b>Distance déca (cm)</b>	10	25	40						
<b>Hauteur eau (cm)</b>	3	8	11						
<i>calcul larg cel</i>	7,5	15,0	7,5						
<i>Largeur Cel (cm)</i>	7,5	15,0	7,5						
<i>Vitesse cm/s</i>	-11,2	54,3	67,3						
<i>débit l/s</i>	-0,3	6,5	5,6						

**Débit l/s :** 12

Mesure en 1 point :  $v_{moy} = v_{0,4}$

Mesure en 2 points :  $v_{moy} = 0,5 \times (v_{0,8} + v_{0,2})$

Mesure en 3 points :  $v_{moy} = 0,25 \times (v_{0,8} + 2v_{0,4} + v_{0,2})$

Mesure en 5 points :  $v_{moy} = 0,1 \times (v_s + 3v_{0,8} + 3v_{0,4} + 2v_{0,2} + v_{pr})$

Mesure en 6 points :  $v_{moy} = 0,1 \times (v_s + 2v_{0,8} + 2v_{0,6} + 2v_{0,4} + 2v_{0,2} + v_{pr})$

## ANNEXE 13 : Résultats des analyses d'eau réalisées sur le ruisseau de Valbois au printemps 2015 et en été 2015.

### Printemps 2015 :

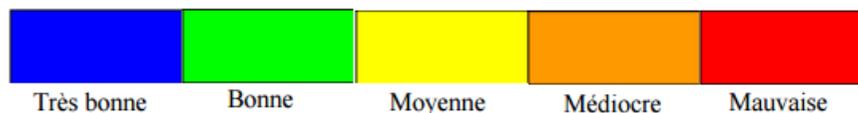
	2 - aval source	3 - amont cascade	5 - amont confluence Léri	5l - Léri	6 - aval confluence Léri	7 -	8 - aval confluence Pater	9 - amont confluence Loue
<b>DBO<sub>5</sub> (mg de O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>)</b>	2,7	1,2	0,6	0,6	0,9	0,8	< 0,5	0,7
Nisbet & Verneaux	(2) acceptable	(2) acceptable	(1) normal	(1) normal	(1) normal	(1) normal	(1) normal	(1) normal
<b>DCO (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	8,6	2,9	< 2	3,4	< 2	7,1	3,4	< 2
<b>MEST (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	25	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Nisbet & Verneaux	(2) situation normale	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne
<b>Azote Kjeldhal (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	2,7	3,1	< 1	1,5	1,2	< 1	< 1	3,6
<b>Phosphore total (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,03	< 0,01	0,02	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
<b>Phosphates (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nisbet & Verneaux	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives
<b>Nitrates (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	2,5	4,2 à 8,2	2,7 à 7,7	16	4,2	3,3 à 7,3	7 à 10	< LQ à 5,1
Nisbet & Verneaux	(2)	(3 à 4)	(2 à 4)	(6)	(3)	(3 à 4)	(4)	(1 à 3)
<b>Nitrites (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,11	< LQ (0,2)	< LQ (0,2)	0,012	< 0,01	< LQ (0,2)	< LQ (0,2)	< LQ (0,2)
Nisbet & Verneaux	(3) pollution sensible			(1 à 2) eaux pures à pollution insidieuse	(1 à 2) eaux pures à pollution insidieuse			
<b>Ammonium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,37	< 1	< 1	0,01	0,01	< 1	< 1	< 1
Nisbet & Verneaux	(2) situation insidieuse sensible			(1) situation normale à douteuse	(1) situation normale à douteuse			

Résultats difficilement exploitables

Ete 2015 :

	3 - amont cascade	5 - amont confluence Léri	5I - Léri	6 - aval confluence Léri	8 - aval confluence Pater
<b>DBO5 (mg de O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>)</b>	1,8	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nisbet & Verneaux	(2) acceptable	(1) normal	(1) normal	(1) normal	(1) normal
<b>DCO (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	16,4	4,9	2,3	2,5	2,7
<b>MEST (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	4,6	< 2	2,3	< 2	< 2
Nisbet & Verneaux	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne	(1) situation très bonne
<b>Azote Kjeldhal (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	1,3	< 1	1,8	< 1	3,9
<b>Phosphore total (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	0,05	0,02	0,02	< 0,01	< 0,01
Nisbet & Verneaux					
<b>Phosphates (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<i>mesure incorrecte</i>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	<i>mesure incorrecte</i>
Nisbet & Verneaux		(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	(1 à 2) eaux peu à très peu productives	
<b>Nitrates (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<i>Non mesurée</i>	13	23	11	<i>Non mesurée</i>
Nisbet & Verneaux		(5)	(6)	(5)	
<b>Nitrites (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	< LD (0,1)	0,011	0,012	0,017	< LD (0,1)
Nisbet & Verneaux		(1 à 2) eaux pures à pollution insidieuse	(1 à 2) eaux pures à pollution insidieuse	(1 à 2) eaux pures à pollution insidieuse	
<b>Ammonium (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	< LD (1)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< LD (1)
Nisbet & Verneaux					

**Classes d'aptitude à la biologie (SEQ-Eau 2003)**



## ANNEXE 14 : Présentation des principaux résultats de résultats de la comparaison des concentrations en toxiques entre 2008 et 2014 (TELEOS 2015).

### HAP et ETM :

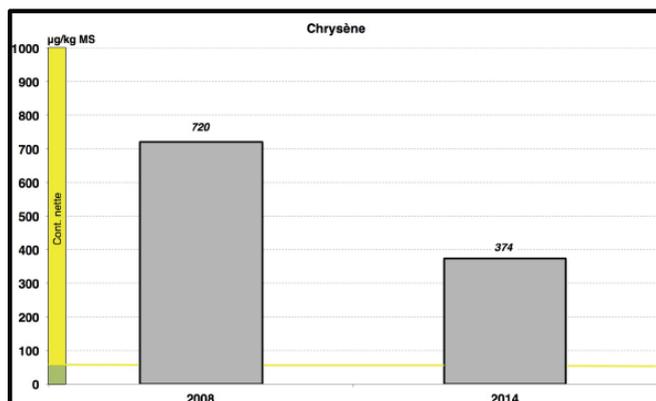


Figure 5 : Évolution de la teneur maximale en chrysène dans les sédiments

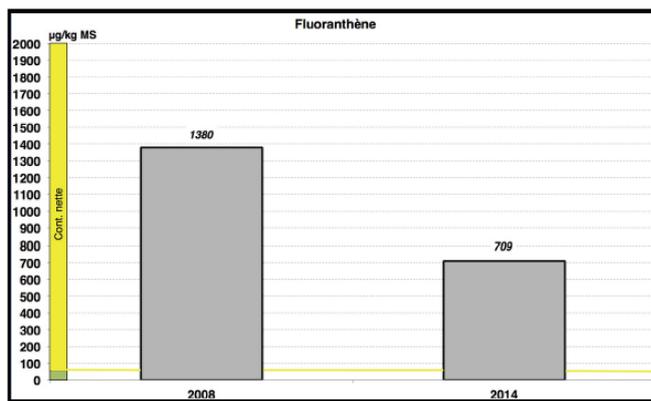


Figure 6 : Évolution de la teneur maximale en fluoranthène dans les sédiments

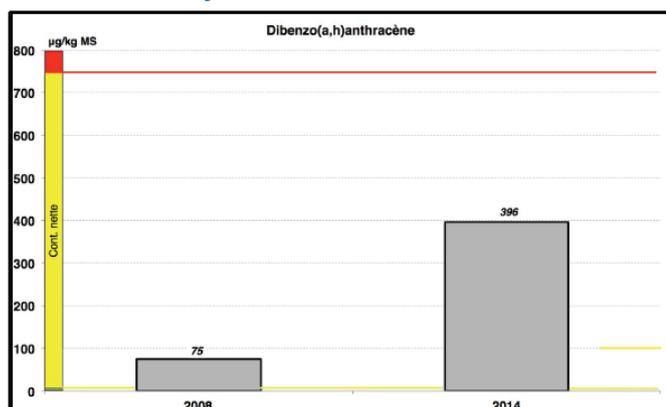


Figure 9 : Évolution de la teneur maximale en dibenzo(ah)anthracène

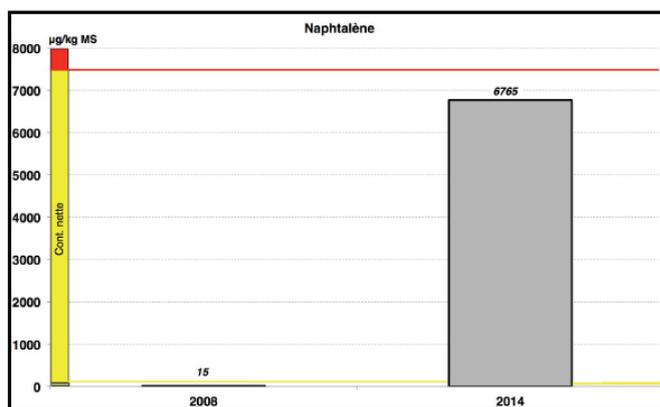


Figure 10 : Évolution de la teneur maximale en naphtalène dans les sédiments

### Pesticides :

Paramètres	Teneur maximale dans les sédiments		Teneur maximale dans les bryophytes	
	2008	2014	2008	2014
Naphtalène (µg/kg MS) – HAP	15	6 765	38	<10
Plomb (mg/kg MS) – ETM	8,2	1 110	12,6	6,9
Lindane-gamma (µg/kg MS) – Pesticides	<10	160	<10	178
Méthoxychlor (µg/kg MS) – Pesticides	19	525	<10	25
Cyperméthrine (µg/kg MS) – Pesticides	<20	146	20	135
Perméthrine (µg/kg MS) – Pesticides	<20	78	<20	<20
Tebuconazole (µg/kg MS) – Pesticides	<50	156	<50	61
Dibenzo(a,h)anthracène (µg/kg MS) – HAP	75	396	<10	26
Endosulfan-alpha (µg/kg MS) – Pesticides	30	77	<20	<20
Endosulfan-bêta (µg/kg MS) – Pesticides	<20	28	<20	<20
Pendiméthaline (µg/kg MS) – Pesticides	<20	<20	<20	74
Procymidone (µg/kg MS) – Pesticides	68	<10	16	<10

Tableau 4 : Comparaison des teneurs en micropolluants détectés dans Valbois en 2008 et 2014.

## ANNEXE 15 : Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG 20.

DECOURCIERE H. (Teleos) et DEGIORGI F. (Teleos et LBE de l'Université FC)

### Modalités spatiales : nombre et répartition des prélèvements

Ce protocole d'échantillonnage balaye systématiquement les trois composantes majeures de l'habitat aquatique : nature du substrat, vitesse de courant et hauteur d'eau (Tab), alors que le protocole de l'IBGN ne tient pas compte du dernier descripteur. En outre, le nombre de placettes prospectées, c'est-à-dire de prélèvements élémentaires réalisés au filet Sürber de 1/20 de m<sup>2</sup>, est fixé à 20, contre 8 pour l'IBGN, afin de prospecter une gamme d'habitats plus diversifiée.

*Codification des substrats/supports et hiérarchisation de leur attractivité*

Codes	Désignation
S9	Bryophytes
S8	Spermaphytes immergés
S7	Éléments organiques grossiers (Litières, branchages, racines)
S6	Sédiments minéraux de grande taille (galets) 2,5 cm à 25 cm
S5	Granulats grossiers (graviers) 0,25 cm à 2,5 cm
S4	Spermaphytes émergents
S3	Sédiments fins +- organiques "vases" ≤ 0,1 mm
S2	Sables et limons < 0,25 cm
S1	Surfaces naturelles et artificielles (Roche, dalle, sols, parois) >25 cm
S0	Algues ou à défaut mame et argile

*Codification non hiérarchisée des vitesses et de hauteurs d'eau*

Code	Vitesses	Code	Hauteurs
V1	< 5 cm/s	H1	< 5 cm
V3	6 à 25 cm/s	H2	6 à 25 cm
V5	26 à 75 cm/s	H3	26 à 50 cm
V4	76 à 150 cm/s	H4	51 à 100 cm
V2	> 151 cm/s	H5	> 101 cm

*Tableau : codification directive de l'espace fluvial pour échantillonner les biocénoses benthiques*

Lors de l'échantillonnage, chaque couple substrat-vitesse recensé est échantillonné au moins une fois dans la classe de hauteur d'eau où il est le plus représenté. Dans le cas d'une variété de substrat-vitesse inférieure à 20, les prélèvements sont dupliqués pour les couples dominants dans des classes de profondeurs différentes.

Par rapport à la formulation initiale de ce protocole, certains substrats ont été regroupés tandis que les classes de vitesse sont explorées prioritairement aux profondeurs pour choisir les

placettes de prélèvements, conformément aux recommandations de BACCHI (1994). Ces adaptations ont également permis de faire coïncider l'échantillonnage stratifié des macro-invertébrés avec la description objective des mosaïques d'habitats qui peut être réalisée parallèlement selon le protocole CSP-DR 5 (1997) finalisé par TELEOS (2001).

Enfin, pour permettre d'effectuer des comparaisons temporelles avec des données acquises antérieurement à l'aide de l'application du protocole IBGN, les 8 premiers prélèvements élémentaires (sur 20), doivent être effectués en suivant les modalités directives cette norme, afin de pouvoir calculer l'indice stationnel correspondant. Puis, les 12 dernières placettes sont échantillonnées selon le protocole MAG20, qui fournit des données semi-quantitatives standard sur l'organisation spatiale des macro-invertébrés.

### **Modalités temporelles : conditions d'application**

Comme préconisé dans le protocole IBGN, l'échantillonnage doit être réalisé pendant l'étiage estival, afin de mieux percevoir l'impact des perturbations liée à la qualité de l'eau. Parallèlement, le débit doit être stabilisé depuis au moins 10 jours afin d'éviter les pertes ou les apports de faune par la dérive.

### **Niveaux de détermination**

Les prélèvements, fixés sur le terrain à l'aide d'une solution de formol à 10 %, ont été tamisés à 500 µm, puis triés et examinés à l'aide d'une loupe binoculaire.

Les Plécoptères, les Éphéméroptères, les Trichoptères, les Coléoptères, les Hétéroptères, les Odonates, les Mégaloptères, les Lépidoptères, les Décapodes, les Mollusques, les Achètes et Turbellariés sont déterminés au genre, ou parfois à l'espèce lorsque la taxonomie larvaire le permet. Les Amphipodes, les Isopodes, les Bryozoaires, les Cnidaires sont identifiés à la famille, les Branchiopodes à l'ordre, les Oligochètes, les Némathelminthes et les Hydracariens à la classe.

Cette détermination au genre pour la majorité des ordres, par rapport à la famille pour l'IBGN, paraît le niveau minimum indispensable pour analyser les structures semi-quantitatives des biocénoses benthiques. L'identification à l'espèce serait idéale mais beaucoup plus coûteuse en temps pour la capture, puis la détermination en laboratoire.

L'exemple de la famille des *Limnephilidae* (Trichoptère) qui compte en France 36 genres et 135 espèces potentielles, regroupant des exigences écologiques différentes, est, à cet égard, démonstratif. En effet, dans ce cas, la palette de nuances constituées par les variations d'abondance de chacun des 36 genres, perçue par l'analyse semi-quantitative utilisée ici, est réduite, dans l'IBGN, à la présence / absence de la famille.

### **Calcul indiciel et analyse semi-quantitative des biocénoses**

La séparation des vingt prélèvements en deux groupes comportant respectivement huit et douze placettes de 1/20<sup>ème</sup> de m<sup>2</sup> permet de calculer les indices IBGN et Cb2 avec le premier ensemble. Cette approche permet de comparer les données obtenues antérieurement, et qui ont, pour la plupart, été effectuées suivant le protocole IBGN.

Pour l'instant, en l'absence de classification ou de cotation de la sensibilité des genres larvaires identifiables, il n'existe pas d'indice semi-quantitatif MAG20. En revanche les métriques classiques de description des peuplements peuvent être utilisés. Il s'agit essentiellement de la variété et de l'abondance, considérées globalement et par ordre.

## ANNEXE 16 : Présentation de l'Indice Biologique de Contamination par Toxique (EAUX CONTINENTALES 2001).

Le prélèvement est de type IBGN (AFNOR T90-350 décembre 1992). La détermination se réalise au même niveau que celui de la norme mais le tri est quantitatif pour les taxons < 50 individus et semiquantitatif (sous-échantillonnage) pour les taxons plus abondants.

5 taxons sont utilisés dans l'indice. Ils sont reconnus soit par la bibliographie soit par des observations directes de terrain comme particulièrement sensibles à la présence de toxique tout en étant moyennement à fortement polluo-résistant pour les pollutions organiques. C'est la présence-absence de ces 5 taxons dans le peuplement stationnel qui intervient dans le calcul de l'indice.

Sont retenus pour l'heure dans le calcul de l'indice : les nemouridae, les ephemeridae, les leptophlebiidae, les sialidae et les planariidae.

Prend également part au calcul de façon importante, le pourcentage de gammaridae (n+10) dans le nombre total d'individus du peuplement.

### CALCUL D'UN INDICE BIOLOGIQUE DE CONTAMINATION PAR TOXIQUE IBCT

---

$$IBCT = \sum (TTSA/5 \times C_m/CCNT \times \text{note IBGN}/\text{variété}) / (\% \text{ n+10 gammaridae})$$

Il intègre

**TTSA /5** : avec TTSA la somme des **T**axons **T**oxico**S**ensibles **A**bsents : (nemouridae, leptophlebiidae, ephemeridae, sialidae, planariidae)

**CCNT** : Coefficient **C**orrecteur de **N**iveau **T**ypologique dont l'objectif est de compenser le déficit naturel en variété des zones apicales de cours d'eau (B2, B3). Ce coefficient est arbitrairement de 2 pour un B2, de 1,5 pour un B3 et de 1 pour un l'ensemble des autres niveaux typologiques.

**C<sub>m</sub>** : le coefficient morphodynamique mis au point par le professeur Verneaux (non publié) dont le rôle est d'intégrer les particularités naturelles ou artificielles de l'habitat à l'indice. Ce coefficient intègre le nombre de substrats et de classes de vitesses prélevées ; le couple substrat vitesse dominant ; le couple substrat vitesse le plus biogène de la station.

**La variété** au sens de l'IBGN

**La note IBGN/20**

**Le pourcentage de n+10 gammaridae** (comparativement au peuplement total de la station)

**ANNEXE 17 : Photographies des différentes étapes de la réalisation d'un MAG20 ou d'un IBGN. A gauche ; le schéma de la station. En haut à droite ; le prélèvement à l'aide du filet Surber. En bas à droite, la mise en pot du support prélevé.**



*Auteur des photos : Dominique LANGLOIS*

**ANNEXE 18 : Listes faunistiques benthos\_été et printemps 2015. (fond vert : prélèvements utilisés pour l'ELGATOX, chiffres bleu : coquilles de mollusques vides, non comptés pour IBGN)**

Stations (12 prélèvements)		sta 3_P	sta 3_E	sta 5_P	sta 5_E	sta 5I_P	sta 5I_E	sta 6_E	sta 8_E	sta 9_E
Famille	Genre									
<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>	4	13	45	32	5		16	19	14
<i>Perlodidae</i>	<i>indeterminé</i>	3								
	<i>Perla</i>				1			1		1
	<i>Isoperla</i>									1
	<i>Perlodes</i>	5	11			1	1	1		
<i>Nemouridae</i>	<i>Nemoura</i>	3				1		1		3
	<i>Amphinemura</i>			8						
	<i>indeterminé</i>									1
	<i>Protonemura</i>	8				2		79		105
<i>Taniopterygidae</i>	<i>Brachyptera</i>			1	2			27	2	24
<i>Baetidae</i>	<i>indeterminé</i>	14		12		1				
	<i>Baetis</i>	79	43	13		9	10	5		21
<i>Ephemeridae</i>	<i>Ephemera</i>	1	3	11	20			17	49	13
<i>Ephemerellidae</i>	<i>Serratella</i>			1	1			2	12	29
<i>Heptageniidae</i>	<i>Electrogena</i>	6	15	25	9				1	1
	<i>Rhithrogena</i>	18		9		1				
	<i>indeterminé</i>	2		8						
	<i>Ecdyonurus</i>			11	3			19	5	6
<i>Leptophlebiidae</i>	<i>indeterminé</i>	43	5	14	1	1	1	22	30	38
	<i>Paraleptophlebia</i>				25	1				
	<i>Habroleptoides</i>	11		22		15				
	<i>Habrophlebia</i>	13	43	108	46		1	7	29	45
<i>Hydropsychidae</i>	<i>Hydropsyche</i>	2		2	1			7		7
	<i>Cheumatopsysche lepida</i>							1		
<i>Polycentropodidae</i>	<i>Plectrocnemia</i>	2	5	3						
<i>Philopotamidae</i>	<i>Philopotamus</i>							2		
	<i>Wormaldia</i>			3						
	<i>Psychomiidae</i>			1						
<i>Psychomiidae</i>	<i>Tinodes</i>							6	14	14
	<i>Metalype fragilis</i>					1				
	<i>Lype</i>				2				2	
<i>Glossossomatidae</i>	<i>Agapetus</i>			8	28			268	5	
	<i>Glossossoma</i>					1				
<i>Odontoceridae</i>	<i>Odontocerum</i>									2
<i>Limnephilidae</i>	<i>indeterminé</i>	2	3	3		3	3		2	10
	<i>Drusus</i>			6						
	<i>Potamophylax</i>			1						
	<i>Allogamus</i>					2				
	<i>Mesophylax</i>							1		
	<i>Melampophylax</i>	15	14	4	5	1		3	2	2
	<i>Tr. Limnephilinae autres</i>	3		2		9	3	1	2	

<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma</i>			8	3	4		24	15	10
<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>	1				4	2	1	3	24
<i>Elmidae</i>	<i>Elmis</i>	1		3				8	24	
	<i>Riolus</i>		1		1			83	65	76
	<i>Esolus</i>	33	9	75	41	1		92	29	21
	<i>Oulimnius</i>				1					1
<i>Dytiscidae</i>	( <i>Hydroporinae</i> ) <i>Hydroporus</i>									3
<i>Scirtidae</i>	<i>Hydrocyphon</i>							1	9	7
<i>Hydrophilidae</i>	<i>Hydrous</i>	1								
<i>Hydraenidae</i>	<i>Limnebius</i>	2								1
	<i>Hydraena</i>	1		10				12		23
<i>Chironomidae</i>		91	49	125	24	263	29	27	68	403
<i>Dolichopodidae</i>										2
<i>Limoniidae</i>				5	9	38	9	5	25	191
<i>Dixidae</i>	<i>Dixa</i>		1							1
<i>Stratiomyidae</i>			1							
<i>Empididae</i>					2		1			36
<i>Simuliidae</i>		2		1		15		56	1	4
<i>Tipulidae</i>				1						
<i>Athericidae</i>		2		25	12	44	13	53	73	2
<i>Cordulegastridae</i>	<i>Cordulegaster</i>				1		1			
<i>Calopterygidae</i>	<i>Calopteryx</i>									1
<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>	2	2	2	10		871			
<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>	27	49	26		780	1	146	145	53
<i>Pleidae</i>	<i>Plea</i>	1								
<i>Veliidae</i>	<i>Velia</i>				1					
<i>Aphelocheiridae</i>	<i>Aphelocheirus</i>									
<i>Hydrobiidae</i>	<i>Bythiospeum</i>							1		
<i>Planorbidae</i>	<i>Ancylus</i>							9		
	<i>Gyraulus</i>		1							
	<i>Anisus</i>							1		
	<i>Sphaeridae</i>	<i>Sphaerium</i>						1	2	
<i>Lymnaeidae</i>	<i>Galba truncatula</i>	3	1			5	1	2		1
	<i>Radix</i>									6
<i>Physidae</i>	<i>Physa</i>			1					1	
	<i>Aplexa</i>			1						
<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Batracobdella paludosa</i>		1						2	
Oligochètes		24	10	31	22	73	23	18	26	21
				1						
<b>Abondances</b>		<b>425</b>	<b>280</b>	<b>636</b>	<b>303</b>	<b>1281</b>	<b>970</b>	<b>1026</b>	<b>662</b>	<b>1224</b>

Station 3 (IBGN 12 prélèvements) printemps, prélevée le 15/04/2015

Conditions météorologiques : soleil, aucune précipitation depuis 15 jours, débit proche de l'étiage

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S V H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total taxons			
					LIT	GAL	BLO	BLO	ALG	DAL	GAL	DAL	BLO	GAL	DAL	GAL	12 placettes	8 placettes		
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>					3	1								4	4		
		<i>Nemouridae</i>	<i>Nemoura</i>					1							1		1	3	1	
			<i>Protonemura</i>					8										8	8	
		<i>Perlodidae</i>	indeterminé													1			3	2
			<i>Perlodes</i>		2											1			5	1
	EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	indeterminé		1	7	1	1						2	1	1		14	10	
			<i>Baetis</i>			5	19	1	20	7	2	6	13		2	4		79	60	
		<i>Heptageniidae</i>	indeterminé															2	2	
			<i>Rhithrogena</i>		2							6				2		3	18	13
			<i>Electrogena</i>		7											3			6	3
		<i>Ephemeridae</i>	<i>Ephemera</i>					1										1	1	
		<i>Leptophlebiidae</i>	indeterminé		3			16	1						22	1		43	20	
			<i>Habroleptoides</i>			5	1	5											11	11
			<i>Habrophlebia</i>					9								4			13	9
																2			2	0
	TRICHOPTERES	<i>Polycentropodidae</i>	<i>Plectrocnemia</i>															2	0	
		<i>Hydropsychidae</i>	<i>Hydropsyche</i>														2	2	0	
			indeterminé			1		1										2	2	
		<i>Limnephilidae</i>	<i>Limnephilinae autres</i>		1										4	1	1	3	1	
			<i>Melampophylax</i>			2		1	1		2					3		2	15	6
	<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>														1	1	0		
	COLEOPTERES	<i>Elmidae</i>	<i>Esolus</i>	la	1	1		8			1				5			16	11	
			<i>Elmis</i>	ad		7	1	3		1					5			17	12	
				ad					1										1	1
		<i>Hydraenidae</i>	<i>Hydraena</i>			1													1	1
			<i>Limnebius</i>									1		1					2	2
	<i>Hydrophilidae</i>	<i>Hydrous</i>								1								1	1	
HETEROPTERES	<i>Pleidae</i>	<i>Plea</i>						1									1	1		
DIPTERES	<i>Chironomidae</i>			21	3	2	19	15	7	2	2	2	2	2	13	3	91	71		
	<i>Simuliidae</i>							2									2	2		
	<i>Athericidae</i>	<i>Atherix</i>												2			2	0		
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>												1			2	1		
AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>		2	3	1	12	1					1	3	1	3	27	19		
MOLLUSQUES		<i>Lymnaeidae</i>	<i>Galba truncatula</i>				3										3	3		
VERS				3	3		5							9		4	24	11		

IBGN 12 p.	Abundance	32	51	28	89	51	17	13	9	22	70	20	23
	Abundance relative (%)	7,5%	12,0%	6,6%	20,9%	12,0%	4,0%	3,1%	2,1%	5,2%	16,5%	4,7%	5,4%

Total taxons	425	290
--------------	-----	-----

Station 5 (MAG 20 prélèvements) printemps, prélevée le 20/04/2015

Conditions météorologiques : Ensoleillé, pas de précipitations pendant 20 jours hors pluies épisodiques 3 jours avant

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S V H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
					LIT	GAL	BLO	GRA	VAS	ALG	GAL	VAS	ALG	GAL	ALG	VAS	GAL	LIT	GAL								
INSECTES	PLECOPTERES	Leuctridae	Leuctra		11	1	1	9	13			3			5		2						1				
		Perlodidae	Perlodes																	1							
		Nemouridae	Amphinemura				1			7																	
		Taniopterygidae	Brachyptera													1											
	EPHEMEROPTERES	Baetidae	indeterminé				1			2	1		3			1	1			3							
			Baetis							12					1												
		Ephemeridae	Ephemera		1			1	3				3			3											
		Ephemerellidae	Serratella										1														
			Torleya																		1						
		Heptageniidae	Rhithrogena								1					8											
			Electrogena							5		5	2	1				6		1	3	2		7	4	3	
			Ecdyonurus			2				1	1	1	2				1				4	6			7		
			indeterminé						5	1	1	6								1					11		
		Leptophlebiidae	indeterminé									2	2	1													
			Habroleptoides		11						2	2			2					2	2	3		2	2	6	3
	Habrophlebia			104			2												73					3	2		
	TRICHOPTERES	Polycentropodidae	Plectrocnemia							2			1														
		Hydropsychidae	Hydropsyche												2												
		Philopotamidae	Wormaldia							1	2																
		Psychomiidae	Psychomya pusilla										1														
			Agapetus													8											
		Glossosomatidae	Glossosoma																		1	16				8	
			Synagapetus																								
			indeterminé			1				1			1														
		Limnephilidae	Drusus													6										1	
			Melampophylax										1														
			Limnephilini				3						1														
			Potamophylax																								
			autres Limnephilinae								1																1
		Sericostomatidae	Sericostoma		5			2													5					2	
		Goeridae	Silo																			1	1				
	COLEOPTERES	Elmidae	Elmis	la				1	1	1	6	3			2												
			Esolus	la ad		4			1	1	5	31			2						2		7	5	4	4	
		Hydraenidae	Hydraena								1	6									1					1	
	DIPTERES	Chironomidae			57	1		5	24	1			7	4	10	11	5		12	1							
Tipulidae								1																			
Limoniidae														5													
Simuliidae														1													
Athericidae			1				1	8	3	1	3	7	1			4	5	8	2	13	14	5	8				
MEGALOPTERES	Sialidae	Sialis												7	2												
AMPHIPODES	Gammaridae	Gammarus		9				2	2	7				3		3	3	8		3							
MOLLUSQUES	Physidae	Aplexa					1																				
		indeterminé																									
VERS	OLIGOCHETES			14	1			6	1	1			2	5	1				10								
HYDRACARIENS				1																							

Total taxons		
20 placettes	8 placettes	12 placettes
46	38	45
1	0	0
8	8	8
1	0	1
15	7	12
14	12	13
11	8	11
1	1	1
1	0	0
9	1	9
45	18	25
36	10	11
20	8	8
14	14	14
42	18	22
186	108	108
4	3	3
2	0	2
3	3	3
1	1	1
8	0	8
1	0	0
33	0	0
3	3	3
8	0	6
4	4	4
1	1	1
2	1	1
2	1	1
16	7	8
2	0	0
3	1	3
45	20	23
72	37	52
12	7	10
138	95	125
1	1	1
5	0	5
1	0	1
84	14	25
2	0	2
40	20	26
1	1	1
1	1	1
41	23	31
1	0	1

MAG 20	Abundance	Abundance relative (%)
	215	31
	7	26
	61	53
	53	75
	28	14
	14	85
	22	19
	29	102
	35	34
	36	39
	53	23

987	495	636
-----	-----	-----

Station 5I printemps (IBGN 12 prélèvements), prélevée le 21/04/2015

Conditions météorologiques : Ensoleillé, pas de précipitations pendant 21 jours hors pluies épisodiques 4 jours avant

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			S	LIT	GAL	BLO	GRA	VAS	DAL	DAL	GAL	LIT	GRA	DAL	GAL
			V	1	2	2	1	3	3	2	1	1	1	2	2
ORDRE	Famille	Genre	H	3	2	2		1	1	2	2	3	4	2	2
PLECOPTERES	Nemouridae	<i>Nemoura</i>		1											
		<i>Protonemura</i>						2							
	Perlodidae	<i>Perlodes</i>									1				
	Leuctridae	<i>Leuctra</i>					5								
EPHEMEROPTERES	Baetidae	<i>Baetis</i>					5		1	1					2
		indeterminé		1											
	Heptageniidae	<i>Rhithrogena</i>			1										
	Leptophlebiidae	indeterminé											1		
		<i>Habroleptoides</i>		7	1		7								
<i>Paraleptophlebia</i>					1										
TRICHOPTERES	Psychomiidae	<i>Metalype fragilis</i>													1
	Limnephilidae	indeterminé		1			1								
		<i>Tr. Limnephilinae</i>			1						2	1	1	1	
		<i>Tr. Limnephilinae autres</i>				4									
		<i>Allogamus</i>				1								1	
		<i>Melampophylax</i>													1
	Glossossomatidae	<i>Glossossoma</i>													1
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i>										4				
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>			1			1							2	
COLEOPTERES	Elmidae	<i>Esolus</i>	la								1				
DIPTERES	Chironomidae			11	6	3	16	112			8	38	57		12
	Limoniidae				2						24	5	6		1
	Simuliidae						2	13							
	Athericidae			5	1		4				4	5	24		1
AMPHIPODES	Gammaridae	<i>Gammarus</i>		13	55	66	248	12	1	4	120	169	7	25	60
	Lymnaeidae	<i>Galba truncatula</i>				1	2					2	6	7	
		<i>Stagnicola</i>											1		
	Planorbidae	<i>Bathyomphalus contorsus</i>											2	1	
		<i>Anisus</i>											3	2	
	Physidae	<i>Aplexa</i>										2			
	Lithoglyphidae	<i>Lithoglyphus</i>										1	2		
OLIGOCHETES				3			12				7	19	32		

Total taxons	
12 placettes	8 placettes
1	1
2	2
1	1
5	5
9	7
1	1
1	1
1	0
15	15
1	1
1	0
3	2
5	3
4	4
2	1
1	0
1	0
4	0
4	2
1	1
263	156
38	26
15	15
44	14
780	519
5	5
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
73	22

IBGN 12 p.	Abondance	42	68	75	303	140	2	5	169	241	128	27	81
	Abondance relative (%)	3,3%	5,3%	5,9%	23,7%	10,9%	0,2%	0,4%	13,2%	18,8%	10,0%	2,1%	6,3%

1281	804
------	-----

## Listes faunistiques des prélèvements de benthos en été (fond jaune : prélèvements utilisés pour l'ELGATOX)

Station 3 été (IBGN 12 prélèvements), prélevée le 24/06/2015

Conditions météorologiques : pluies modérées la semaine d'avant, étiage sévère (pas loin de l'assec)

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S V H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total taxons		
					BRY	GAL	BLO	GRA	GAL	DAL	GAL	DAL	GAL	GAL	DAL	BLO	12 placettes	8 placettes	
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>								1		9	3					
		<i>Perlodidae</i>	<i>Perlodes</i>								9			2					
	EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>						13	13	2	7	1			7			
		<i>Heptageniidae</i>	<i>Electrogena</i>								1		10	1	1	2			
		<i>Ephemeridae</i>	<i>Ephemera</i>		1			1						1					
		<i>Leptophlebiidae</i>	<i>indeterminé</i> <i>Habrophlebia</i>									1		1	3				
	TRICHOPTERES	<i>Polycentropodidae</i>	<i>Plectrocnemia</i>						1			2			2				
		<i>Limnephilidae</i>	<i>Limnephilinae autres</i>												2		1		
			<i>Melampophylax</i>					9	1					3					
	COLEOPTERES	<i>Elmidae</i>	<i>Esolus</i>	<i>la</i>					2					1	1				
			<i>Riolus</i>	<i>ad</i>	1							2		1	1				
				<i>la</i>					1										
	DIPTERES	<i>Chironomidae</i>			13	7		1	6			6	1	8	7				
		<i>Dixidae</i>	<i>Dixa</i>								1								
<i>Stratiomyidae</i>				1															
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>											2						
CRUSTACES	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>		5			19	7		1		7	10			49	32	
MOLLUSQUES	GASTEROPODES	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Galba truncatula</i>					1									1	1	
		<i>Planorbidae</i>	<i>Gyraulus</i>		1													1	1
VERS	OLIGOCHETES						1						9				10	1	
	ACHETES	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Batracobdella paludosa</i>		1												1	1	
		Abondance			44	7	0	32	31	14	25	8	65	40	8	6	280	161	
		Abondance relative (%)			15,7 %	2,5 %	0,0 %	11,4 %	11,1 %	5,0 %	8,9 %	2,9 %	23,2 %	14,3 %	2,9 %	2,1 %			

Station 5 été (MAG 20 prélèvements), prélevée le 24/06/2015

Conditions météorologiques : pluies modérées la semaine d'avant, étiage sévère (pas loin de l'assec)

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
					BR Y	LI T	G AL	BL O	G RA	VA S	G AL	BL O	LI T	G RA	VA S	G AL	BL O	G AL								
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>		3	4	1		19			1	1		3						9		15	2		
			<i>indeterminé</i>																			1				
		<i>Perlodidae</i>	<i>Perla</i>													1					1					
		<i>Nemouridae</i>	<i>Protonemura</i>																				2			
		<i>Taniopterygidae</i>	<i>Brachyptera</i>							1					1											
	EPHEMEROPTERES	<i>Ephemeridae</i>	<i>Ephemera</i>				1		9	1		1			8							4		1		
		<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>																	1						
		<i>Ephemerellidae</i>	<i>Serratella</i>		1																					
		<i>Heptageniidae</i>	<i>Electrogena</i>			2	2		1				1	2		1						1	6		11	10
			<i>Ecdyonurus</i>				1					1						1	2				1		8	
		<i>Leptophlebiidae</i>	<i>indeterminé</i>								1												7		1	4
	<i>Paraleptophaebia</i>			3	2									16	4											
	<i>Habrophlebia</i>		<i>la</i>	6	23									17								6		4	2	
	TRICHOPTERES	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Hydropsyche</i>	<i>la</i> <i>ny</i>													1				1	1				
		<i>Psychomyiidae</i>	<i>Lype</i>		1			1																		
		<i>Glossosomatidae</i>	<i>Glossosoma</i>	<i>ny</i>									6						2							
			<i>Agapetus</i>	<i>la</i> <i>ny</i>					21			1						6					2	16		
		<i>Limnephilidae</i>	<i>Melampophylax</i>					1							4										1	
	<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma</i>	<i>la</i>			1			1			1										4				
	COLEOPTERES	<i>Elmidae</i>	<i>Riolus</i>	<i>la</i>		5	5	7	1	4	10	1			3	3			4			8	1	2	1	
			<i>Esolus</i>	<i>la</i> <i>ad</i>	1										1				3			1		7		
			<i>Oulimnius</i>	<i>la</i> <i>ad</i>	1														1							
	DIPTERES	<i>Chironomidae</i>		<i>la</i>	3	5	1	2			8						2					1	1	2	5	
			<i>ny</i>	2			1																			
<i>Limoniidae</i>				1	6			1		1													4			
<i>Empididae</i>		<i>la</i>	1											1							2		1	3		
<i>Athericidae</i>			2	4	4	1					1															
HETEROPTERES	<i>Aphelocheiridae</i>	<i>Aphelocheirus</i>										1														
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>												1												
CRUSTACES	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>			1					2		6	1					1		9	2	1			
VERS	OLIGOCHETES				3		2	7	2			2	1		1	4	3		1	10			4			

Total taxons		
20 placettes	8 placettes	12 placettes
58	28	32
1	0	0
2	0	1
2	0	0
2	1	2
25	12	20
1	0	0
1	1	1
39	6	9
15	3	3
13	1	1
25	5	25
58	29	46
3	0	1
2	0	0
2	2	2
2	0	0
8	6	6
44	22	22
6	1	5
7	3	3
1	1	1
54	32	38
15	1	3
2	1	1
1	0	0
30	19	21
3	3	3
13	9	9
2	1	2
18	12	12
1	1	1
1	0	1
23	3	10
40	16	22

MAG 20	Abundance	27	50	22	38	49	14	11	8	47	21	7	9	9	16	4	24	68	7	58	31
	Abundance relative (%)	5,2 %	9,6 %	4,2 %	7,3 %	9,4 %	2,7 %	2,1 %	1,5 %	9,0 %	4,0 %	1,3 %	1,7 %	1,7 %	3,1 %	0,8 %	4,6 %	13,1 %	1,3 %	11,2 %	6,0 %

520	219	303
-----	-----	-----

Station 5I été (IBGN 12 prélèvements), prélevée le 25/06/2015

Conditions météorologiques : pluies modérées la semaine d'avant, étiage sévère

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total taxons		
					S	LIT	GAL	BLO	GRA	VAS	DAL	GAL	BLO	LIT	GRA	DAL	GAL	12 placettes	8 placettes
					V	1	2	2	1	3	2	3	1	1	1	2	3	1	2
					2	1	2	3	1	1	1	2	3	1	2	2			
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Perlodidae</i>	<i>Perlodes</i>														1	1	0
	EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>						2	1		3				4		10	6
		<i>Leptophlebiidae</i>	<i>indeterminé</i>									1						1	1
			<i>Habrophlebia</i>			1													1
	TRICHOPTERES	<i>Limnephilidae</i>	<i>indeterminé</i>									2	1					3	2
			<i>Limnephilinae autres</i>		1		2											3	3
		<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>		1	1												2	2
	DIPTERES	<i>Chironomidae</i>				27	1								1			29	28
		<i>Limoniidae</i>				1	2		2			1			2			9	6
		<i>Empididae</i>													1			1	0
		<i>Athericidae</i>	<i>Atherix</i>					4				1			7			13	5
	HETEROPTERES	<i>Veliidae</i>	<i>Velia</i>	<i>ad</i>							1							1	1
ODONATES	<i>Cordulegastridae</i>	<i>Cordulegaster</i>											1				1	0	
CRUSTACES	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>		74	46	5	113	9	3	37	21	285	138	15	125	871	308	
MOLLUSQUES	GASTEROPODES	<i>Physidae</i>	<i>Aplexa</i>													1	1	0	
VERS	OLIGOCHETES				1		1	12			3		1	5			23	17	

IBGN 12 p.	Abondance	105	50	7	133	11	4	43	27	288	154	19	129	970	380
	Abondance relative (%)	10,8%	5,2%	0,7%	13,7%	1,1%	0,4%	4,4%	2,8%	29,7%	15,9%	2,0%	13,3%		

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre		S	V	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
								BRY	LIT	GAL	BLO	GRA	DAL	GAL	BLO	BRY	LIT	GRA	DAL	GAL	BLO	BRY	GAL										
								2	1	3	3	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2	2	1	3	1
INSECTES	PLECOPTERES	Leuctridae	Leuctra					1	10			1	4																				
		Perlodidae	Perla								1																						
			Perlodes												1																		
		Nemouridae	Nemura											1																			
			Protonemura																														
	Taniopterygidae	Brachyptera								1																							
	EPHEM.	Baetidae	Baetis						1																								
		Ephemeridae	Ephemera							9			2																				
		Ephemerellidae	Serratella											1																			
		Heptageniidae	Rhithrogena																														
			Ecdyonurus											3		1	1									1		3	11				
		Leptophlebiidae	indeterminé								10			7																			
			Habrophlebia							1			2																				
	TRICHOPTERES	Hydropsychidae	Hydropsyche	la																									1				
				ny																													
			Cheumatopsysche	ny																													
		Philopotamidae	Philopotamus	la																													
				ny																													
		Psychomyiidae	Tinodes																														
		Glossosomatidae	Agapetus	la																													
				ny																													
		Limnephilidae	Mesophylax																														
			Limneph.																														
		Sericostomatidae	Sericostoma																														
	Rhyacophilidae	Rhyacophila																															
	COLEOPTERES	Elmidae	Elmis	la																													
				ad																													
			Riolus	la																													
				ad																													
			Esolus	la																													
			ad																														
		Scirtidae	Hydrocyphon	la																													
	Hydraenidae	Hydraena	la																														
	DIPTERES	Chironomidae																															
		Limoniidae																															
		Simuliidae																															
		Athericidae																															
	CRUSTACES	AMPHIPODES	Gammaridae	Gammarus																													
	MOLLUSQUES	GASTERO.	Hydrobiidae	Bythiospeum																													
			Planorbidae	Ancylus																													
				Anisus																													
			Physidae	Physa																													
	Aplexa																																
	VERS	OLIGOCHETES																															

Total taxons		
20 plac.	8 plac.	12 plac.
16	16	16
1	1	1
1	1	1
1	1	1
112	39	79
27	5	27
15	1	5
19	11	17
3	1	2
1	0	0
49	19	19
22	18	22
7	3	7
5	1	4
3	3	3
3	1	1
1	0	1
1	1	1
6	3	6
236	150	156
162	109	112
1	1	1
7	2	3
1	0	1
25	21	24
2	1	1
7	5	6
5	2	2
82	49	79
9	3	4
58	19	40
66	47	52
1	1	1
17	12	12
31	19	27
10	1	5
57	29	56
100	37	53
184	99	146
2	1	1
26	7	9
1	1	1
1	1	1
2	1	2
28	17	18

MAG 20	Abundance	120	65	157	111	54	82	71	100	148	31	52	35	82	28	64	28	28	9	56	93
	Abundance relative (%)	8,5 %	4,6 %	11,1 %	7,9 %	3,8 %	5,8 %	5,0 %	7,1 %	10,5 %	2,2 %	3,7 %	2,5 %	5,8 %	2,0 %	4,5 %	2,0 %	2,0 %	0,6 %	4,0 %	6,6 %

Station 8 été (IBGN 12 prélèvements), prélevée le 26/06/2015 - Conditions météorologiques : pluies modérées la semaine d'avant, étiage sévère

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
					BR	LIT	GA	BL	GR	DA	BL	GA	GR	LIT	BRY	DA	BL	GA	GR	LIT	BR	BL	GA	BL	
					Y		L	O	A	L	O	L	A			L	L	O	L	A	LIT	Y	O	L	O
					H	1	3	1	1	2	2	1	2	1	3	2	1	3	2	2	1	1	1	2	1
	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>																						
		<i>Taniopterygidae</i>	<i>Brachyptera</i>		1		2		1	6	1	2			1				1		1				
	EPHEMEROPTERES	<i>Ephemera</i>	<i>Ephemera</i>		2	2		3	4	5			4	6	2	21			11	3	1		1		
		<i>Serratella</i>	<i>Serratella</i>			1			4	4			1		6				1	1	1				
		<i>Electrogena</i>	<i>Electrogena</i>									1													
		<i>Ecdyonurus</i>	<i>Ecdyonurus</i>							1	1	3													
		<i>indeterminé</i>	<i>indeterminé</i>						10						19	1				12				2	
		<i>Habroleptoides</i>	<i>Habroleptoides</i>	la																1				2	
		<i>Habrophlebia</i>	<i>Habrophlebia</i>	ny		14			3						12					6				2	
	TRICHOPTERES	<i>Lype</i>	<i>Lype</i>		2																				
		<i>Tinodes</i>	<i>Tinodes</i>		2					1												9			
		<i>Glossossoma</i>	<i>Glossossoma</i>																1						
		<i>Agapetus</i>	<i>Agapetus</i>	la				2				2								1			9		
		<i>indeterminé</i>	<i>indeterminé</i>	ny		1				1			1										1	16	
		<i>Melampophylax</i>	<i>Melampophylax</i>											1	1										
		<i>Limnephilinae</i>	<i>Limnephilinae</i>							1				1	1										
		<i>autres</i>	<i>autres</i>																						
		<i>Sericostoma</i>	<i>Sericostoma</i>	la																6	16			1	
		<i>ny</i>	<i>ny</i>		1				9					1	3										
<i>Brachycentridae</i>	<i>indeterminé</i>	ny															1								
<i>Rhyacophila</i>	<i>Rhyacophila</i>		1								1						1			3		1			
	COLEOPTERES	<i>Elmis</i>	<i>Elmis</i>	la							1														
		<i>ad</i>	<i>ad</i>		7										23		1				4				
		<i>Riolus</i>	<i>Riolus</i>	la							10					45				1		14			
		<i>ad</i>	<i>ad</i>						1		2														
		<i>Esolus</i>	<i>Esolus</i>	la		2	7						1	2	1	1			2			1			
		<i>ad</i>	<i>ad</i>		1	8							4		1	1									
<i>Limnius</i>	<i>Limnius</i>	la																				1			
<i>Hydrocyphon</i>	<i>Hydrocyphon</i>	la		1	1	1					1	3	1	1			8								
	DIPTERES	<i>Chironomidae</i>			2	8	1		6	4	2		3	28	3	11		8		5	3		4		
		<i>Limoniidae</i>		3		1				8				2			11						1	1	
		<i>Empididae</i>	la															1				1			
		<i>ny</i>	<i>ny</i>															1				1			
		<i>Dixidae</i>																				1			
		<i>Simuliidae</i>										1							1						
<i>Athericidae</i>																						12			
<i>Hydrocyphon</i>	<i>Hydrocyphon</i>	la	14	7	13			1	4	2	9	10	7	4	2	3	10		15						
CRUSTACES	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>		17	2				2	3	27		2	92		2	13		38	1				
MOLLUSQUES	GASTEROPODES	<i>Sphaeridae</i>	<i>Sphaerium</i>			1			1																
		<i>Physidae</i>	<i>Aplexa</i>			1																			
HYDRACARIENS					1	1																			
VERS	OLIGOCHETES				2	2	2		8			2	1	9			5	1	1				10		

Total taxons		
20 plac.	8 plac.	12 plac.
21	13	19
2	0	2
65	16	49
14	5	12
1	1	1
6	5	5
44	10	30
1	0	0
2	0	0
36	17	29
2	2	2
23	3	14
1	0	0
30	2	2
9	3	3
2	2	2
2	0	2
3	1	2
23	0	0
15	10	15
1	0	0
8	2	3
1	1	1
30	0	23
78	17	63
2	2	2
20	11	15
23	13	14
2	0	0
17	4	9
89	23	68
26	12	25
2	0	0
2	0	0
1	0	0
2	1	1
113	50	73
199	51	145
2	2	2
1	1	1
2	2	2
43	16	26

MAG 20	Abundance	54	44	36	6	45	48	14	51	28	91	189	56	9	66	19	63	78	11	35	23
	Abundance relative (%)	5,6	4,6	3,7	0,6	4,7	5,0	1,4	5,3	2,9	9,4	19,6	5,8	0,9	6,8	2,0	6,5	8,1	1,1	3,6	2,4
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

966	298	662

Station 9 été (IBGN 12 prélèvements), prélevée le 26/06/2015 - Conditions météorologiques : pluies modérées la semaine d'avant, étiage sévère

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S V H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					BRY	LIT	GAL	BLO	GRA	ALG	DAL	DAL	LIT	GRA	BRY	BLO		
INSECTES	PLECOPTERES	Leuctridae	Leuctra		5	3	3	3										
		Perlodidae	Perla		3	1	1	1	1	3								
			Isoperla										1					
		Nemouridae	indeterminé					1									1	
			Nemura		1										2			
			Protonemura		37		1				40	1			1	26		
	Taniopterygidae	Brachyptera					2	7	1				3	10		1		
	EPHEMEROPTERES	Baetidae	Baetis		10							9	1			1		
		Ephemeridae	Ephemera						7					6				
		Ephemerellidae	Serratella		13			3		2			1			10		
		Heptageniidae	Electrogena				1											
			Ecdyonurus				2	1					1	1				1
		Leptophlebiidae	indeterminé			16								20	1		1	
	TRICHOPTERES	Hydropsychidae	Hydropsyche	la			6				1							
		Psychomiidae	Tinodes		2			5		3						4		
			indeterminé			1	3			1				5				
		Limnephilidae	Odontocerum						1						1			
			Melampophylax											2				
		Sericostomatidae	Sericostoma						1					9				
	Rhyacophilidae	Rhyacophila		9						5					9	1		
	COLEOPTERES	Elmidae	Oulimnius	ad				1										
			Riolus	la	27			17	4							6		
				ad					1	1		1				1	18	
			Esolus	la		1	3	1	4						1	6		
			ad	3											2			
		Dytiscidae	(Hydroporinae) Hydroporus	la				1	1	1								
		Scirtidae	Hydrocyphon				1				1						5	
	Hydraenidae	Limnebius										1						
		Hydraena	ad	5											1	17		
	DIPTERES	Chironomidae			41	160	27	12	1	48	2			89	4	19		
		Dolichopodidae	ny		2													
		Limoniidae							2	105				5	79			
Empididae			la		35													
			ny		1													
Simuliidae				2											2			
Dixidae											1							
Athericidae					2													
ODONATES	Calopterygidae	Calopteryx											1					
CRUSTACES	AMPHIPODES	Gammaridae	Gammarus		14					1				6	32			
MOLLUSQUES		Lymnaeidae	Radix		1		1	3								1		
			Galba														1	
VERS	OLIGOCHETES					3							4	14				

Total taxons	
12 placettes	8 placettes
14	14
1	1
1	0
1	1
3	1
105	78
24	10
21	20
13	7
29	19
1	1
6	5
38	16
45	27
7	7
14	10
10	5
2	1
2	0
10	1
24	14
1	1
27	21
49	30
16	9
5	3
2	2
1	1
7	2
1	1
23	5
403	291
2	2
191	107
35	35
1	1
4	2
1	1
2	2
1	0
53	15
6	5
1	0
21	3

IBGN 12 p.	Abondance	208	201	60	49	29	209	16	5	157	55	231	4
	Abondance relative (%)	17,0%	16,4%	4,9%	4,0%	2,4%	17,1%	1,3%	0,4%	12,8%	4,5%	18,9%	0,3%

1224	777
------	-----

## ANNEXE 19 : Résumé des indices de qualité biologique calculés à partir des listes faunistiques de printemps.

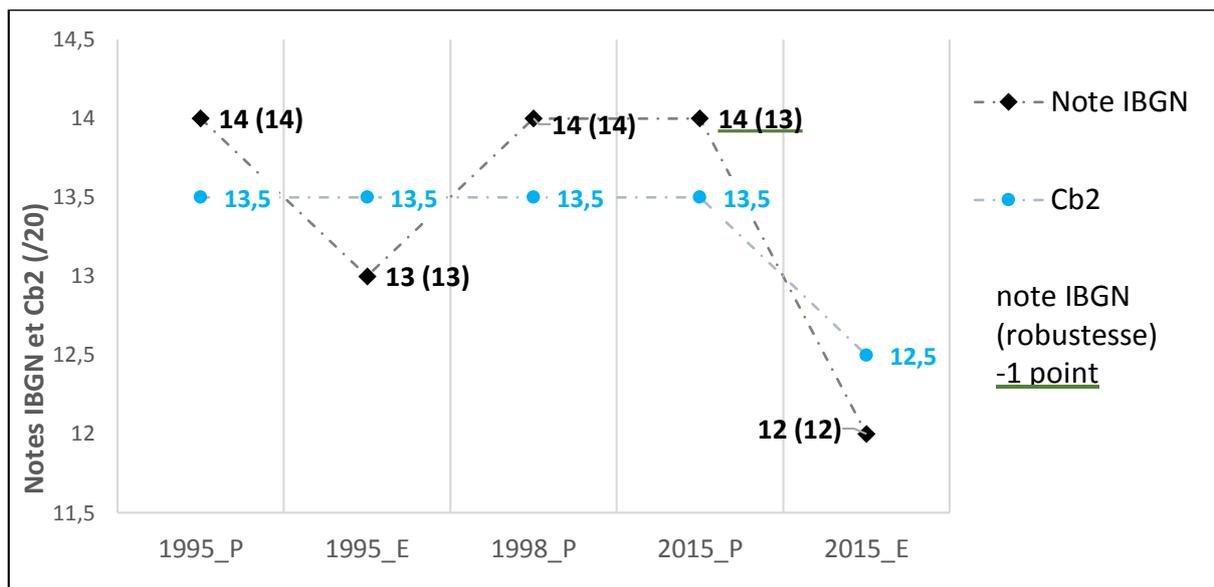
	Station 3		Station 5		Station 5I	
<b>Calcul IBGN</b>						
	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>
Variété taxonomique	18	6	21	7	17	6
Groupe indicateur	<i>Perlodidae</i>	9	<i>Philopotamidae</i>	8	<i>Leuctridae</i>	7
<b>Note IBGN (/20)</b>	<b>14</b>		<b>14</b>		<b>12</b>	
<b>Robustesse</b>						
	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>
Groupe indicateur	<i>Leuctridae</i>	7	<i>Leuctridae</i>	7	<i>Leptophlebiidae</i>	7
<b>Robustesse IBGN (/20)</b>	<b>12</b>		<b>13</b>		<b>12</b>	
<b>Calcul du Cb2</b>						
Nombre de taxons indicateurs représentés par au moins 3 individus (n)	13		15		12	
Nombre de taxons indicateurs retenus	4		4		3	
Groupes indicateurs + indice méthodologique du Cb2	<i>Perlodidae</i>	9	<i>Philopotamidae</i>	8	<i>Heptageniidae</i>	7
	<i>Heptageniidae</i>	7	<i>Ephemeridae</i>	7	<i>Athericidae</i>	6
	<i>Leptophlebiidae</i>	6	<i>Heptageniidae</i>	7	<i>Leptophlebiidae</i>	6
	<i>Leuctridae</i>	6	<i>Sericostomatidae</i>	7		
Indice de nature (qualité de l'eau) In	8,5		8,80		7,7	
Indice de variété (qualité de l'habitat) Iv	4,0		4,6		3,70	
In+Iv	12,90		13,40		11,40	
<b>Cb2 = In + Iv +/- 0,25 (/20)</b>	<b>13</b>		<b>13,5</b>		<b>11,5</b>	

## ANNEXE 20 : Résumé des indices de qualité biologique calculés à partir des listes faunistiques d'été.

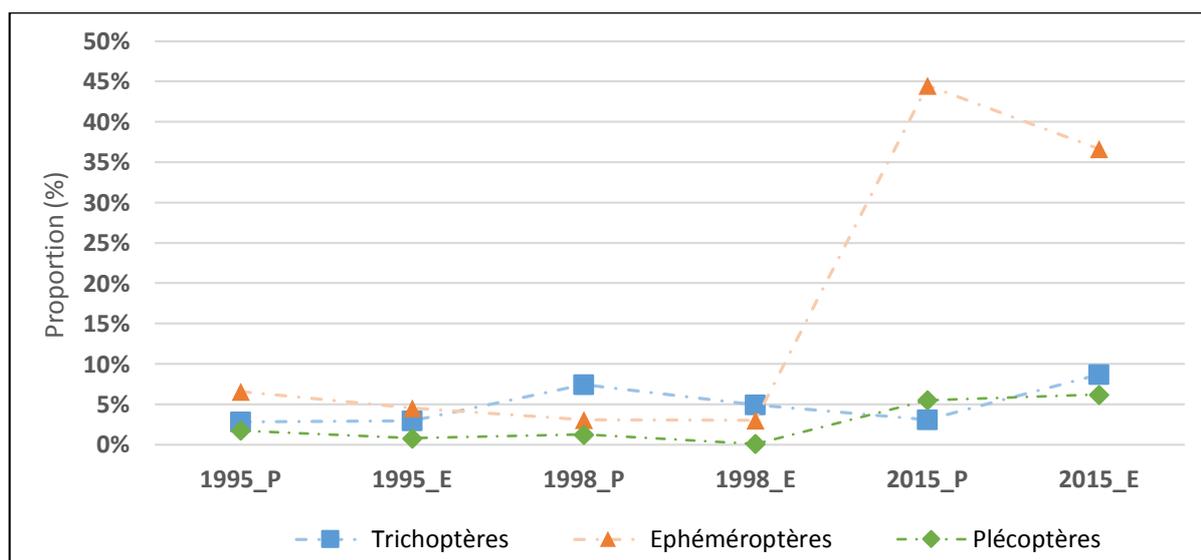
	Station 3		Station 5		Station 5I	
<b>Calcul IBGN</b>						
	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>
Variété taxonomique	17	6	18	6	10	4
Groupe indicateur	<i>Perlodidae</i>	9	<i>Leutridae</i>	7	<i>Leptophlebiidae</i>	7
<b>Note IBGN (/20)</b>	<b>14</b>		<b>12</b>		<b>10</b>	
<b>Robustesse</b>						
	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>
Groupe indicateur	<i>Leptophlebiidae</i>	7	<i>Glossossomatidae</i>	7	<i>Baetidae</i>	2
<b>Robustesse IBGN (/20)</b>	<b>12</b>		<b>12</b>		<b>5</b>	
<b>Calcul du Cb2</b>						
Nombre de taxons indicateurs représentés par au moins 3 individus (n)	8		12		7	
Nombre de taxons indicateurs retenus	2		3		2	
Groupes indicateurs + indice méthodologique du Cb2	<i>Perlodidae</i>	9	<i>Ephemeroidea</i>	7	<i>Athericidae</i>	6
	<i>Glossossomatidae</i>	7	<i>Glossossomatidae</i>	7	<i>Limnephilidae</i>	4
			<i>Heptageniidae</i>	7		
Indice de nature (qualité de l'eau) In	9,7		8,50		6,1	
Indice de variété (qualité de l'habitat) Iv	3,7		4		2,2	
In+Iv	13,5		12,5		8,3	
<b>Cb2 = In + Iv +/- 0,25 (/20)</b>	<b>13,5</b>		<b>12,5</b>		<b>8,5</b>	

	Station 6		Station 8		Station 9	
<b>Calcul IBGN</b>						
	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>
Variété taxonomique	28	8	21	7	28	8
Groupe indicateur	<i>Taeniopterygidae</i>	9	<i>Leuctridae</i>	7	<i>Taeniopterygidae</i>	9
<b>Note IBGN (/20)</b>	<b>16</b>		<b>13</b>		<b>16</b>	
<b>Robustesse</b>						
	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>	<b>Groupe(s) indicateur(s)</b>	<b>GI</b>
Groupe indicateur	<i>Leuctridae</i>	7	<i>Glossossomatidae</i>	7	<i>Leuctridae</i>	7
<b>Robustesse IBGN (/20)</b>	<b>14</b>		<b>13</b>		<b>14</b>	
<b>Calcul du Cb2</b>						
Nombre de taxons indicateurs représentés par au moins 3 individus (n)	19		16		20	
Nombre de taxons indicateurs retenus	5		4		5	
Groupes indicateurs + indice méthodologique du Cb2	<i>Taeniopterygidae</i>	8	<i>Ephemeroidea</i>	7	<i>Taeniopterygidae</i>	8
	<i>Ephemeroidea</i>	7	<i>Glossossomatidae</i>	7	<i>Empididae</i>	7
	<i>Heptageniidae</i>	7	<i>Heptageniidae</i>	7	<i>Ephemeroidea</i>	7
	<i>Sericostomatidae</i>	7	<i>Athericidae</i>	6	<i>Heptageniidae</i>	7
	<i>Athericidae</i>	6			<i>Leptophlebiidae</i>	6
Indice de nature (qualité de l'eau) In	8,5		8,20		8,5	
Indice de variété (qualité de l'habitat) Iv	6,2		4,6		6,2	
In+Iv	14,7		12,8		14,7	
<b>Cb2 = In + Iv +/- 0,25 (/20)</b>	<b>14,5</b>		<b>13</b>		<b>14,5</b>	

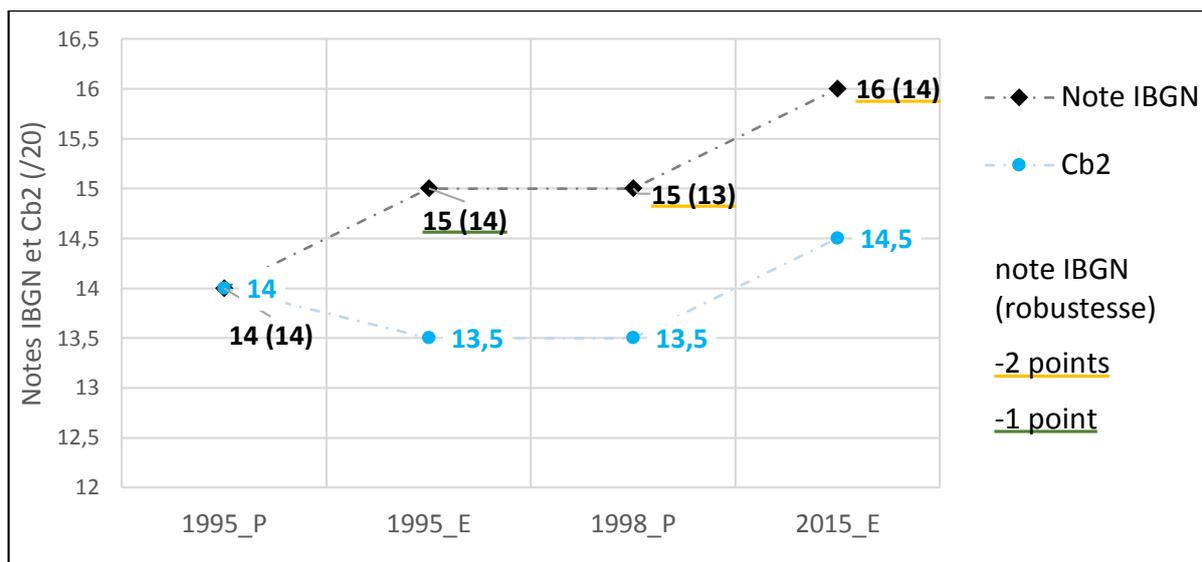
## ANNEXE 21 : Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 de 1995 à 2015 sur la station 5.



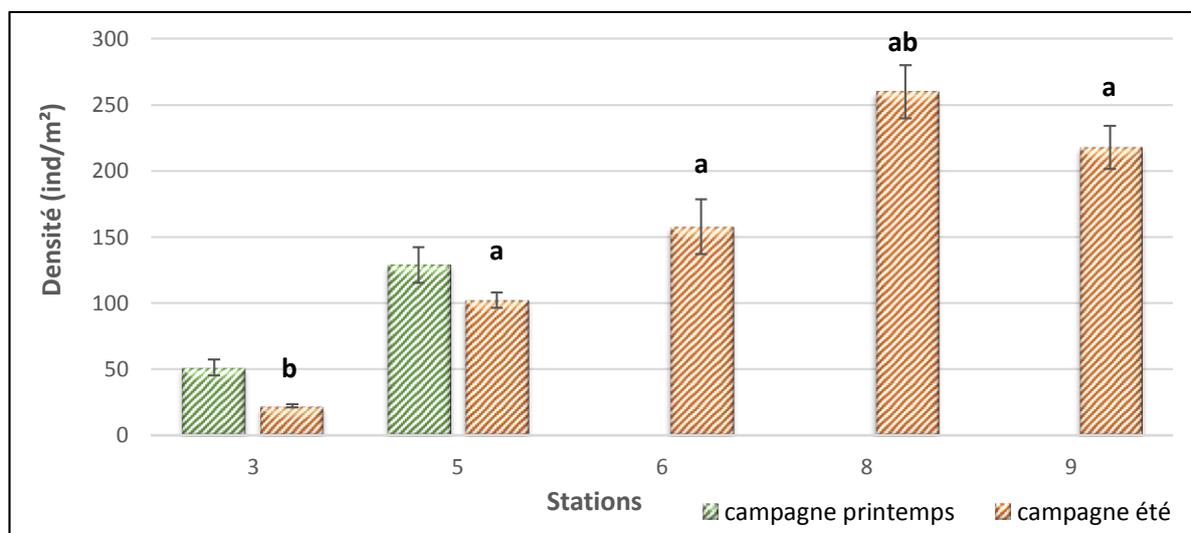
## ANNEXE 22 : Evolution de la proportion en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères extraites à partir des IBGN 8 prélèvements réalisés depuis 1995 sur la station 3.



**ANNEXE 23 : Evolution des notes IBGN, de leur robustesse et des indices du Cb2 de 1995 à 2015 sur la station 9.**



**ANNEXE 24 : Représentation de la densité en *Elmidae* (individus.m<sup>-2</sup>) calculée à partir du protocole elgatox réalisé sur chacune des stations lors des deux campagnes de prélèvement de benthos. Les lettres « a » et « b » représentent les différences significatives obtenues via les tests statistiques.**



## ANNEXE 25 : Présentation des différents paramètres permettant de calculer l'IBCT et calcul de l'indice pour chacune des stations au printemps (A) et en été (B).

### Calcul du coefficient morphodynamique (Cm) :

	Coefficient morphodynamique (printemps)			Coefficient morphodynamique (été)					
	Station 3	Station 5	Station 5I	Station 3	Station 5	Station 5I	Station 6	Station 8	Station 9
N	15	18	18	10	18	18	18	18	21
H1	3	6	1	1	6	1	6	6	1
H2	35	35	35	6	27	21	27	27	27
N	5	6	6	5	6	6	6	6	7
n'	3	3	3	2	3	3	3	3	3
S	1	6	1	1	6	1	6	6	1
V	3	1	1	1	1	1	1	1	1
S'	7	7	7	3	9	7	9	9	9
V'	5	5	5	2	3	3	3	3	3
<b>Cm</b>	<b>11,5</b>	<b>12,6</b>	<b>11,2</b>	<b>6,6</b>	<b>11,9</b>	<b>9,8</b>	<b>11,9</b>	<b>11,9</b>	<b>10,8</b>

$m = \sqrt{N} + \sqrt{H1} + \sqrt{H2}$ , avec  $N = n \times n'$  ; n : nombre de supports relevés sur la station ; n' : nombre de classes de vitesse trouvées ; N représente l'hospitalité globale de la station ; avec H1 = S x V (produit des codes des classes substrat et vitesse du tableau d'échantillonnage normalisé de l'IBGN) représente le couple substrat-vitesse dominant sur la station, H2 = S' x V' (produit des codes des classes substrat et vitesse du tableau d'échantillonnage normalisé de l'IBGN) représente le couple substrat-vitesse le plus élevé en valeur dans le tableau d'échantillonnage

### Calcul de l'Indice Biologique de Contamination par les Toxiques :

	IBCT (printemps)			IBCT (été)					
	Station 3	Station 5	Station 5I	Station 3	Station 5	Station 5I	Station 6	Station 8	Station 9
TTSA/5	1	1	3	2	1	4	2	2	2
CCNT	2	2	2	2	2	2	2	1,5	1,5
Cm	11,5	12,6	11,2	6,6	11,9	9,8	11,9	11,9	10,8
Variété taxo.	18	21	17	17	18	10	28	21	28
note IBGN	14	14	12	14	12	10	16	13	16
% n+10 gam.	10	6,1	65,8	26,1	5,9	83,7	14,3	20,3	3,2
<b>IBCT</b>	<b>0,30</b>	<b>0,37</b>	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,37</b>	<b>0,22</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,72</b>

**TTSA** : somme des Taxons ToxicoSensibles Absents : (nemouridae, leptophlebiidae, ephemeridae, sialidae, planariidae)

**CCNT** : Coefficient Correcteur de Niveau Typologique. Ils ont été déterminés avec les NTT calculés en 1995 par COEURDASSIER *et al.* et en s'appuyant sur les discussions avec la fédération de pêche du Doubs.

### Gamme de toxicité :

<0,5	absence
<1,5	possible à modérée
<3	nette
<6	importante

## ANNEXE 26 : Listes faunistiques des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères inventoriés en 2015.

TRICHOPTERES	Abondances
<b>Brachycentridae</b>	
Brachycentrus subnubilus (Curtis, 1834)	1
<b>Glossossomatidae</b>	
Agapetus fuscipes (Curtis, 1834)	2
Glossossoma conformis (Neboiss, 1963)	2
<b>Goeridae</b>	
* Silo nigricornis (Pictet, 1834)	1
<b>Hydropsychidae</b>	
Hydropsyche instabilis (Curtis, 1834)	15
Hydropsysche tenuis (Navas, 1932)	51
<b>Lepidostomatidae</b>	
* Lepidostoma hirtum (Fabricius, 1775)	2
<b>Limnephilidae</b>	
Drusus annalutus (Stephens, 1837)	3
Ecclisopteryx guttulata (Pictet, 1834)	2
Limnephilus auricula (Curtis, 1834)	1
Potamophylax latipennis (Curtis, 1834)	6
Potamophylax nigricornis (Curtis, 1834)	1
Potamophylax rotundipennis (Brauer, 1857)	2
Stenophylax mucronatus (MacLachlan, 1880)	1
<b>Odontoceridae</b>	
Odontocerum albicorne (Scopoli, 1763)	34
<b>Philopotamidae</b>	
Wormaldia occipitalis (Pictet, 1834)	13
Philopotamus ludificatus (MacLachlan, 1878)	32
Philopotamus variegatus (Scopoli, 1763)	2
<b>Polycentropodidae</b>	
Plectrocnemia geniculata (MacLachlan, 1871)	1
Polycentropus flavomaculatus (Pictet, 1834)	2
<b>Psychomyiidae</b>	
Tinodes dives (Pictet, 1834)	4
<b>Rhyacophilidae</b>	
Rhyacophila fasciata (Hagen, 1859)	1
Rhyacophila pubescens (Pictet, 1834)	8
Rhyacophila tristis (Pictet, 1834)	4
Rhyacophila vulgaris (Pictet, 1834)	3
<b>Sericostomatidae</b>	
Sericostoma personatum (Kirby & Spence, 1826)	18

EPHEMEROPTERES	Abondances
<b>Ephemeridae</b>	
Ephemera danica (Müller, 1764)	11
<b>Ephemerellidae</b>	
Ephemerellidae sp	
<b>Heptageniidae</b>	
Heptageniidae sp	
Ecdyonurus venosus (Fabricius, 1775)	10
Rithrogena picteti (Sowa, 1971)	3
<b>Leptophlebiidae</b>	
Leptophlebiidae sp	
<b>PLECOPTERES</b>	
<b>Leuctridae</b>	
Leuctra albida (Kempny, 1899)	14
Leuctra pseudorosinae (Aubert, 1954)	7
<b>Nemouridae</b>	
Amphinemura sulcicollis (Stephens, 1836)	14
Nemura cinerea (Retzius, 1783)	16
Protonemura meyeri (Pictet, 1841)	3
<b>Perlidae</b>	
* Dinocras megacephala (Klapalek, 1907) _ Fort vulnérabilité (SIALIS 2004)	2
<b>Perlodidae</b>	
Perlodes jurassicus (Aubert, 1946) _ Régionalisme développé (SIALIS, 2004)	1
Isoperla grammatica (Poda, 1761)	4
<b>Taeniopterygidae</b>	
Brachyptera risi (Morton, 1896)	17

\* espèces dont les genres n'ont jamais été retrouvés en stade larvaire dans le ruisseau

Nouvelles espèces inventoriées par l'inventaire de 2015

Espèces recensées moins de 5 fois par le répertoire de Macrobenθος franc-comtois (SIALIS 2004)