

# ELABORATION D'UNE METHODE D'EXPLOITATION ET D'INTERPRETATION DES DONNEES DE SUIVI DE L'ETAT DU DOUBS FRANCO-SUISSE ET REALISATION D'UNE SYNTHESE DE L'ETAT DU COURS D'EAU

RAPPORT VALIDE PAR LE GROUPE TECHNIQUE DU GROUPE BINATIONAL POUR L'AMELIORATION DE LA  
QUALITE DES EAUX ET DES MILIEUX AQUATIQUES DU DOUBS FRANCO-SUISSE

SUR LA BASE DU RAPPORT D'EXPERT ELABORE PAR :



Rédacteurs principaux :

Guy Périat, Teleos suisse sàrl  
Pascal Vonlanthen, Aquabios sàrl  
François Degiorgi, Teleos suisse sàrl  
Jonathan Paris, Teleos suisse sàrl  
Hervé Décourcière, Teleos suisse sàrl

Avec la participation de :

Daniel Schlunke, RAF design sàrl

**FEVRIER 2017**

Maître d'ouvrage:



Financeurs :



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**JURA** CH  
RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA

**ne.ch**  
RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

## **RESUME :**

Entre Morteau et St-Hippolyte, le Doubs constitue un trait d'union naturel entre la Suisse et la France. Dans chaque pays, il fait l'objet d'une gestion et d'un suivi environnemental. Toutefois, les pratiques, les normes et les exigences de qualité divergent à tel point que, pour l'heure, il n'est possible ni de s'accorder sur le statut écologique du cours d'eau, ni de définir un objectif de conservation à atteindre qui soit reconnu par tous.

Pourtant, la préoccupation de sauvegarde du patrimoine exceptionnel que représente le Doubs demeure commun aux deux pays. Pour atteindre ce but, la situation environnementale du cours d'eau doit d'abord être déterminée d'une manière claire et harmonisée. C'est le dessein de la présente étude.

Grâce à l'analyse des données historiques disponibles sur la physico-chimie, les macroinvertébrés benthiques et les peuplements de poissons, les caractéristiques d'un état fonctionnel sinon naturel ont été d'abord reconstituées. Il a alors été possible d'en déduire les limites du « bon état écologique » pour chacun de ces paramètres à l'aide des données historiques de meilleure qualité disponibles. Ainsi, afin d'être conforme aux exigences réglementaires internationales, le Doubs devrait posséder :

- en amont du saut du Doubs, 6 espèces de poissons typiques représentant 300kg/ha sur les secteurs d'eau courante de typologie « zone à truite » (B4).
- entre l'aval du Saut du Doubs et St-Ursanne, 10 espèces de poissons typiques atteignant une densité cumulée de 500 kg/ha sur les sites d'eau courante à typologie « zone à truite et à ombre » (B5).
- en aval de St-Ursanne jusqu'à St-Hippolyte, 13 espèces de poissons typiques constituant une densité cumulée de 600 kg/ha sur les portions de rivière courante à typologie « zone à ombre » (B6).
- sur l'ensemble du secteur (amont Morteau à St-Hippolyte), entre 30 et 40 genres de plécoptères, éphéméroptères, trichoptères avec une densité totale de larves aquatiques située entre 6'000 et 10'000 individus par m<sup>2</sup>.

La confrontation des potentiels biologiques attendus à la situation actuelle révèle que le Doubs souffre d'altérations conséquentes. La densité des macroinvertébrés réputés polluosensibles a été drastiquement réduite au cours de ces quarante dernières années. En l'absence d'altérations morphologiques supplémentaires advenues durant cette période, et compte tenu des efforts récents d'améliorations de la gestion des débits, des problèmes de qualité chimiques pourraient donc être suspectés. Cependant, la maille spatio-temporelle des suivis physico-chimiques de routine est insuffisante pour vérifier cette hypothèse.

Pour les poissons, le degré d'altération des peuplements semble stable depuis 1985 à 2011. Les espèces centrales et en particulier la truite et l'ombre ainsi que les espèces d'eau-vive les plus sensibles (lamproie, toxostome, ...) sont déficitaires. L'anguille et l'apron sont respectivement relictuels et en passe de disparaître. Comme dans le cas des macroinvertébrés, les causes exactes de ces régressions n'ont pas pu être établies.

Par conséquent, une réorganisation des suivis de routine et l'ajout d'investigations complémentaires sont nécessaires pour circonscrire et hiérarchiser les facteurs limitant le développement harmonieux des biocénoses. Il conviendrait en particulier de réajuster et surtout d'harmoniser les différents dispositifs de suivi mis en œuvre. En effet, le nombre, les méthodes et les périodes de prélèvements ainsi que leur fréquence divergent trop de part et d'autre de la frontière. Dès à présent, il serait fort utile de choisir une série commune de stations représentatives permettant d'encadrer correctement les dysfonctionnements susceptibles d'influencer le Doubs frontière.

Parallèlement, la présente étude a débouché sur une série d'outils permettant de standardiser la bancarisation des données qui seront acquises à l'avenir. Elle a aussi permis de filtrer et de reformater une partie des données existantes pour les rendre comparables, quand cela a été possible. Sur un sous échantillon de résultats sélectionné à partir des critères de qualité et de fiabilités minimales, une analyse multiparamétrique approfondie du trésor de données disponibles depuis les années 70 est désormais possible. Elle devrait permettre d'élucider les causes et de décortiquer la chronologie des problèmes rencontrés par le Doubs frontière. Cette étape est indispensable pour pouvoir dès à présent fonder un programme d'actions dignes de ce cours d'eau d'exception.

## Table des matières

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>LE DOUBS FRONTIERE SOUS LA LOUPE.....</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>UN SUIVI POUR QUOI FAIRE ?.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>UNE PLETHORE DE DONNEES.....</b>  | <b>6</b>  |
| 3.1.       | <i>Les suivis actuels : .....</i>  | <i>6</i>  |
| 3.2.       | <i>Les données historiques : .....</i>   | <i>9</i>  |
| 3.3.       | <i>Les données exploitables : .....</i>  | <i>12</i> |
| <b>4.</b>  | <b>UN CHOIX CORNELIEN DE STATIONS.....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>5.</b>  | <b>UNE SAISON CRUCIALE POUR LE PRELEVEMENT .....</b>                             | <b>17</b> |
| <b>6.</b>  | <b>DES METHODES PARFOIS DIVERGENTES .....</b>                                    | <b>19</b> |
| 6.1.       | <i>Pour la physico-chimie : .....</i>  | <i>19</i> |
| 6.2.       | <i>Pour le benthos : .....</i>   | <i>19</i> |
| 6.3.       | <i>Pour les poissons : .....</i>   | <i>22</i> |
| <b>7.</b>  | <b>ETAT DE CONSERVATION DU DOUBS FRONTIERE.....</b>                              | <b>24</b> |
| 7.1.       | <i>Situation historique originelle la plus probable : .....</i>                  | <i>24</i> |
| 7.2.       | <i>Situation historique observée : .....</i>                                     | <i>30</i> |
| 7.3.       | <i>Situation actuelle : .....</i>  | <i>40</i> |
| 7.4.       | <i>Conclusion sur l'état de conservation du Doubs frontière : .....</i>          | <i>49</i> |
| <b>8.</b>  | <b>PERSPECTIVES.....</b>   | <b>50</b> |
| 8.1.       | <i>Propositions d'amélioration des programmes de suivi : .....</i>               | <i>50</i> |
| 8.2.       | <i>Base de données et d'outil d'interprétation communs aux deux pays : .....</i> | <i>52</i> |
| 8.3.       | <i>Recherche des causes de perturbations : .....</i>                             | <i>53</i> |
| <b>9.</b>  | <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>10.</b> | <b>ANNEXES .....</b>   | <b>57</b> |

## 1. Le Doubs frontière sous la loupe...

Le Doubs, entre l'amont de Morteau et St-Hippolyte, parcourt 115 km qui sont successivement nommés Doubs français, mitoyen, franco-suisse, suisse et à nouveau Doubs français. Globalement, cette portion du cours d'eau s'écoulant entre Suisse et France est communément appelée Doubs frontière ou frontalier. Dans chaque pays, il fait l'objet d'une gestion et d'un suivi environnemental. Toutefois, les pratiques, les normes de qualité et les exigences divergent grandement. A tel point qu'il n'est pour l'heure pas possible de déterminer un état de conservation, reconnu par tous.

*Un trait d'union entre la Suisse et la France*

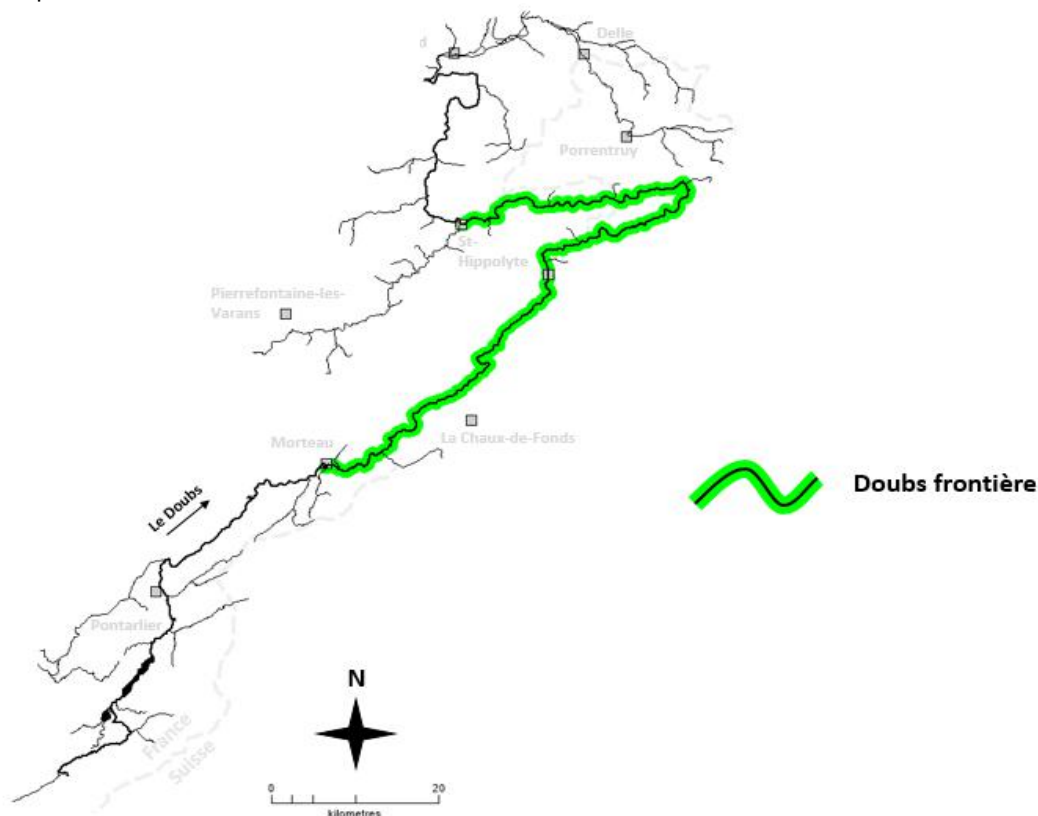


Figure 1.1 : Carte présentant le secteur dit du Doubs frontière

Si l'objectif-cadre de sauvegarde du patrimoine exceptionnel que représente le Doubs demeure commun aux deux pays, il convient à présent de proposer une solution pour qualifier la situation environnementale du cours d'eau d'une manière collective et claire. C'est le dessein de la présente étude :

- Dans un premier temps, le recueil et l'assemblage des données brutes disponibles seront réalisés pour les domaines suivants :
  - Morphologie et habitats
  - Physico-chimie (thermie, nutriments, polluants, etc.)
  - Biologie (poissons, macro invertébrés, diatomées et végétation)
- Ensuite, une méthodologie d'interprétation comparée, puis commune aux deux pays, sera validée domaine par domaine par le groupe de travail binational pour l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques. Des outils d'interprétation spécifiques et simples seront développés pour qu'à l'avenir la qualité du Doubs frontière soit déterminée d'une manière aisée.
- Enfin, la situation environnementale du Doubs frontière devra être évaluée à partir des données les plus récentes et des chroniques historiques exploitables, non seulement sur le linéaire du Doubs jusqu'à Montbéliard mais également sur les rivières Drugeon, Dessoubre, Allaine, Gland et autres petits affluents du secteur. En effet, il convenait d'étendre quelques peu l'analyse aux cours d'eau les plus proches afin de bénéficier d'une meilleure robustesse statistique de comparaison des données afin de calibrer au mieux les méthodes et les références potentielles à atteindre.

*Vers l'harmonisation internationale des suivis de qualité*

Au final, l'état de conservation du Doubs frontière pourra être défini dans le temps, d'une manière commune et objective et en respect des législations suisses et françaises. La méthodologie d'interprétation commune pourra aussi permettre de définir des objectifs en matière de bon état écologique basés sur des valeurs réellement et localement observées ainsi que d'affiner les modalités du suivi (récurrence des mesures, stations, méthode).

## 2. Un suivi pour quoi faire ?

L'état de conservation des milieux naturels est une préoccupation majeure des gestionnaires de l'environnement. Les milieux en bon état de conservation sont à sauvegarder, alors que des actions sont à engager pour améliorer ceux présentant des déficits écologiques. Dans cette optique, la qualification des écosystèmes est indispensable pour mettre en place une politique environnementale cohérente.

Ces principes, apparus notamment lors du Sommet de la Terre en 1990, ont été mondialement adoptés, en particulier dans le cadre de la protection des milieux aquatiques. Ainsi, en Europe, la directive cadre sur l'eau (DCE) impose aux Etats membres que les masses d'eau atteignent le bon état écologique, soit une valeur proche de la situation naturelle. En Suisse, la législation (Oeaux) reprend les mêmes objectifs : les biocénoses doivent être d'aspect naturel et typique de leur milieu de vie, pouvoir se reproduire et se réguler d'elles-mêmes. Elles doivent présenter une composition et une diversité d'espèces adaptée à chaque type d'eau peu ou non polluée.

Pour qualifier les milieux aquatiques continentaux, c'est-à-dire pour savoir si le bon état écologique est atteint, un panel d'outils a été développé et recommandé pour mettre en œuvre des programmes de surveillance réguliers des hydrosystèmes dulcicoles. La France répond à la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et se doit d'appliquer les méthodologies normalisées à l'échelle européenne. La Suisse, quant-à-elle, possède une législation propre et a développé des outils de suivi dans le cadre du Système dit « Modulaire Gradué » (SMG).

*Le bon état écologique inscrit dans la loi*

| DEFINITION GENERALE DES CLASSES D'ETAT<br>(Arrêté du 27 juillet 2015, code de l'environnement, France) |  |
|--|--|
| <b>TRES BON ETAT</b>   | Les valeurs des éléments de qualité biologique pour la masse d'eau de surface correspondent à celles normalement associées à ce type dans des conditions non perturbées et n'indiquent pas ou très peu de distorsions. Il s'agit des conditions et communautés caractéristiques. Pas ou très peu d'altérations anthropogéniques des valeurs des éléments de qualité physico-chimique et hydromorphologique applicables au type de masse d'eau de surface par rapport aux valeurs normalement associées à ce type dans des conditions non perturbées. |
| <b>BON ETAT</b>  | Les valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface montrent de faibles niveaux de distorsion résultant de l'activité humaine, mais ne s'écartent que légèrement de celles normalement associées à ce type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées.  |
| <b>ETAT MOYEN</b>  | Les valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface s'écartent modérément de celles normalement associées à ce type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées. Les valeurs montrent des signes modérés de distorsion résultant de l'activité humaine et sont sensiblement plus perturbées que dans des conditions de bonne qualité.  |
| <b>ETAT MEDIOCRE</b>   | Les eaux montrant des signes d'altérations importantes des valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface et dans lesquelles les communautés biologiques pertinentes s'écartent sensiblement de celles normalement associées au type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées sont classées comme médiocres.   |
| <b>ETAT MAUVAIS</b>  | Les eaux montrant des signes d'altérations graves des valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface et dans lesquelles font défaut des parties importantes des communautés biologiques pertinentes, normalement associées au type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées, sont classées comme mauvaises.  |

Figure 2.1 : Définition des classes d'état écologique pour les eaux de surface selon l'arrêté du 27 juillet 2015 pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement en France.

Les suivis ont pour objectif de déterminer l'écart entre les situations actuelle et originelle, non influencée par les activités humaines. Si cet écart est nul ou faible, le très bon ou le bon état écologique est considéré comme respecté. Si la différence est importante en revanche des actions d'amélioration seront à entreprendre.

*Définition de la situation originelle*

Il convient donc, dans le cadre d'un diagnostic environnemental, de bien déterminer, d'une part, les potentiels originels de la masse d'eau concernée et de mettre en œuvre, d'autre part, des méthodes d'analyse robustes et reproductibles qui caractérisent d'une manière objective la situation actuelle.

Ainsi, dans la présente étude, nous chercherons à déterminer le plus précisément possible les valeurs de qualité d'eau et de peuplement biologique que le Doubs frontière devait présenter de manière complètement optimale. Enfin, nous nous attacherons à révéler quels types et méthodes de suivi entre la Suisse et la France sont les plus pertinents pour définir l'état de conservation du Doubs.

### 3. Une pléthore de données

#### 3.1. Les suivis actuels :

Actuellement, le Doubs frontière, fait l'objet d'un suivi multiparamétrique de part et d'autre de la frontière (cf. Tableau 3.1 à Tableau 3.3 ). En fonction des paramètres, les suivis interviennent entre douze fois par an jusqu'à une fois tous les 6 ans. Alors que la Suisse ne réalise aucune mesure régulière dans ces domaines, la France suit aussi la morphologie, les mollusques, les oligochètes et le phytoplancton.

*Tous les domaines ne sont pas suivis...*

Tableau 3.1 : La liste des suivis morphologiques réalisés par les deux pays

| Domaine     | Détails                  | France<br>RCS Cours<br>d'eau | France<br>RCO    | France<br>RCO/RCS Plans<br>d'eau     | Suisse<br>Neuchâtel  | Suisse Jura | Suisse<br>OFEV<br>(NAWA) |
|-------------|--------------------------|------------------------------|------------------|--------------------------------------|--|-------------|--------------------------|
| MORPHOLOGIE | Stations concernées      | Morteau, Goumois             | Morteau, Goumois | Lac de Chaillexon                    | Diagnostic écomorphologique réalisé mais pas de suivis réguliers |             |                          |
|             | Fréquence de prélèvement | 1 / plan de gestion (6 ans)  | Idem RCS         | 2 / plan de gestion (tous les 6 ans) |  |             |                          |
|             | Maître d'ouvrage         | ONEMA                        | Idem RCS         | Agence de l'Eau                      |  |             |                          |
|             | Méthode                  | Protocole Carhyce            | Idem RCS         | Lake habitat survey                  |  |             |                          |

Tableau 3.2 : La liste des suivis physico-chimiques et de micropolluants réalisés par les deux pays

| Domaine                                  | Détails                     | France<br>RCS Cours<br>d'eau  | France<br>RCO    | France<br>RCO/RCS Plans<br>d'eau   | Suisse<br>Neuchâtel   | Suisse<br>Jura   | Suisse<br>OFEV<br>(NAWA)  |
|--|-----------------------------|---|------------------|--|---|--|---|
| PHYSICO-CHEMIE DE BASE & MACRO-POLLUANTS | Stations concernées         | Morteau, Goumois  | Morteau, Goumois | Lac de Chaillexon  | 2 stations principales sur le Doubs (Clos-Rondot, aval Refrain) + 12 stations secondaires sur le Doubs et affluents (Rançonnière, Bied du Locle, Ronde)                             | Ocourt   | Ocourt  |
|  | Fréquence de prélèvement    | 6/ an   | Idem RCS         | 4 /an  | 10/an tous les ans pour stations principales - 10/an tous les 6 ans pour stations secondaires   | prélèvement en continu, paramètres pH, T°, cond., turb, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , O <sub>2</sub> , K  | 12/an   |
|  | Maître d'ouvrage            | Agence de l'Eau   | Idem RCS         | Agence de l'Eau  | Canton de Neuchâtel   | Canton du Jura   | Canton du Jura  |
|  | Méthode /paramètres mesurés | T°, pH, O <sub>2</sub> dissous, O <sub>2</sub> sat, DBO <sub>5</sub> , COD, PO <sub>4</sub> , P total, NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> dans l'eau | Idem RCS         | PO <sub>4</sub> , Ptot, NH <sub>4</sub> , NKJ, NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , COT sur eau et sédiments, chlorophylle et phéopigments, Ca, Na, Mg, K, dureté, SO <sub>4</sub> , Cl, HCO <sub>3</sub> sur eau + orthophosphates, Ptot, NH <sub>4</sub> sur eau interstitielle | T°, pH, O <sub>2</sub> dissous, O <sub>2</sub> sat, conductivité, NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , orthophosphates, Ptot dans l'eau - prélèvements instantanés | T°, pH, O <sub>2</sub> dissous, O <sub>2</sub> sat, conductivité, NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , orthophosphates, Ptot dans l'eau - parfois bactériologique (entérocoques, E.coli...) | T° (suivi en continu), pH, O <sub>2</sub> dissous, O <sub>2</sub> sat, conductivité, NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , orthophosphates, Ptot dans l'eau |

| Domaine         | Détails                     | France<br>RCS Cours<br>d'eau   | France<br>RCO    | France<br>RCO/RCS Plans<br>d'eau                         | Suisse<br>Neuchâtel  | Suisse<br>Jura  | Suisse<br>OFEV<br>(NAWA)                   |
|-----------------|-----------------------------|--|------------------|--|--|---|--|
| MICRO-POLLUANTS | Stations concernées         | Morteau, Goumois   | Morteau, Goumois | Lac de Chaillexon  | 2 stations principales sur le Doubs (Clos-Rondot, aval Refrain) + 12 stations secondaires sur le Doubs et affluents (Raçonnière, Bied du Locle, Ronde) | Ocourt  | Ocourt                                     |
|                 | Fréquence de prélèvement    | Tous les 3 ans - Subst. prioritaires (état chimique) : 12/an eau, 1/an sédiments / autres substances (état écologique) : 4/an eau, 1/an sédiments (tous les 3 ans sur 25% des sites) | Idem RCS         | 1/plan de gestion - 4 / an sur eau, 1 / an sur sédiments | 1 à 5/an pour pesticides au niveau des 2 stations principales du Doubs - tous les 6 ans pour les 12 autres stations                                    | 2/an pour pesticides, 1/an pour autres paramètres   | A définir (méthode en cours d'élaboration) |
|                 | Maître d'ouvrage            | Agence de l'Eau  | Idem RCS         | Agence de l'Eau  | Canton de Neuchâtel  | Canton du Jura  |  |
|                 | Méthode /paramètres mesurés | Métaux dans eau et sédiments : Sb, Ag, As, Ba, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn - pesticides dans l'eau et sur sédiments - HAP/PCB sur sédiments   | Idem RCS         | Métaux + autres micropolluants sur sédiments             | Pesticides dans l'eau  | Métaux dissous, Métaux sur bryophytes, pesticides chlorés et PCB sur bryophytes, pesticides, HAP sur eaux | A définir (méthode en cours d'élaboration) |

Tableau 3.3 : La liste des suivis biologiques réalisés par les deux pays

| Domaine                      | Détails                  | France<br>RCS Cours<br>d'eau                 | France<br>RCO                                | France<br>RCO/RCS Plans<br>d'eau   | Suisse<br>Neuchâtel   | Suisse Jura  | Suisse<br>OFEV<br>(NAWA)                      |
|------------------------------|--------------------------|--|--|------------------------------------|---|--|---|
| POISSONS                     | Stations concernées      | Morteau, Goumois                             | Morteau, Goumois                             | Lac de Chaillexon                  |   | Les Rosées, St-Ursanne, Ocourt   | Ocourt  |
|                              | Fréquence de prélèvement | Tous les 2 ans                               | Idem RCS                                     | 1/plan de gestion (tous les 6 ans) |   | Tous les 8-10 ans  | Tous les 4 ans                                |
|                              | Maître d'ouvrage         | ONEMA  | Idem RCS                                     | ONEMA                              |   | Canton du Jura - ENV   | Canton du Jura                                |
|                              | Méthode de prélèvement   | Pêches électriques DCE                       |  | Pêches au filet                    |   | Pêches électriques par passages successifs   | Pêches électriques                            |
|                              | Méthode d'évaluation     | Indice poissons rivière (NF T90-344)         | Idem RCS                                     |                                    |   | De Lury  | Module "poissons" du Système Modulaire Gradué |
| MACRO-INVERTÉBRÉS BENTHIQUES | Stations concernées      | Morteau, Goumois                             | Morteau, Goumois                             |                                    | 12 stations sur le Doubs (Saut-du-Doubs, la Rasse, pont de Biaufond) et affluents (Raçonnière, Bied du Locle, Ronde...) | 7 stations principales (Refrain aval, Theusseret, Bief de Vautenaivre, Clairbief, St-Ursanne amont et aval, Ocourt) ; 3 stations secondaires (St-Brais, Malrang amont et aval) | Ocourt  |
|                              | Fréquence de prélèvement | 1/an   | Idem RCS                                     |                                    | 10/an tous les 6 ans  | Stations principales : tous les 2 ans; stations secondaires : tous les 4 ans   | Tous les 4 ans                                |
|                              | Maître d'ouvrage         | Agence de l'Eau / DREAL                      | Idem RCS                                     |                                    | Canton de Neuchâtel   | Canton du Jura - ENV   | Confédération ou canton du Jura               |
|                              | Méthode de prélèvement   | Surber 1/20 <sup>ème</sup> de m <sup>2</sup> | Surber 1/20 <sup>ème</sup> de m <sup>2</sup> |                                    | Haveneau Kick sampling  | Haveneau Kick sampling   | Haveneau Kick sampling                        |
|                              | Méthode                  | IBGN DCE (normes XP T90-333 et XP T90-388)   | Idem RCS                                     |                                    | IBCH  | IBCH   | Module "poissons" du Système Modulaire Gradué |

| Domaine                      | Détails                  | France<br>RCS Cours<br>d'eau    | France<br>RCO    | France<br>RCO/RCS Plans<br>d'eau    | Suisse<br>Neuchâtel | Suisse Jura | Suisse<br>OFEV<br>(NAWA)        |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------|---------------------------------|
| MOLLUSQUES OU<br>OLIGOCHETES | Stations concernées      |                                 |                  | Lac de Chaillexon                   |                     |             |                                 |
|                              | Fréquence de prélèvement |                                 |                  | 1/plan de gestion (tous les 6 ans)  |                     |             |                                 |
|                              | Maître d'ouvrage         |                                 |                  | Agence de l'Eau                     |                     |             |                                 |
|                              | Méthode de prélèvement   |                                 |                  | Benne à sédiments                   |                     |             |                                 |
|                              | Méthode d'évaluation     |                                 |                  | Indice IOBL / indice IMOL           |                     |             |                                 |
| PHYTO-PLANCTON               | Stations concernées      | Morteau, Goumois                | Morteau, Goumois | Lac de Chaillexon                   |                     |             |                                 |
|                              | Fréquence de prélèvement | 4/ an                           | Idem RCS         | 4/an                                |                     |             |                                 |
|                              | Maître d'ouvrage         | DREAL                           | Idem RCS         | Agence de l'Eau                     |                     |             |                                 |
|                              | Méthode                  | Concentration en chlorophylle a | Idem RCS         | Standard CEMAGREF                   |                     |             |                                 |
| DIATOMÉES                    | Stations concernées      | Morteau, Goumois                | Morteau, Goumois |                                     | 10 stations         |             | Ocourt                          |
|                              | Fréquence de prélèvement | 1/ an                           | Idem RCS         |                                     | 1/an                |             | Tous les 4 ans                  |
|                              | Maître d'ouvrage         | Agence de l'Eau                 | Idem RCS         |                                     | Canton de Neuchâtel |             | Confédération ou canton du Jura |
|                              | Méthode                  | IBD (norme NF T90-354)          | Idem RCS         |                                     |                     |             |                                 |
| MACROPHYTES                  | Stations concernées      | Morteau, Goumois                | Morteau, Goumois | Lac de Chaillexon                   | 10 stations         |             | Ocourt                          |
|                              | Fréquence de prélèvement | 1/ an                           | Idem RCS         | 1 /plan de gestion (tous les 6 ans) | 1/an                |             | Tous les 4 ans                  |
|                              | Maître d'ouvrage         | Agence de l'Eau                 | Idem RCS         | Agence de l'Eau                     | Canton de Neuchâtel |             | Confédération ou canton du Jura |
|                              | Méthode                  | IBMR (norme NF T90-395)         | Idem RCS         | Standard CEMAGREF                   |                     |             |                                 |



### 3.2. Les données historiques :

Dans un objectif d'améliorer la robustesse statistique de l'analyse, de permettre des comparaisons localement observées dans un rayon proche et de disposer d'une base de données régionale la plus exhaustive possible, la recherche de données historiques a été étendue de de la source du Doubs jusqu'à Montbéliard ainsi que sur les rivières Drugeon, Dessoubre, Allaine, Gland et autres petits affluents du secteur.

#### Pour la physico-chimie :

Les données de l'Agence de l'eau (France), du Canton de Neuchâtel (Suisse) ont été associées à la base de données du Canton du Jura (Suisse). Une vingtaine de stations réparties entre Morteau (France) et Ocourt (Suisse) ont été échantillonnées entre 1980 et nos jours par 284 campagnes de mesures.

*Des données physico-chimiques depuis 1980*

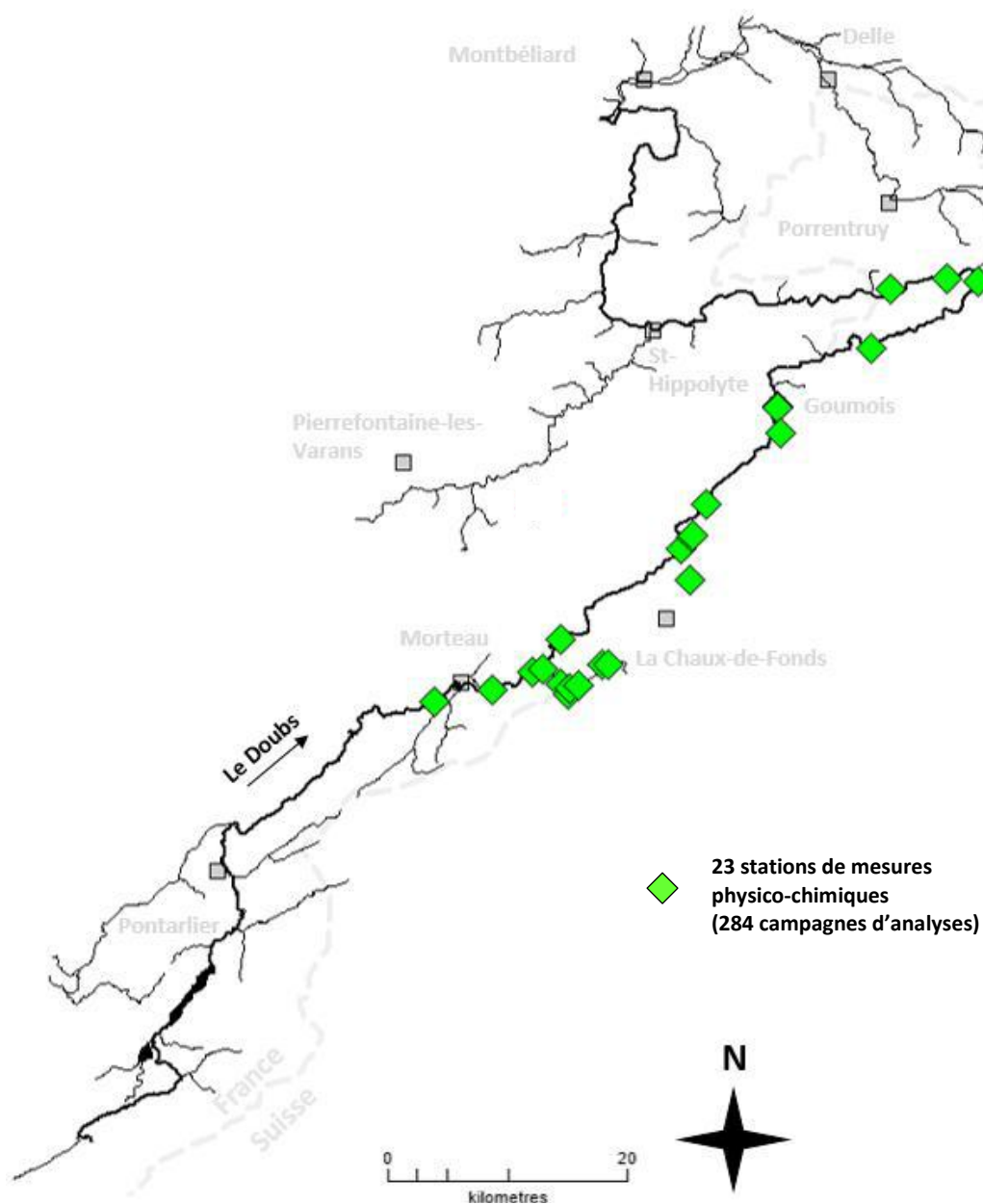


Figure 3.1 : Positionnement des stations d'analyses physico-chimiques.

### Pour le macrobenthos :

Les données du Canton de Neuchâtel et du Jura ont été associées aux données historiques numérisées pour l'occasion par l'OFEV et à la base de données interne de Teleos. Les données DREAL récentes n'ont pas pu être intégrées par faute de compatibilité. Au total, 306 échantillons prélevés entre 1975 et 2013 représentant plus de 2,3 millions d'individus triés et déterminés à la famille ou au genre constituent la base de données.

Des données macro-  
benthiques depuis 1975

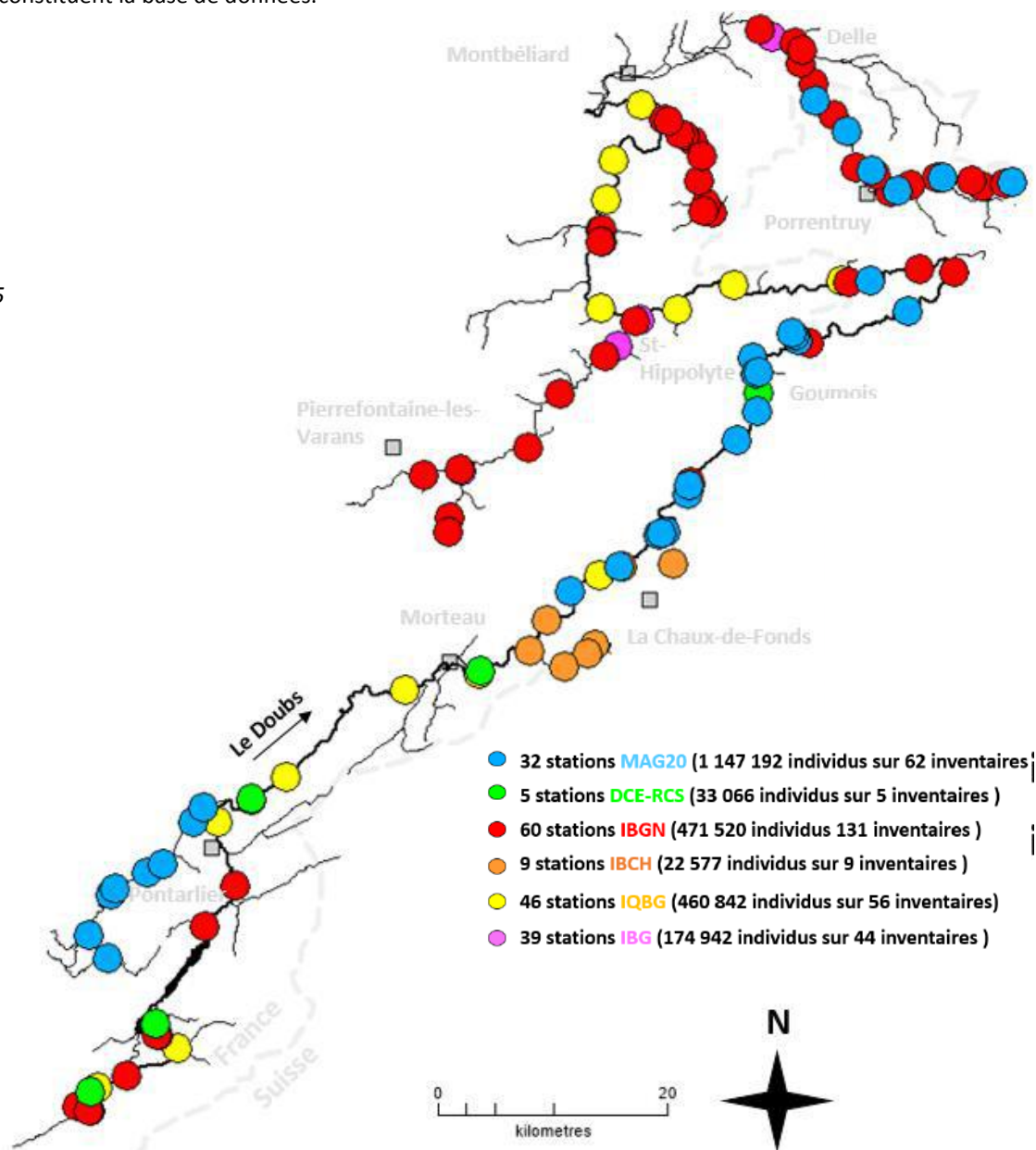


Figure 3.2 : Positionnement des stations « macrobenthos » réparties sur le Doubs, Drugeon, Dessoubre, Allaine, Gland et autres petits affluents.

### Pour le poisson :

Les données de l'ONEMA, de la Fédération de pêche du Doubs, du Canton du Jura et de Neuchâtel ont été associées. Au total, de 1994 à 2015, 179 inventaires exhaustifs et 55 inventaires semi-quantitatifs ont été réalisés. A noter que des données de 1985 ont été retrouvées et pourraient être intégrées.

Des données poissons  
depuis 1994

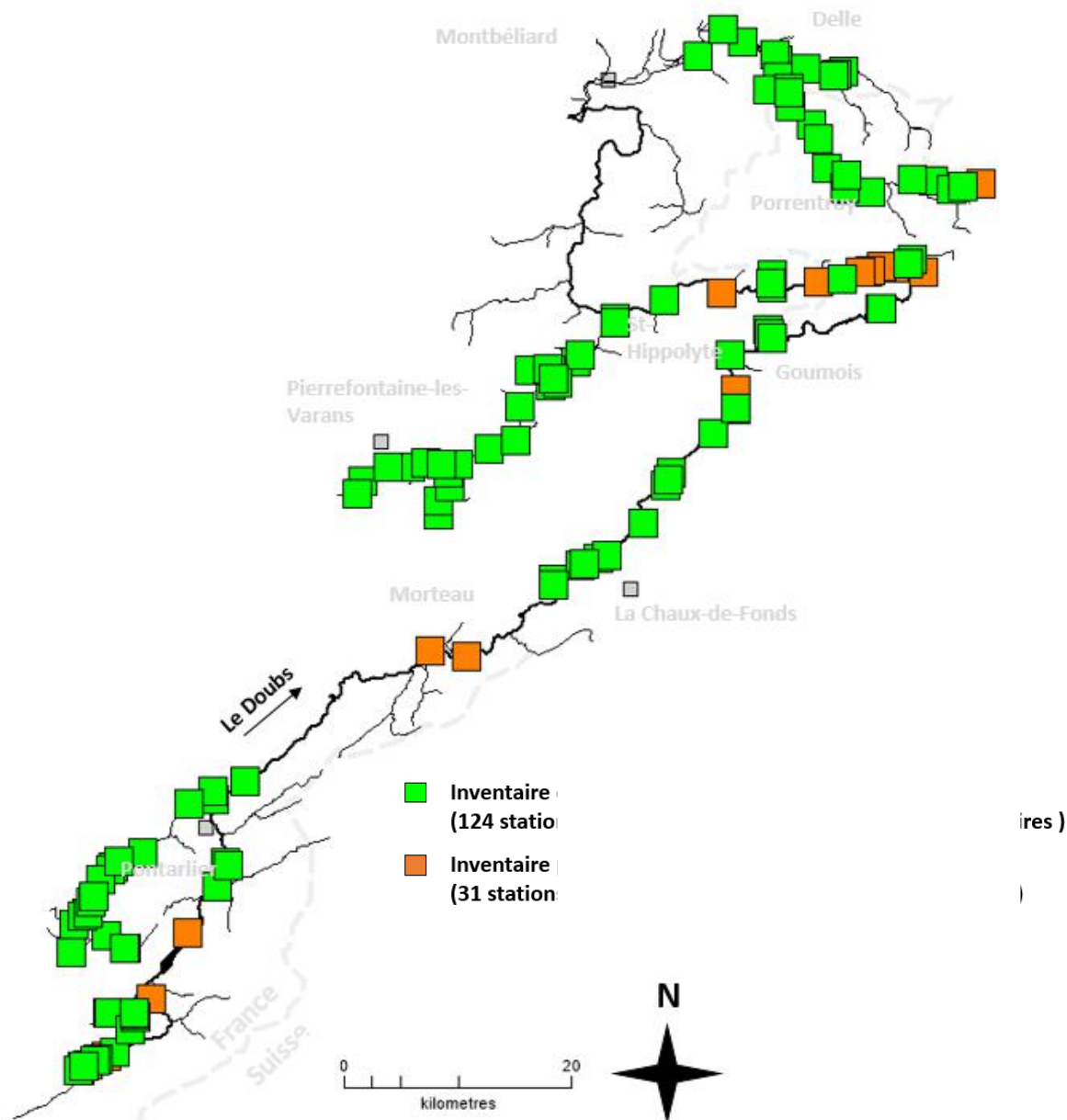


Figure 3.3 : Positionnement des stations d'inventaire par pêche électrique de la faune piscicole réparties sur le Doubs, Drugeon, Dessoubre, Allan/Allaine, Gland et autres petits affluents.

### Pour les autres paramètres :

La mise en commun des données de morphologie, mollusques, oligochètes, diatomées, végétation, température, qualité des sédiments, etc. n'est pas possible en l'état. Leurs formats (papier, pdf, tableau synthétique) et leurs récurrences sont trop disparates. Un travail conséquent de mise en forme et de numérisation serait nécessaire pour les valoriser.

### 3.3. Les données exploitables :

Au final, parmi les nombreuses informations disponibles, une poignée seulement est exploitable. En effet, seules les données sur la qualité physico-chimique, benthique et pisciaire sont en format compatible ou ont été pour l'occasion bancarisées pour permettre une analyse comparée, robuste et pertinente (cf. Tableau 3.4). Ce n'est toutefois pas le cas des plans d'eau de Moron et de Chaillexon. Ainsi, seules les stations « eaux courantes » possèdent suffisamment de recul pour être analysées.

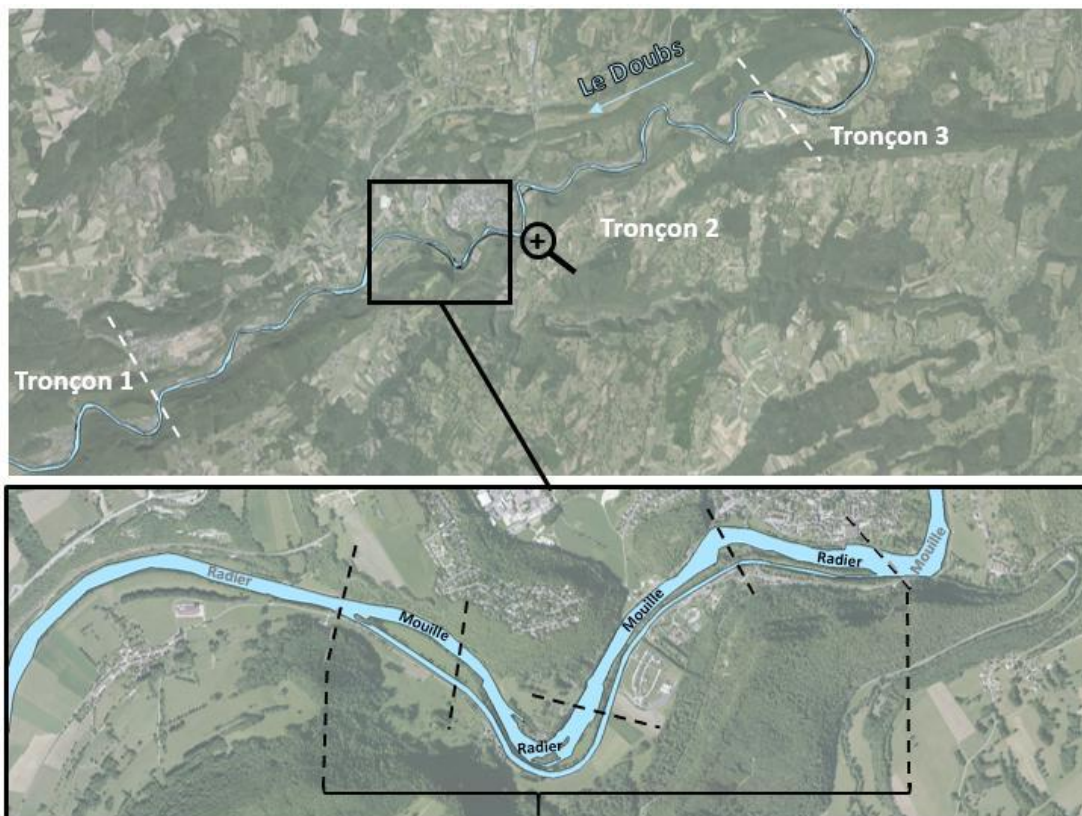
Tableau 3.4 : Tableau de synthèse des données exploitables à l'heure actuelle.

| Domaine  | Années disponibles  | Etat des données  | Qualité               | Remarques   |
|--|---|---|-----------------------|---|
| <i>Données exploitables : physico-chimie, macroinvertébrés et poissons</i> | 2012 et suivantes   | France : Agence de l'eau Données bonnes exploitables jusqu'en 2013  | Données suffisantes   | Il serait utile d'intégrer les données du Canton du Jura de 2009 à 2012 |
|  | Depuis 1980   | Canton du Jura : Données bonnes exploitables jusqu'en 2009 (après 2009 : non bancarisées)                                     |                       |   |
|  | 2012  | Canton de Neuchâtel : Données inexploitable mises en forme par Teleos   |                       |   |
|  |   |   |                       |   |
| <b>POISSONS</b>  | Depuis 1996   | France : ONEMA , FEDE25, données bonnes exploitables  | Données suffisantes   |   |
| Depuis 1998  | Canton du Jura : Données Bonnes exploitables                        |   |                       |   |
| 2011   | Canton de Neuchâtel : Données exploitables mais de mauvaise qualité |   |                       |   |
|  | Depuis 1985   | Interne Teleos, données bonnes exploitables   |                       |   |
| <b>BENTHOS</b>   | 2012 et suivantes   | France : DREAL, Données inexploitable car non BDD, année la plus récente des 3 stations mise en forme par Teleos              | Données suffisantes   |   |
|  | 2012 et suivantes   | Canton de Neuchâtel : Données inexploitable car non bancarisée, année la plus récente des 3 stations mise en forme par Teleos |                       |   |
|  | 2012 et suivantes   | Canton du Jura : Données inexploitable car non BDD, année la plus récente des 3 stations mise en forme par Teleos             |                       |   |
|  | Depuis 1975<br>Depuis 2000  | Données historiques mise en BD par l'OFEV + interne Teleos, données bonnes exploitables                                       |                       |   |
| <b>Autres paramètres</b>   | Les données les plus récentes                                       | En général, format incompatible à une base de données & données souvent isolées ...   | Données insuffisantes | Il serait utile de proposer un format base de données commun            |



## 4. Un choix cornélien de stations

Selon Degiorgi & Raymond (2000), les cours d'eau doivent être étudiés en distinguant plusieurs unités de travail emboîtées. Tout d'abord, la rivière est à découper en grandes unités homogènes, nommés secteurs ou tronçons fonctionnels, où la pente, le débit, la nature géologique de l'encaissement, l'usage et la couverture végétale du bassin versant restent globalement similaires.



1 station d'inventaire = 1 à 2 séquences de faciès soit 10 à 20 fois la largeur du cours d'eau

Choix de station doit être représentatif !

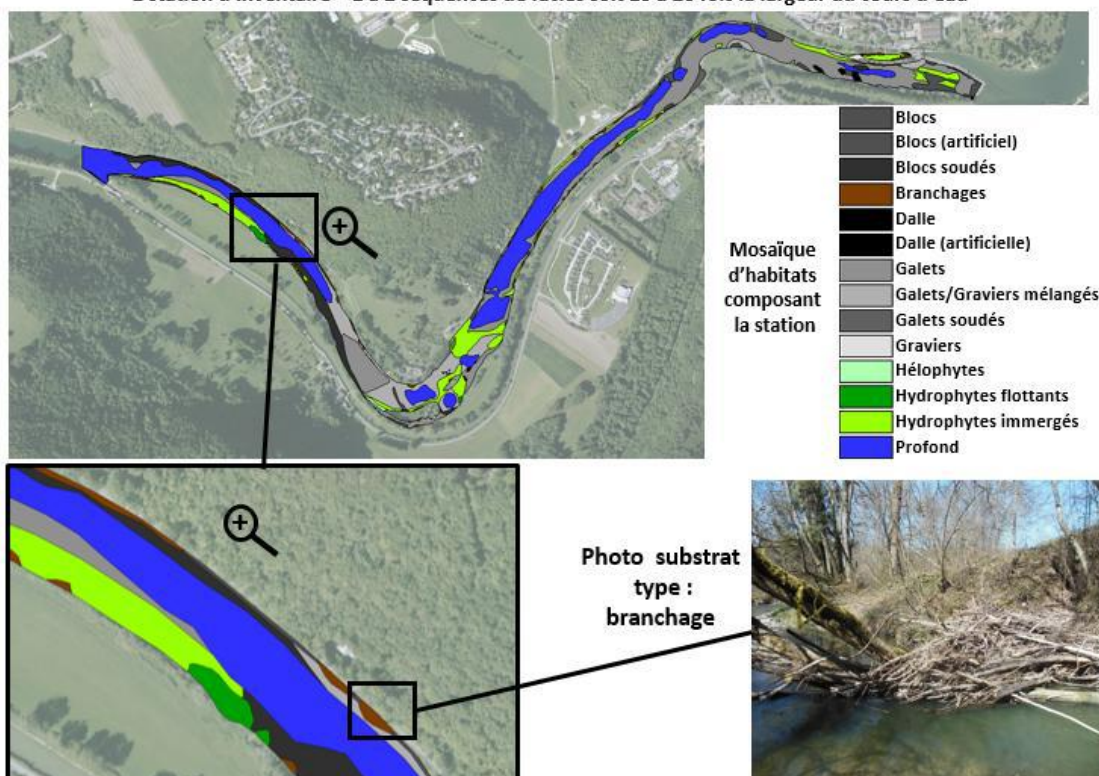


Figure 4.1 : Illustration des échelles de travail emboîtées en cours d'eau.

Au sein de chaque tronçon fonctionnel, les conditions énergétiques de l'hydrodynamique fluviale conditionnent une série répétitive d'unités morphologiques appelées « faciès », dont la succession mouille/radier/plat est la plus connue. Un faciès définit donc une surface en eau au sein de laquelle les vitesses maximales de courant et la hauteur d'eau sont homogènes ou du moins marquent des tendances uniformes (Degiorgi & Raymond, 2000).

Chaque tronçon fonctionnel possède sa succession de faciès type, parmi laquelle l'ensemble des habitats d'eau courante non ultra minoritaires peut être rencontré. Une séquence de faciès type est donc, d'un point de vue morphologique et habitationnel, représentative d'un tronçon fonctionnel de cours d'eau. C'est pourquoi, cette succession est utilisée pour délimiter les stations de mesures biologiques. En effet, la plupart des normes pour le suivi de qualité des cours d'eau (DCE ou SMG) recommandent d'utiliser au minimum une séquence caractéristique de faciès pour borner les stations de mesure.

*Longueur station =  
10 à 20 X la largeur*

En respectant ces principes, il se révèle qu'en pratique la longueur de la station représente entre 10 et 20 fois la largeur moyenne du lit mineur du cours d'eau (ONEMA 2008). En général, plus le cours d'eau est large plus la station est longue et se rapproche du facteur de 10 fois la largeur du lit mineur.

Enfin, en fonction de l'objectif du suivi, le choix du nombre et le positionnement des stations peuvent également être influencés par la présence de sources potentielles de pollution, d'obstacles infranchissables, de barrages hydroélectriques ou tout autre facteur susceptible d'influencer l'état de conservation des édifices biologiques. A ce titre, le module poisson suisse (SMG Poissons) préconise de placer 3 à 5 stations pour 10 km de linéaire de rivière.

Pour rappel, selon les recommandations françaises (Agence de l'eau 2006), une station d'étude est un volume de rivière sur lequel sont effectuées des prélèvements et des mesures en vue de connaître la qualité du cours d'eau à cet endroit.

Appliqués aux 80 km de Doubs frontière entre Morteau et la sortie de la Boucle suisse, ces principes devraient engager à placer plus d'une vingtaine de stations d'analyses. Néanmoins, la largeur du cours d'eau supérieure à 40 m sur la partie basale implique un investissement conséquent qui incite à réduire ce nombre de stations de suivi.

Le Doubs sur ce linéaire est composé d'une succession d'eaux calmes et d'eaux courantes, soit de :

- deux lacs naturels (Chaillexon et Amont Rasse, Periat et al 2014) ;
- quatre retenues artificielles exploitées pour l'énergie hydraulique (Châtelot, Refrain, Goule, St-Ursanne) ;
- cinq retenues artificielles non exploitées
- 53 kilomètres d'eau courante influencés par un régime d'éclusées lié à l'exploitation hydroélectrique.

Les rejets de sept agglomérations d'importance se succèdent le long du linéaire. Aucun affluent d'envergure ne conflue sur ce secteur. En revanche, des petits tributaires et des résurgences karstiques alimentent le débit d'étiage moyen (NM7Q) du cours d'eau qui passe de 2,3 m<sup>3</sup>/s à l'entrée du système à 5,5 m<sup>3</sup>/s à la sortie (données OFEV).

Compte tenu de cette structure hydrologique complexe et des pressions anthropiques successives, il serait judicieux d'adopter la maille de mesures suivante :

- 1 station sur un des deux lacs naturels : Chaillexon ou Rasse ; géographiquement proches, ces plans d'eau ne nécessitent pas forcément d'être suivis tous les deux ;
- 4 stations sur des retenues artificielles : Châtelot, Refrain, Theusseret ou la Goule, Bellefontaine ; en étiage, les barrages transforment près du quart du linéaire du Doubs frontière en eau stagnante et leur impact mériterait donc d'être étudié en détail ;
- 6 stations sur les eaux courantes : Morteau, Châtelot aval, Refrain aval, Theusseret aval, Amont Saint-Ursanne, Ocourt. Leur répartition devrait tenir compte des sources de pollution les plus importantes.

*Un total minimal de  
11 stations de suivi à  
mettre en place*

En résumé, onze stations sont donc à *minima* nécessaires pour caractériser l'état de conservation de cette masse d'eau (cf. Figure 4.2).

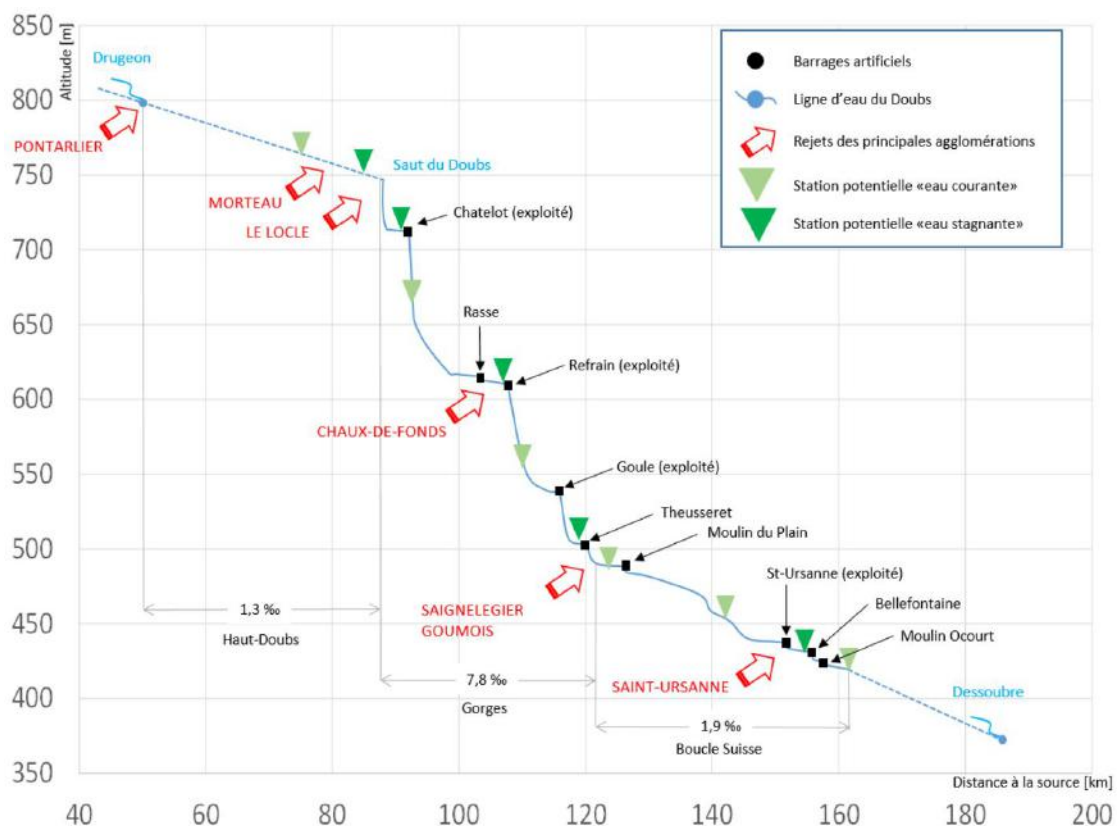
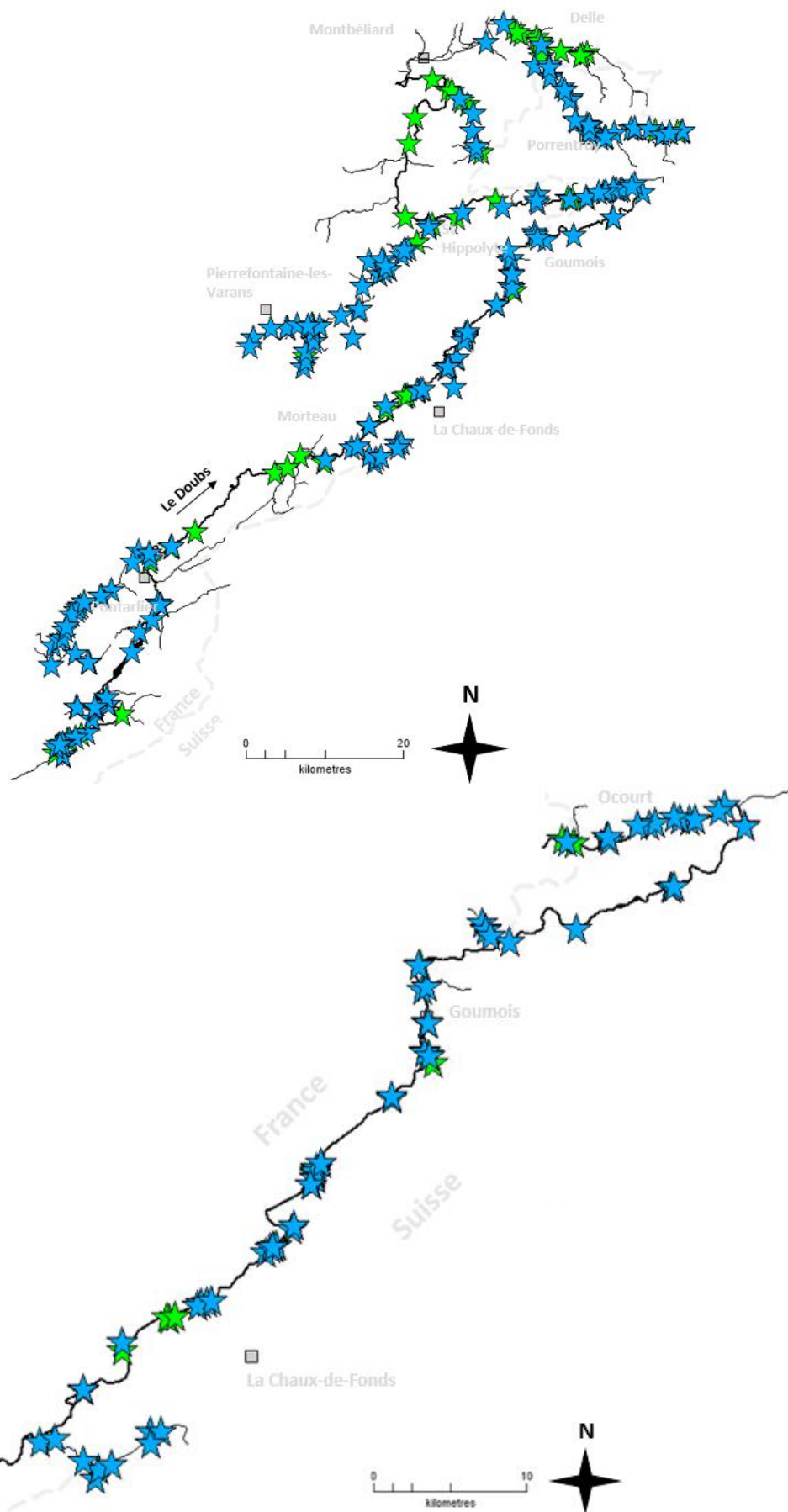


Figure 4.2 : Profil en long du Doubs Frontière et positionnement proposé pour les stations de suivi nécessaires à la caractérisation de l'état de conservation de cette masse d'eau.

Dans la réalité, de nombreuses stations ont été au fil du temps utilisées pour les prélèvements physico-chimiques, benthiques et piscicoles. Leur densité et leur répartition recouvrent bien les exigences des deux pays en matière de suivi écologique des eaux courantes (cf. Figure 4.3)



*Un total innombrable de stations historiques*

Figure 4.3 : Carte présentant les sites de suivis du Doubs frontière (depuis 2000 en bleu, avant 2000 en vert)



En revanche, les sept stations suivies de manière régulière ces dernières années (cf. Figure 4.4) ne couvrent à notre avis pas suffisamment les différentes problématiques du Doubs Frontière et ne respectent donc pas les standards internationaux recommandés.

Un choix récent de 7 stations de suivi

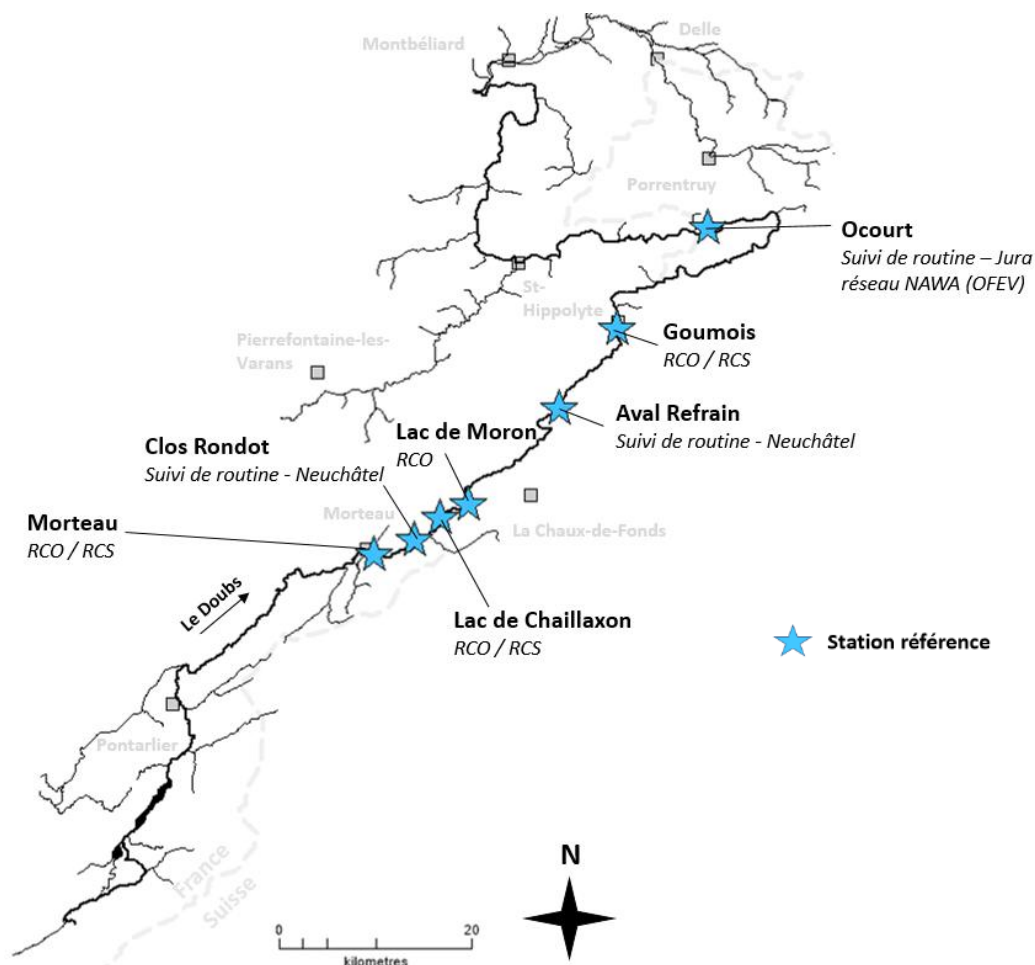


Figure 4.4 : Carte présentant les 7 sites de suivis du Doubs frontière retenus récemment par le groupe binational

## 5. Une saison cruciale pour le prélèvement

Les périodes de prospection doivent être déterminées en fonction des objectifs. Or, le dessin des programmes de suivi est, pour rappel, de déterminer l'état de conservation des peuplements ou de la qualité d'eau par rapport à une situation en bon état écologique peu ou pas influencée par l'homme.

Pour les analyses de qualité d'eau, aucune période ne devrait être privilégiée. En effet, c'est souvent lors des crues que les transferts de polluants interviennent, notamment hors période végétative. Idéalement, il convient de croiser les saisons et les régimes hydrologiques, de façon à suivre la variation des concentrations et des flux en éventuels contaminants, à la fois durant les étiages et les crues, pour les périodes chaudes et les périodes froides.

Toute l'année pour les eaux

En automne pour la biologie

Pour la biocénose en revanche, il convient d'intervenir après les périodes critiques (étiage sévère, température extrême, pic de polluants, purge hydroélectrique, etc...) pour vérifier la survie et l'abondance des espèces indicatrices. Cette stratégie est nécessaire pour comprendre quel tronçon fonctionnel est le mieux préservé, puis pour rechercher les principales causes de perturbation. A contrario, pour des questions de sécurité, de validité et de comparabilité de résultats, les périodes de crues sont à éviter. De plus, il convient d'attendre un minima de 10 jours (IBGN 1992) à un mois (SMG Diatomées 2007), pour prélever en condition de basses eaux stabilisées après une crue d'importance. Enfin, pour les poissons, les principales périodes de reproduction sont à éviter (novembre à juin pour le Doubs).

Compte tenu du régime hydrologique pluvio-nival du Doubs frontière, la fenêtre la plus pertinente pour réaliser des analyses biologiques se situe entre l'été (juillet/août) et l'automne (septembre/octobre). Naturellement, des analyses à d'autres saisons peuvent être réalisées spécifiquement. Néanmoins, au minimum, un prélèvement par an devrait systématiquement être effectué durant ces quatre mois critiques afin de répondre aux objectifs du suivi.

Or le SMG Benthos suisse (2012) préconise un prélèvement au printemps (mars/avril) afin de disposer d'une meilleure vue sur l'ensemble des macroinvertébrés d'une station, ce qui rend les données qui en sont issues difficilement comparables avec celles qui sont produites par les autres méthodes.

L'analyse des données récoltées jusqu'à ce jour montre que la plupart des mesures biologiques ont bien été effectuées durant cette saison critique (Figure 5.1). En effet, d'une année à l'autre, des analyses sont systématiquement effectuées durant les mois de juillet, août, septembre ou/et octobre. En revanche, on peut se demander si les analyses chimiques sont en nombre suffisant durant les périodes de lessivages (mars, mai, juin et surtout novembre) pour prendre en compte les flux des nutriments éventuellement excédentaires.

*Période des  
prélèvements  
historiques  
conforme*

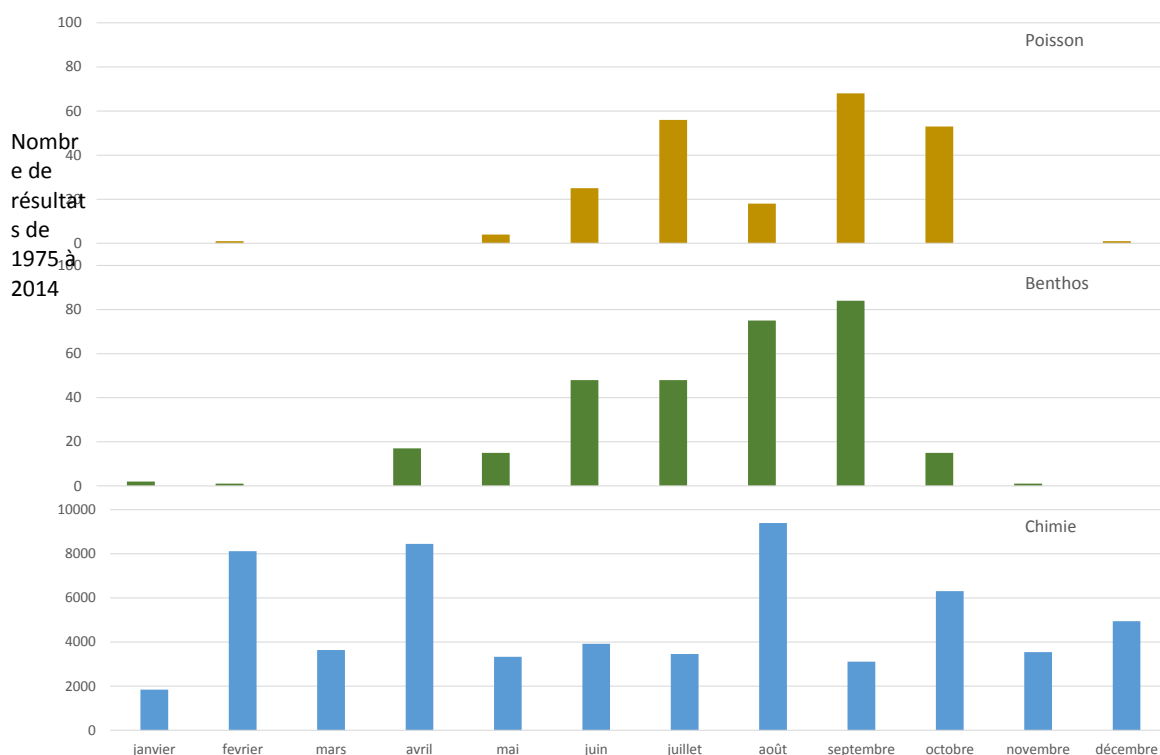


Figure 5.1 : Période de prélèvements des données historiques poisson, benthos, chimie recueillies entre 1975 et 2014.

## 6. Des méthodes parfois divergentes

Au fil du temps, les méthodes de prélèvement ont évolué dans chaque domaine. Une meilleure précision a systématiquement été recherchée.

### 6.1. Pour la physico-chimie :

Les analyses en laboratoire se sont petit à petit étoffées. L'analyse des micropolluants s'est ajoutée à partir des années 90. A titre d'exemple par campagne d'analyse, si 25 paramètres étaient déterminés en 1980, ils dépassent les 140 aujourd'hui (cf. Figure 6.1).

*Des techniques  
d'analyses toujours  
plus performantes*

| Substance analysée                            | Résultats  |            | Unité      | Substance analysée              | Résultats  |            | Unité  | Substance analysée    | Résultats  |            | Unité |
|---|------------|------------|------------|---------------------------------|------------|------------|--------|-----------------------|------------|------------|-------|
|   | 05.08.1980 | 29.07.2007 |            |                                 | 05.08.1980 | 29.07.2007 |        |                       | 05.08.1980 | 29.07.2007 |       |
| Ammonium                                      | 0,050      |            | mg/L NH4+  | Anthracène                      | <          | 10,000     | µg/l   | Indéno (123) Pyrène   | <          | 10,000     | µg/l  |
| Azote exprimé en N                            | 0,039      | 0,016      | mg/L N     | Antimoine                       | <          | 0,500      | µg/l   | Lindane alpha         | <          | 70,000     | µg/kg |
| Chlorure                                      | 3,800      | 4,500      | mg/L       | Argent                          | <          | 0,052      | mg/kg  | Lindane beta          | <          | 70,000     | µg/kg |
| Conductivité à 20°C                           | 345,000    | 387,000    | µS/cm      | Arsenic                         | <          | 1,000      | µg/l   | Lindane gamma         | <          | 70,000     | µg/kg |
| Demande biologique en oxygène                 | 2,100      |            | mg/L O2    | Arsenic                         |            | 2,100      | mg/kg  | Linuron               | <          | 10,000     | µg/l  |
| Dureté carbonatée                             | 21,000     | 22,450     | mVal/l     | Atrazine                        | <          | 10,000     | µg/l   | m+p-Xyloil            | <          | 0,100      | µg/l  |
| Dureté totale                                 | 21,500     | 23,000     | *F         | Benzo (a) Anthracène            | <          | 10,000     | µg/l   | Magnésium             |            | 2,600      | mg/l  |
| E. coli                                       | 1200,000   | 2000,000   | 1/100 ml   | Benzo (a) Pyrène                | <          | 10,000     | µg/l   | Manganèse dissous     |            | 1,700      | µg/l  |
| Entérocoques                                  | 28,000     | 510,000    | 1/100 ml   | Benzo (b) Fluoranthène          | <          | 10,000     | µg/l   | Mercuré dissous       | <          | 0,050      | µg/l  |
| Germes totaux                                 | 160,000    |            | 1/100 ml   | Benzo (ghi) Pérylène            | <          | 10,000     | µg/l   | Métamitron            | <          | 10,000     | µg/l  |
| MES   | 2,000      |            | mg/l       | Benzo (k) Fluoranthène          | <          | 10,000     | µg/l   | Météo                 |            | pluie      |       |
| Nitrate exprimé en N                          | 0,700      | 1,400      | mg/L N     | Benzol                          | <          | 0,100      | µg/l   | Metolachlore          | <          | 10,000     | µg/l  |
| Nitrite exprimé en N                          | 0,003      | 0,002      | mg/L N     | Beryllium                       | <          | 0,100      | µg/l   | Métrubazine           | <          | 10,000     | µg/l  |
| Ortho - Phosphate                             | 0,070      | 0,012      | mg/L PO43- | Cadmium                         |            | 0,300      | mg/kg  | Molybdène dissous     | <          | 5,000      | µg/l  |
| Oxygène dissous                               | 9,500      | 9,040      | mg/L O2    | Cadmium dissous                 | <          | 0,100      | µg/l   | Monolinuron           | <          | 10,000     | µg/l  |
| pH  | 8,390      | 8,170      | pH         | Calcium                         |            | 88,000     | mg/L   | MTBE                  | <          | 0,100      | µg/l  |
| Phosphore total non filtré                    | 0,065      | 0,022      | mg/L P     | Carbone organique dissous (COD) |            | 1,400      | mg/L C | Naphtalène            | <          | 10,000     | µg/l  |
| Phosphore total PO4                           | 0,200      |            | mg/L PO43- | Chlorobromuron                  | <          | 10,000     | µg/l   | n-Dekane              | <          | 0,100      | µg/l  |
| Potassium                                     | 1,300      | 1,100      | mg/l       | Chlordane (cis)                 | <          | 70,000     | µg/kg  | n-Heptane             | <          | 0,100      | µg/l  |
| Potassium permanganate                        | 13,000     |            | mg/L       | Chlordane trans                 | <          | 70,000     | µg/kg  | n-Hexane              | <          | 0,100      | µg/l  |
| Silicate                                      | 1,500      |            | mg/l       | Chlortoluron                    | <          | 10,000     | µg/l   | Nickel                |            | 9,300      | mg/kg |
| Sodium  | 1,900      | 2,900      | mg/l       | Chrome                          |            | 0,500      | µg/l   | Nickel dissous        |            | 3,500      | µg/l  |
| Sulfates                                      | 7,800      | 5,100      | mg/L SO4   | Chrome                          |            | 9,800      | mg/kg  | n-Nonane              | <          | 0,100      | µg/l  |
| Taux de saturation en O2 dissous              | 99,000     | 107,800    | %          | Chrysène                        | <          | 10,000     | µg/l   | n-Octane              | <          | 0,100      | µg/l  |
| Température                                   | 17,000     | 14,800     | *C         | Cobalt                          |            | 2,000      | mg/kg  | n-Pentane             | <          | 0,100      | µg/l  |
| Turbidité                                     | 3,000      |            | FTU        | Cobalt dissous                  | <          | 0,500      | µg/l   | o-Xyloil              | <          | 0,100      | µg/l  |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Heptachlorobiphenyl (189) | <          | 15,000     | µg/kg      | Cuivre                          |            | 9,000      | mg/kg  | PAK total             | <          | 10,000     | µg/l  |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Hexachlorobiphenyl (156)  | <          | 15,000     | µg/kg      | Cuivre dissous                  |            | 1,000      | µg/l   | Phénanthrène          | <          | 10,000     | µg/l  |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Hexachlorobiphenyl (157)  | <          | 15,000     | µg/kg      | Cyanazine                       | <          | 10,000     | µg/l   | Pirimicarbe           | <          | 10,000     | µg/l  |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Pentachlorobiphenyl (105) | <          | 15,000     | µg/kg      | Débit                           |            | 28,200     | m³/s   | Plomb                 |            | 6,900      | mg/kg |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Hexachlorobiphenyl (162)  | <          | 15,000     | µg/kg      | Déséthylatrazine                | <          | 10,000     | µg/l   | Plomb dissous         |            | 0,500      | µg/l  |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Pentachlorobiphenyl (114) | <          | 15,000     | µg/kg      | Désisopropylatrazine            | <          | 10,000     | µg/l   | Procymidone           | <          | 70,000     | µg/kg |
| 2,3',3',4',4',5',5'-Pentachlorobiphenyl (118) | <          | 15,000     | µg/kg      | d-HCH                           | <          | 70,000     | µg/kg  | Propazine             | <          | 10,000     | µg/l  |
| 2',3,4,4',5'-Pentachlorobiphenyl (123)        | <          | 15,000     | µg/kg      | Dibenzo (ah) Anthracène         | <          | 10,000     | µg/l   | Pyrène                | <          | 10,000     | µg/l  |
| 2,4'-DDD                                      | <          | 70,000     | µg/kg      | Dieldrine                       | <          | 70,000     | µg/kg  | Quintozène            | <          | 70,000     | µg/kg |
| 2,4'-DDE                                      | <          | 70,000     | µg/kg      | Diméfurone                      | <          | 10,000     | µg/l   | Sélénium dissous      |            | 0,600      | µg/l  |
| 3,3',3',4',4',5',5'-Hexachlorobiphenyl (169)  | <          | 15,000     | µg/kg      | Diuron                          | <          | 10,000     | µg/l   | Simazine              | <          | 10,000     | µg/l  |
| 3,3',3',4',4',5',5'-Pentachlorobiphenyl (126) | <          | 15,000     | µg/kg      | Endosulfan alpha                | <          | 70,000     | µg/kg  | Tension superficielle |            | 73,000     | mN/m  |
| 3,3',3',4',4',5',5'-Pentachlorobiphenyl (77)  | <          | 15,000     | µg/kg      | Endosulfan beta                 | <          | 70,000     | µg/kg  | Terbutryne            | <          | 10,000     | µg/l  |
| 3,4,4',5'-Tetrachlorobiphenyl (81)            | <          | 15,000     | µg/kg      | Endosulfan sulfate              | <          | 70,000     | µg/kg  | Terbutylazine         | <          | 10,000     | µg/l  |
| 4,4'-DDD                                      | <          | 70,000     | µg/kg      | Endrine                         | <          | 70,000     | µg/kg  | Thallium dissous      | <          | 0,500      | µg/l  |
| 4,4'-DDE                                      | <          | 70,000     | µg/kg      | ETBE                            | <          | 0,100      | µg/l   | Toluol                | <          | 0,100      | µg/l  |
| Acénaphthène                                  | <          | 10,000     | µg/l       | Ethylbenzol                     | <          | 0,100      | µg/l   | Vanadium dissous      |            | 1,200      | µg/l  |
| Aclofenfen                                    | <          | 10,000     | µg/l       | Fluoranthène                    | <          | 10,000     | µg/l   | Vinclozoline dissous  | <          | 70,000     | µg/kg |
| Alachlore                                     | <          | 10,000     | µg/l       | Fluorène                        | <          | 10,000     | µg/l   | Zinc                  |            | 71,000     | mg/kg |
| Aldrine                                       | <          | 70,000     | µg/kg      | Heptachlore                     | <          | 70,000     | µg/kg  | Zinc dissous          | <          | 5,000      | µg/l  |
| Amethryne                                     | <          | 10,000     | µg/l       | Hexachlorbenzol                 | <          | 70,000     | µg/kg  |                       |            |            |       |

Figure 6.1 : Résultats comparés d'une campagne historique et actuelle sur la station d'Ocourt

En termes de techniques de prélèvements et d'analyses, peu d'évolution et de différences internationales ont pu être relevées. Toutefois, les machines sont toujours plus performantes et les taux de détection toujours plus bas.

### 6.2. Pour le benthos :

Le bassin du Doubs bénéficie, depuis les années 60 grâce, notamment, aux travaux de Jean Verneaux, d'un corpus dense de données sous forme de liste faunistiques. Ces informations sont distribuées dans les archives de la DREAL (ex -DIREN), de l'ONEMA (ex-CSP), de l'Université de Franche-Comté, de la Fédération de pêche, du fond documentaire de Jean-Claude Bouvier, de bureau d'études et/ou d'autres collectivités.

Cependant, parmi le millier de listes faunistiques recensées à ce jour, seules 200 ont pu être sélectionnées en fonction de critères de qualité minimale. Pour pouvoir utiliser et comparer ces données, il fallait en effet qu'elles soient accompagnées d'un plan d'échantillonnage explicite précisant en particulier la surface et le nombre des placettes prélevées, que la détermination soit au moins familiale ou générique, et qu'elles soit produites à partir d'un tri exhaustif des échantillons qui devaient être en outre séparés par substrat.

*200 listes historiques  
triées sur le volet*

In fine, les données retenues se distribuent de part et d'autre de la frontière sur le Doubs et ses affluents (Dugeon, Dessoubre, Allaine, Gland et autres petits tributaires). Elles ont été numérisées par des personnes réalisant leur service civil à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en Suisse. Elles ont ensuite été réunies en une base de données commune avec les résultats récents disponibles (106 listes) et de même précision de chaque côté de la frontière (cf Tableau 3.4).

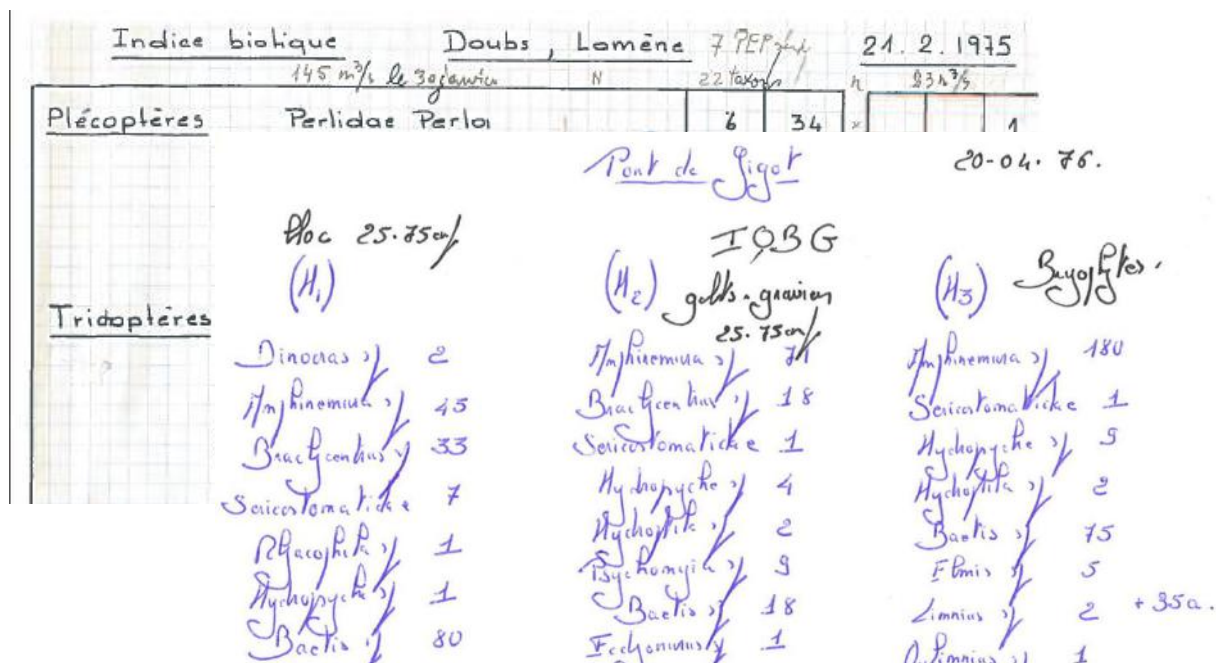


Figure 6.2 : Exemple de listes récupérées dans les archives et numérisées par l'OFEV.

Au final, 306 échantillons prélevés entre 1975 et 2013 représentant plus de 2,3 millions d'individus triés et déterminés à la famille ou au genre constituent la base de données.

Au fil du temps, les protocoles se sont perfectionnés passant de 6 à 20 placettes de prélèvements et d'une détermination semi-quantitative familiale à générique exhaustive pour la plupart des taxons (Tableau 6.1)

Tableau 6.1 : Protocoles d'analyse macro benthique appliqués sur le Doubs frontière au fil des époques.

| Nom protocole | Période d'utilisation | Surface échantillonnée          | Substrat   | Détermination           | Tri                           |
|---------------|-----------------------|---------------------------------|--|-------------------------|-------------------------------|
| lb            | De 1967 à 1976        | 6 x 1/10 m <sup>2</sup> Surber  | 3 lotiques<br>3 lenticues<br>+ indication substrat                                   | Genre + Famille + Ordre | Exhaustif ou cote d'abondance |
| IQBG          | De 1976 à 1982        | 6 X 1/10 m <sup>2</sup> Surber  | repérés par ordre d'habitabilité   | Genre + Famille + Ordre | Exhaustif ou cote d'abondance |
| IBG           | De 1982 à 1992        | 8 X 1/20 m <sup>2</sup> Surber  | repérés par ordre d'habitabilité   | Famille                 | Exhaustif ou cote d'abondance |
| IBGN          | Dès 1992              | 8 X 1/20 m <sup>2</sup> Surber  | repérés par ordre d'habitabilité   | Famille                 | Semi-quantitatif              |
| MAG20         | Dès 1999              | 20 X 1/20 m <sup>2</sup> Surber | proportionnel à la répartition sur la station  | Genre (+Famille)        | exhaustif                     |
| DCE-RCS       | Dès 2009              | 12 X 1/20 m <sup>2</sup> Surber | +/- proportionnel à la répartition sur la station et repéré par ordre d'habitabilité | Genre (+Famille)        | Exhaustif ou semi-exhaustif   |
| IBCH          | Dès 2010              | 8 X Haveneau (Kicknet)          | repérés par ordre d'habitabilité   | Famille                 | Semi-quantitatif              |

Protocoles de prélèvement toujours plus précis

Comme pour la physico-chimie, les techniques se sont affinées et ont été rendue progressivement plus sensibles. Cependant, l'objectif recherché a toujours été d'évaluer la qualité globale stationnelle en quantifiant la variété taxonomique et en détectant la présence de taxons réputés sensibles. La notation utilisée actuellement se calcule de la même manière en France (IBGN) et en Suisse (IBCH) à partir d'un abaque identique. En revanche, les seuils de classes de qualité diffèrent selon les pays (Tableau 6.2).

Tableau 6.2 : Appréciation de la qualité macro benthique comparée à partir des notes IBGN et IBCH (SMG & arrêté du 25 janvier 2010 ou MEDDE 2012).

| Classe d'état benthos | Note IBCH (Suisse) | Note IBGN (France) |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Très Bon              | 17-20              | 14-20              |
| Bon                   | 13-16              | 12-13              |
| Moyen                 | 9-12               | 9-11               |
| Médiocre              | 5-8                | 5-8                |
| Mauvais               | 0-4                | 0-4                |

De plus, à part l'IBCH depuis 2010 (Figure 1.1), l'outil de prélèvement a toujours été le surber dont les dimensions ont toutefois évolué puisqu'il est passé de 1/10<sup>ème</sup> pour l'IB et l'IQBG à 1/20<sup>ème</sup> de m<sup>2</sup> pour les autres méthodes

FIGURE 3 : ÉCHANTILLONNEUR DE TYPE "SURBER"

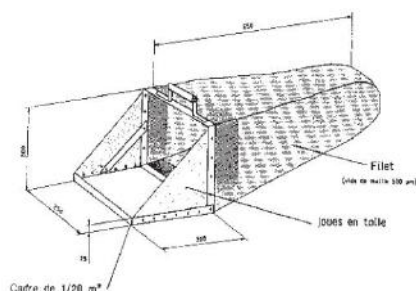
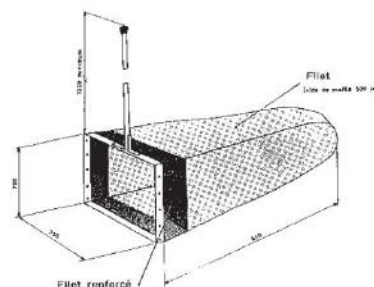


FIGURE 4 : ÉCHANTILLONNEUR DE TYPE "HAVENEAU"



Un changement de technique récent



Prélèvement : nettoyer les pierres (photo de gauche) et agiter le fond sur 5 cm (photo de droite)

Bloc soulevé a), éléments grossiers. Frottés à la main dans le filet b). Travail final avec le pied du substrat sous-jacent c).



Figure 6.3 : Illustration comparée des techniques de prélèvements macro benthiques de chaque côté de la frontière ; à gauche prélèvement au surber suivant la plupart des protocoles, à droite prélèvements au haveneau selon la méthode IBCH (« kick sampling ») ; images issues des divers guides techniques de préconisation nationaux

Il est difficile de savoir si cette différence récente entre les techniques de prélèvements suisse et française influence la richesse taxonomique des échantillons. En revanche, elle interdit toute comparaison des densités d'individus collectés. En effet, si la surface prélevée à l'aide d'un surber (méthode française) est normalisée, celle échantillonnée avec le haveneau (méthode suisse) est fortement dépendante de l'opérateur, de la taille de son pied, de la cohérence des substrats, de la hauteur d'eau... Aussi, ce mode de prélèvement peut abimer certains taxons fragiles, les rendant indéterminables (perte de branchies chez les Éphéméroptères, les Odonates, bris de segments de pattes, ...)

Or, en termes de biologie de conservation, la prise en compte des abondances est importante. En effet, la sauvegarde de la biodiversité ne s'arrête pas au maintien qualitatif des espèces électives d'un écosystème, mais doit aussi préserver le patrimoine génétique présent au sein de chaque population. C'est tout le groupe d'individus d'ascendance commune et se reproduisant isolément qui doit être préservé. Ainsi, le bagage inscrit dans le génome traverse les générations et permet l'adaptation de l'espèce à son environnement et l'enclenchement parfois de processus de spéciation. Un étiolement des populations peut ainsi conduire à des pertes irrémédiables de diversité génétique qui mettent en péril la conservation durable de l'espèce ou l'apparition de nouveaux taxons. Il est donc fondamental de défendre non seulement la richesse spécifique mais également l'abondance de chaque population en place.



L'état de conservation benthique du Doubs devrait donc être déterminé préférentiellement suivant les principes minimum détaillés ci-dessous :

- prélèvement à l'aide de surber (ce qui n'empêche pas de calculer une note IBCH) ;
- tri et un dénombrement exhaustif ;
- détermination systématique de tous les individus suivant les limites taxonomiques possibles (au genre pour les principaux groupes).

Les résultats de ce type d'approche seront donc priorisés pour l'analyse de l'évolution de la qualité du Doubs.

### 6.3. Pour les poissons :

En principe, dans le cadre d'un échantillonnage piscicole, les rivières guéables sont séparées des grands cours non prospectables à pied. Le Doubs frontière est considéré, malgré sa dimension, comme un cours d'eau guéable. C'est-à-dire qu'il est possible de réaliser des inventaires pisciaires exhaustifs par enlèvements successifs à l'aide de la pêche électrique. Comme pour le macrobenthos, la Franche-Comté a été pionnière en matière d'échantillonnage piscicole. Dès 1985, le Doubs frontière a bénéficié d'inventaires exhaustifs de l'ichtyofaune. Le détail de ces précieuses données n'est toutefois pas nécessaire à l'application des techniques suisses et française d'estimation de l'état de conservation des peuplements pisciaires.

En effet, aucune législation ni recommandation n'impose ce protocole d'échantillonnage. En France, l'ONEMA (2008) préconise la pêche par points pour les rivières de plus de 10m de large. En Suisse (SMG poisson 2004), au-delà de 15 m de large, les cours d'eau sont à échantillonner par bande. Dans les deux pays également, un seul passage par inventaire est réputé suffisant pour estimer l'état de conservation du peuplement. Les techniques d'appréciation préconisées pour évaluer la qualité d'un peuplement pisciaire sont similaires de part et d'autre de la frontière. Elles font appel à la notion de référence (peuplement potentiel associé au type du site étudié, en l'absence de perturbation) qui est comparée à la situation observée. D'après ces méthodes, des données semi-quantitatives suffisent à mesurer les déficits. La composition observée des populations de poissons les plus communs et attendus représente la métrique la plus discriminante. Ces indices permettent donc d'estimer et de comparer à l'échelle régionale la valeur d'un peuplement pisciaire à l'aide de données qualitatives d'échantillonnage.

Cependant, similairement à l'IBCH, ces méthodes ne permettent pas de vérifier si les différences observées dans le temps ou d'une station à l'autre résultent de réels changements dans le peuplement. En effet, ces différences peuvent être fortement influencées par la nature, les conditions et le déroulement de l'échantillonnage et non correspondre à des variations de la qualité environnementale.

Les données issues d'une pêche par point et d'une pêche exhaustive sont difficilement comparables (Figure 6.4).

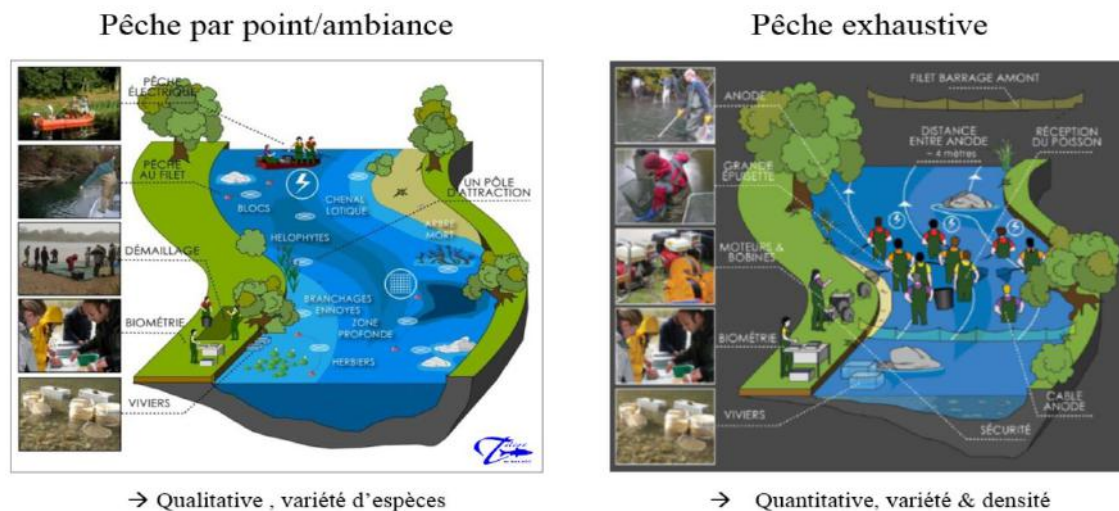


Figure 6.4 : Illustration comparée des techniques d'inventaires pisciaires (dessin Michaël Gogully)

D'une part, sans utilisation complémentaire de filets maillants, certaines espèces de pleine eau (ombre, hotu, toxostome, barbeau, etc...) sont difficilement capturables à l'état adulte à l'aide de la seule pêche électrique par point. Ce constat ressort également des données disponibles sur le Doubs frontière. En effet, en l'absence de zone de blocage, ces espèces fuiront systématiquement à l'approche de l'électrode et n'apparaîtront pas ou peu dans les résultats (Figure 6.5).

*Inventaires exhaustifs et par point demeurent non comparables*

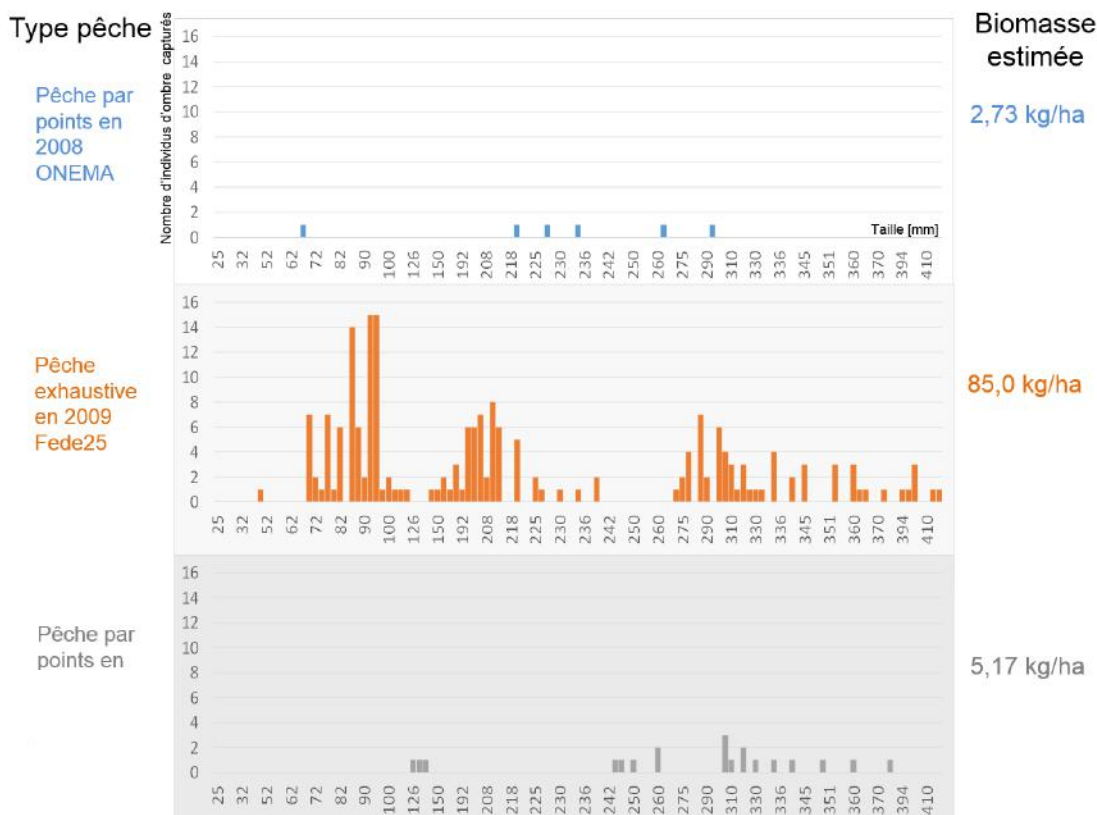


Figure 6.5 : Comparaison de résultats de pêche par points (ONEMA) et exhaustive (Fede25) pour la densité des ombres du Dessoubre à St-Hypolyte. A noter que les longueurs des poissons mesurées sont la longueur totale pour la Fede25 alors que l'ONEMA mesure la longueur du museau à l'intérieur de la fourche de la nageoire caudale.

En revanche, leur capture est possible lors d'un échantillonnage exhaustif par enlèvements successifs d'une station isolée par des filets barrages amont et par un barrage électrique à l'aval. Ainsi, un comparatif des résultats à l'aide de l'IPR ou du Module Poisson suisse révélera une différence d'état de conservation, alors que dans la réalité c'est l'efficacité de la technique d'échantillonnage qui varie.

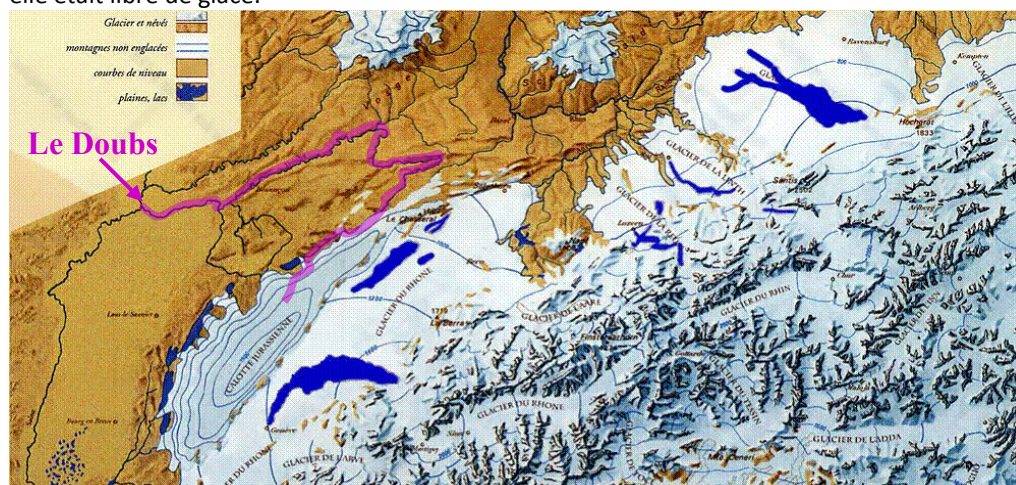
Compte tenu de l'historique remarquable de données d'inventaires exhaustifs sur le Doubs frontière et ses environs, les résultats d'inventaires exhaustifs seront privilégiés dans l'analyse de l'évolution des peuplements de poissons.

## 7. Etat de conservation du Doubs frontière

### 7.1. Situation historique originelle la plus probable :

En milieu aquatique, la probabilité de rencontrer un taxon considéré comme indigène sur un site donné, ici le Doubs frontière, dépend :

- de son aire naturelle de répartition : bassin hydrographique où une espèce s'est répandue après les dernières glaciations. A noter, ici que le Doubs frontière n'a apparemment pas été entièrement soumis à la période glaciaire du Würm : en amont du saut du Doubs, la rivière était vraisemblablement prise par la calotte jurassienne. Alors que dans les gorges du Doubs, elle était libre de glace.



Un cours d'eau partiellement influencé par la dernière glaciation

Figure 7.1 : Illustration de l'étendue de la dernière glaciation le Würm. (Image swisstopo).

- de sa valence écologique : c'est la capacité d'un taxon à s'adapter à des conditions écologiques contrastées. Chaque espèce possède sa niche écologique parmi laquelle l'habitat joue un rôle prépondérant. Certaines espèces peuvent coloniser de nombreux types d'habitats. Elles sont alors qualifiées d'euryèces et possèdent une grande valence écologique. D'autres en revanche, sont dites sténoèces car spécifiques à certains habitats. Leur valence écologique est alors faible.
- de son abondance intrinsèque : dans la nature, les espèces sont naturellement plus ou moins abondantes. A titre d'exemple dans un même cours d'eau non perturbé, les densités numériques du vairon sont systématiquement supérieures à celles de la truite. En effet, cette dernière a un comportement de prédateur territorial marqué alors que le vairon est une proie plutôt grégaire. Ces niveaux trophique différents impliquent que pour un même volume d'espace vital, le vairon a une abondance intrinsèque plus importante que la truite.

Dans les eaux courantes, les facteurs principaux qui régissent la répartition des espèces sont la température maximale estivale, la pente, la largeur, la dureté de l'eau, la section mouillée à l'étiage ou en d'autres termes le débit. C'est le concept de biotypologie élaboré par Verneaux et al. à partir de 1973 (biocénotype 0 à biocéontype 9) et amélioré de Illies & Botosaneanu 1963 (crénon, rhithron à potamon), Huet 1949, 54 & 62 (zone à truite, ombre, barbeau, brème), Ricker 1934, Carpenter 1928.

La typologie notion fondamentale

Dans cette optique, chaque méthode d'analyse de qualité biologique des cours d'eau doit tenir compte du gradient longitudinal qui structure ces écosystèmes, tant pour les poissons que pour les macroinvertébrés. Pour l'IPR français, elle est intégrée dans la métrique de probabilité de présence théorique des espèces. En Suisse, ce sont les zones piscicoles de Huet (1949) qui sont utilisées. Parallèlement, la grille d'évaluation de l'IBGN ou de l'IBCH, selon le guide technique original de 1992 « a été conçue de façon à ce que, en règle générale, un site non dégradé appartenant à un type écologique allant de la zone supérieure à salmonidés (B3, épirhithron) jusqu'à la zone moyenne à cyprinidés (B8) puisse atteindre une note proche de 20. Par contre, pour les zones des sources et ruisselets (B0 - B2, crénon) et les zones calmes des grands cours d'eau de plaine (B9), la valeur maximale de 20 s'avère difficilement accessible en raison de la trop faible diversité faunistique (zones des sources) ou de l'absence de groupes repères supérieurs (potamon inférieur) ».



En pratique, selon Verneaux (1973, 1976, 1977), dix niveaux typologiques se succèdent depuis les sources (B0) à l'embouchure des cours d'eau (B9). Des calculs et analyses permettent de déterminer l'appartenance typologique d'un tronçon fonctionnel.

- Le niveau typologique théorique T est calculé à partir des facteurs mésologiques du tronçon considéré. En clair, la diversité et l'abondance relative des espèces qui devraient être rencontrées dans un cours d'eau ni pollué ni perturbé sont estimées à partir des caractéristiques abiotiques de la station d'étude et même sans connaissances historiques.
- Parallèlement, le niveau typologique biologique B est déterminé à partir des inventaires biologiques de terrain sur la ou les stations du tronçon fonctionnel étudié.
- Enfin, la confrontation entre les appartenances théoriques T et biologique réelle B permet d'établir l'état de conservation du peuplement, soit de savoir si les biocénoses aquatiques en place sont en bon état écologique ou non.

Appliqués au Doubs frontière, ces principes permettent de définir :

### Le potentiel écologique :

La gamme typologie du Doubs frontière est connue depuis les années 70. Elle varie du biocénotype B4 (zone à truite) en amont de Morteau, au B5 dans les gorges du Doubs pour atteindre B6 (zone à ombre) à la sortie de la boucle suisse. Malgré les inversions thermiques liées aux résurgences karstiques et aux plans d'eau, l'altitude et la pente (Figure 7.2) demeurent des critères déterminants pour la sectorisation de la typologie du Doubs frontière.

Eaux courantes du  
Doubs frontière  
de B4 à B6

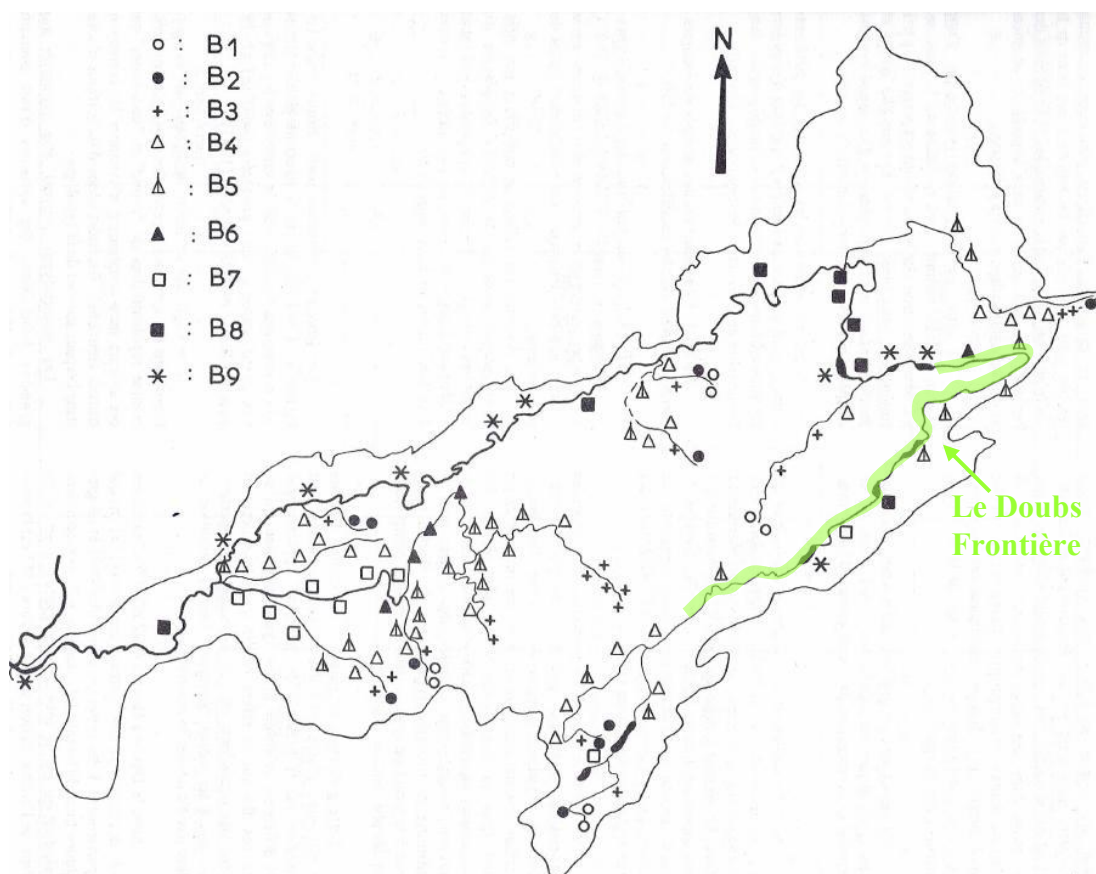


Figure 7.2 : Biotypologie du réseau hydrographique du Doubs (extrait de Verneaux, 1973). Les niveaux B7, B8 et B9 du secteur Doubs frontière correspondent aux plans d'eau.

### Les peuplements de macroinvertébrés et de poissons les plus probables :

Ensuite, à l'aide des travaux de Verneaux (1977a et b, 1980) pour les plécoptères, éphéméroptères et trichoptères, puis des études de Degiorgi & Raymond (2000) pour les poissons, il est possible de déterminer le cortège et l'abondance des espèces qui sont associés à chaque niveau typologique et donc qui sont attendus sur chaque tronçon fonctionnel, compte tenu aussi de son histoire géologique. Il ressort que par niveau typologique, les stations d'eau courante devraient comporter les familles et les genres de plécoptères, éphéméroptères et trichoptères avec les abondances suivantes :

| Ordre             | Famille          | Genre        | Biocénotype 4                                |      |      | Biocénotype 5                                |      |      | Biocénotype 6                                |      |      |
|-------------------|------------------|--------------|--|------|------|--|------|------|--|------|------|
|                   |                  |              | Abondance théorique [Nb ind/m <sup>2</sup> ] |      |      | Abondance théorique [Nb ind/m <sup>2</sup> ] |      |      | Abondance théorique [Nb ind/m <sup>2</sup> ] |      |      |
|                   |                  |              | min  | moy  | max  | min  | moy  | max  | min  | moy  | max  |
| Plécoptère        | Capniidae        | Capnia       | 50   | 75   | 100  | 1  | 3    | 5    | /  | /    | /    |
|                   | Chloroperlidae   | Chloroperla  | 1  | 3    | 5    | 25   | 38   | 50   | 100  | 113  | 125  |
|                   |                  | Siphonoperla | 25   | 38   | 50   | 1  | 3    | 5    | /  | /    | /    |
|                   | Leuctridae       | Euleuctra    | 1  | 3    | 5    | 25   | 63   | 100  | 500  | 563  | 625  |
|                   |                  | Leuctra      | 500  | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  |
|                   | Nemouridae       | Amphinemura  | 25   | 63   | 100  | 1  | 3    | 5    | /  | /    | /    |
|                   |                  | Nemoura      | 25   | 63   | 100  | 25   | 63   | 100  | 1  | 3    | 5    |
|                   |                  | Protonemura  | 500  | 563  | 625  | 25   | 63   | 100  | 1  | 3    | 5    |
|                   | Perlidae         | Dinocras     | 50   | 75   | 100  | 250  | 281  | 313  | 50   | 75   | 100  |
|                   |                  | Perla        | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  |
|                   | Perlodidae       | Besdolus     | 1  | 3    | 5    | 25   | 38   | 50   | 100  | 113  | 125  |
|                   |                  | Isoperla     | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  | 25   | 38   | 50   |
|                   |                  | Perlodes     | 25   | 38   | 50   | 1  | 3    | 5    | /  | /    | /    |
|                   | Taeniopterygidae | Brachyptera  | 50   | 56   | 63   | 10   | 18   | 25   | 1  | 3    | 5    |
|                   |                  | Taeniopteryx | 10   | 18   | 25   | 50   | 56   | 63   | 50   | 56   | 63   |
| Total Plécoptères |                  | 15           | 1613   | 1955 | 2290 | 1289   | 1589 | 1883 | 1578   | 1811 | 2040 |

Plus de 70 genres potentiels de plécoptères, éphéméroptères et trichoptères

Figure 7.3 : Diversité génériques et densité les plus probables des plécoptères qui devraient être rencontrées sur le Doubs frontière (déterminées selon Verneaux 1977a, 1977b, 1980).

|                      |                 |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Éphéméroptère        | Baetidae        | Alainites        | 1000 | 1125 | 1250 | 100  | 300  | 500  | 100  | 300  | 500  |
|                      |                 | Baetis           | 1000 | 1125 | 1250 | 1000 | 1125 | 1250 | 1000 | 1125 | 1250 |
|                      |                 | Centroptilum     | 100  | 300  | 500  | 1000 | 1125 | 1250 | 100  | 300  | 500  |
|                      |                 | Cloeon           | 1    | 26   | 50   | 100  | 300  | 500  | 100  | 300  | 500  |
|                      |                 | Nigrobaetis      | 100  | 300  | 500  | 1000 | 1125 | 1250 | 1000 | 1125 | 1250 |
|                      |                 | Procloeon        | 1    | 26   | 50   | 100  | 300  | 500  | 1000 | 1125 | 1250 |
|                      | Caenidae        | Caenis           | 1    | 6    | 10   | 50   | 75   | 100  | 250  | 281  | 313  |
|                      | Ephemerellidae  | Serratella       | 100  | 300  | 500  | 1000 | 1125 | 1250 | 1000 | 1125 | 1250 |
|                      |                 | Torleya          | 100  | 300  | 500  | 1000 | 1125 | 1250 | 100  | 300  | 500  |
|                      | Ephemeridae     | Ephemera         | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  | 50   | 75   | 100  |
|                      | Heptageniidae   | Ecdyonurus       | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  |
|                      |                 | Electrogena      | 50   | 75   | 100  | 250  | 281  | 313  | 50   | 75   | 100  |
|                      |                 | Epeorus          | 250  | 281  | 313  | 50   | 75   | 100  | 1    | 6    | 10   |
|                      |                 | Heptagenia       | /    | /    | /    | 1    | 6    | 10   | 50   | 75   | 100  |
|                      | Leptophlebiidae | Rhithrogena      | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  | 50   | 75   | 100  |
|                      |                 | Choroterpes      | /    | /    | /    | 1    | 3    | 5    | 25   | 38   | 50   |
|                      |                 | Habroleptoides   | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  | 25   | 38   | 50   |
|                      |                 | Habrophlebia     | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  | 25   | 38   | 50   |
|                      | Oligoneuriidae  | Paraleptophlebia | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  |
|                      |                 | Oligoneuriella   | 1    | 3    | 5    | 10   | 18   | 25   | 50   | 56   | 63   |
|                      | Siphonuridae    | Siphonurus       | 20   | 60   | 100  | 20   | 60   | 100  | 20   | 60   | 100  |
| Total Ephéméroptères |                 | 21               | 3774 | 5109 | 6440 | 6732 | 8225 | 9715 | 5346 | 6911 | 8473 |

Figure 7.4 : Diversité génériques et densité les plus probables des éphéméroptères qui devraient être rencontrées sur le Doubs frontière (déterminées selon Verneaux 1977a, 1977b, 1980).

| Ordre              | Famille           | Genre          | Biocénotype 4                                |      |      | Biocénotype 5                                |      |      | Biocénotype 6                                |      |      |
|--------------------|-------------------|----------------|--|------|------|--|------|------|--|------|------|
|                    |                   |                | Abondance théorique [Nb ind/m <sup>2</sup> ] |      |      | Abondance théorique [Nb ind/m <sup>2</sup> ] |      |      | Abondance théorique [Nb ind/m <sup>2</sup> ] |      |      |
|                    |                   |                | min  | moy  | max  | min  | moy  | max  | min  | moy  | max  |
| Trichoptère        | Brachycentridae   | Brachycentrus  | 50   | 75   | 100  | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Micrasema      | 50   | 75   | 100  | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Oligoplectrum  | 50   | 75   | 100  | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  |
|                    | Ecnomidae         | Ecnomus        | /  | /    | /    | /  | /    | /    | 1  | 3    | 5    |
|                    | Glossosomatidae   | Agapetus       | 50   | 75   | 100  | 250  | 281  | 313  | 250  | 281  | 313  |
|                    |                   | Glossosoma     | 250  | 281  | 313  | 50   | 75   | 100  | 1  | 6    | 10   |
|                    | Goeridae          | Goera          | 1  | 3    | 5    | 10   | 30   | 50   | 500  | 563  | 625  |
|                    |                   | Silo           | 500  | 563  | 625  | 10   | 30   | 50   | 500  | 563  | 625  |
|                    | Hydropsychidae    | Cheumatopsyche | 1  | 26   | 50   | 100  | 300  | 500  | 1000   | 1125 | 1250 |
|                    |                   | Hydropsyche    | 1000   | 1125 | 1250 | 1000   | 1125 | 1250 | 1000   | 1125 | 1250 |
|                    | Hydroptilidae     | Hydroptila     | 10   | 30   | 50   | 10   | 30   | 50   | 100  | 113  | 125  |
|                    |                   | Ithytrichia    | 10   | 30   | 50   | 100  | 113  | 125  | 10   | 30   | 50   |
|                    |                   | Oxyethira      | /  | /    | /    | /  | /    | /    | 1  | 3    | 5    |
|                    | Lepidostomatidae  | Lasiocephala   | 20   | 35   | 50   | 100  | 113  | 125  | 20   | 35   | 50   |
|                    |                   | Lepidostoma    | 20   | 35   | 50   | 100  | 113  | 125  | 20   | 35   | 50   |
|                    | Leptoceridae      | Athripsodes    | 1  | 13   | 25   | 50   | 75   | 100  | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Ceraclea       | /  | /    | /    | 1  | 13   | 25   | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Mystacides     | /  | /    | /    | /  | /    | /    | 1  | 13   | 25   |
|                    |                   | Oecetis        | /  | /    | /    | /  | /    | /    | 1  | 13   | 25   |
|                    | Limnephilidae     | Allogamus      | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  | 1  | 13   | 25   |
|                    |                   | Anabolia       | 500  | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Chaetopteryx   | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Drusus         | 50   | 75   | 100  | 1  | 13   | 25   | 0  | 0    | 0    |
|                    |                   | Ecclisopteryx  | 50   | 75   | 100  | 50   | 75   | 100  | 1  | 13   | 25   |
|                    |                   | Glyphotaelius  | 50   | 75   | 100  | 1  | 13   | 25   | /  | /    | /    |
|                    |                   | Halesus        | 500  | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  |
|                    |                   | Hydatophylax   | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  | 1  | 13   | 25   |
|                    |                   | Melampophylax  | 500  | 563  | 625  | 50   | 75   | 100  | 1  | 13   | 25   |
|                    | Potamophylax      | 500            | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  | 500  | 563  | 625  |      |
|                    | Odontoceridae     | Odontocerum    | 500  | 563  | 625  | 100  | 175  | 250  | 1  | 26   | 50   |
|                    | Philopotamidae    | Chimarra       | 1  | 3    | 5    | 10   | 30   | 50   | 100  | 113  | 125  |
|                    |                   | Philopotamus   | 10   | 30   | 50   | 10   | 30   | 50   | 1  | 3    | 5    |
|                    |                   | Wormaldia      | 1  | 3    | 5    | /  | /    | /    | /  | /    | /    |
|                    | Polycentropodidae | Cyrnus         | /  | /    | /    | 1  | 6    | 10   | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Neureclipsis   | /  | /    | /    | 1  | 6    | 10   | 50   | 75   | 100  |
|                    |                   | Plectrocnemia  | 50   | 75   | 100  | 1  | 6    | 10   |  |      |      |
|                    |                   | Polycentropus  | 1  | 6    | 10   | 50   | 75   | 100  | 250  | 281  | 313  |
|                    | Psychomyiidae     | Lype           | 1  | 3    | 5    | 1  | 3    | 5    | 1  | 3    | 5    |
|                    |                   | Psychomyia     | 25   | 38   | 50   | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  |
| Tinodes            |                   | 100            | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  |      |
| Rhyacophilidae     | Rhyacophila       | 100            | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  | 100  | 113  | 125  |      |
| Sericostomatidae   | Notidobia         | 100            | 113  | 125  | 10   | 30   | 50   | 1    | 3  | 5    |      |
|                    | Sericostoma       | 100            | 113  | 125  | 10   | 30   | 50   | 1    | 3  | 5    |      |
| Total Trichoptères |                   | 39             | 6652   | 7780 | 8893 | 5527   | 6807 | 8073 | 5514   | 6532 | 7540 |

Une densité potentielles  
moyenne de 15'000  
individus par m<sup>2</sup>

Figure 7.5 : Diversité générique et densité les plus probables des trichoptères qui devraient être rencontrées sur le Doubs frontière (déterminées selon Verneaux 1977a, 1977b, 1980).

Pour les poissons, les densités numériques et pondérales suivantes devraient être observées :

| Code          | Espèces typiques<br>du Doubs<br>Frontière | Biocénotype 4                                     |       |                                  |      | Biocénotype 5                                     |       |                                  |      | Biocénotype 6                                     |      |                                  |      |
|---------------|---|---|-------|----------------------------------|------|---|-------|----------------------------------|------|---|------|----------------------------------|------|
|               |   | Abondance<br>théorique<br>[N/1000m <sup>2</sup> ] |       | Biomasse<br>théorique<br>[kg/ha] |      | Abondance<br>théorique<br>[N/1000m <sup>2</sup> ] |       | Biomasse<br>théorique<br>[kg/ha] |      | Abondance<br>théorique<br>[N/1000m <sup>2</sup> ] |      | Biomasse<br>théorique<br>[kg/ha] |      |
|               |   | Min   | Max   | Min                              | Max  | Min   | Max   | Min                              | Max  | Min   | Max  | Min                              | Max  |
| CHA           | Chabot                                    | absence amont saut du Doubs                       |       |                                  |      | 150   | 300   | 10                               | 20   | 75  | 150  | 5                                | 10   |
| VAI           | Vairon                                    | 1400  | >1400 | 88                               | >88  | 700   | 1400  | 12                               | 24   | 350   | 700  | 6                                | 12   |
| TRF           | Truite                                    | 400   | >400  | 200                              | >200 | 400   | >400  | 200                              | >200 | 200   | 400  | 200                              | 200  |
| LOF           | Loche franche                             | 800   | 1600  | 16                               | 32   | 1600  | >1600 | 32                               | >32  | 800   | 1600 | 16                               | 32   |
| LPP           | Lamproie                                  | absence amont saut du Doubs                       |       |                                  |      | 80  | >80   | 0,8                              | >0,8 | 80  | >80  | 0,8                              | >0,8 |
| OBR           | Ombre                                     |   |       |                                  |      | 24  | 48    | 20                               | 40   | 48  | >48  | 40                               | >40  |
| BLN           | Blageon                                   |   |       |                                  |      | 38  | 76    | 8                                | 16   | 152   | 304  | 32                               | 64   |
| APR           | Apron                                     |   |       |                                  |      | 1   | 2     | 0,25                             | 5    | 4   | 8    | 1                                | 2    |
| CHE           | Chevesne                                  | 28  | 56    | 19                               | 38   | 56  | 112   | 38                               | 76   | 56  | 112  | 38                               | 76   |
| GOU           | Goujon                                    | 5   | 58    | 0,1                              | 3    | 58  | 116   | 3                                | 6    | 116   | 232  | 6                                | 12   |
| VAN           | Vandoise                                  | <3  | 3     | <11                              | 11   | 3   | 28    | 11                               | 22   | 28  | 56   | 11                               | 22   |
| TOX           | Toxostome                                 | absence amont saut du Doubs                       |       |                                  |      | 3   | 6     | 4                                | 8    | 6   | 12   | 8                                | 16   |
| BAF           | Barbeau fluvial                           |   |       |                                  |      | 3   | 13    | <10                              | 10   | 13  | 26   | 10                               | 20   |
| SPI           | Spirilin                                  |   |       |                                  |      | 2   | 6     | <1                               | 1    | 6   | 12   | 1                                | 2    |
| LOT           | Lotte                                     |   |       |                                  |      | 0,5   | 2     | <6                               | 6    | 2   | 4    | 6                                | 12   |
| ANG           | Anguille                                  |   |       |                                  |      | 0,5   | 1     | <5                               | 5    | 1   | 2    | 5                                | 10   |
| Total arrondi |   | 2500  | 3500  | 300                              | 400  | 3000  | 4000  | 350                              | 500  | 3000  | 4500 | 400                              | 600  |

6 espèces amont saut  
du Doubs et 16 en aval

Densité cumulée de  
300 à 600 kg/ha

Figure 7.6 : Diversité spécifique et densité les plus probables des peuplements de poissons typiques qui devraient être rencontrées sur le Doubs frontière (déterminées selon Verneaux 1977a, 1977b, 1980, Degiorgi & Raymond 2000).

Au final, les potentiels théoriques du macrobenthos du Doubs frontière sont en moyenne de 15'000 individus par m<sup>2</sup> de plécoptères, éphéméroptères et trichoptères répartis dans 74 genres différents.

Pour les poissons, la richesse spécifique optimale varie de 5 à 6 à l'amont du Saut du Doubs et de Morteau (B4) jusqu'à 16 dans les parties aval (B6). Parallèlement, les biomasses totales devraient varier de 300 à 600 kg/ha en fonction du niveau typologique.

Ces chiffres permettent donc de quantifier le très bon état écologique théorique du Doubs frontière. En d'autres termes, pour ces taxons la variété et la densité en place devraient tendre vers ces valeurs.

#### **La qualité d'eau optimale en l'absence de perturbation:**

La consultation de la littérature, et en particulier des normes établies depuis les années 70 sur la qualité de l'eau, permet d'estimer également les teneurs des éléments physico-chimiques classiques qui devraient être quantifiées dans le Doubs en l'absence ou avec de faibles perturbations. Pour la plupart ces normes ont été établies à partir de valeurs réellement mesurées. Pour chacune, la limite des teneurs considérées comme naturelle a été fixée : il s'agit de la classe 1 (bleu), équivalente au très bon état écologique. Ensuite, le degré de pollution a été décliné en différentes classes séparées généralement entre elles par un doublement des valeurs seuils.



Tableau 7.2 : Proposition de valeurs seuils optimales pour les paramètres organiques et azotés sur le Doubs franco-suisse.

| Paramètres  | Unité                              | valeurs seuil |
|---|------------------------------------|---------------|
| Chlorure  | mg/l Cl <sup>-</sup>               | 20,000        |
| Ortho - Phosphate                                 | mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0,060         |
| Phosphore total non filtré                        | mg/L P                             | 0,040         |
| Phosphore total filtré                            | mg/L P                             | 0,025         |
| Nitrite (<10mg/l Cl <sup>-</sup> )                | mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,010         |
| Nitrite (10 à 20mg/l Cl <sup>-</sup> )            | mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,010         |
| Nitrite (>20mg/l Cl <sup>-</sup> )                | mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,010         |
| Ammonium (>10°C ou pH>9)                          | mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,010         |
| Ammonium (<10°C)                                  | mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,010         |
| Nitrate   | mg/L NO <sub>3</sub>               | 2,000         |
| Azote (N) total                                   | mg/L N                             | 2,000         |
| Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) | mg/L O <sub>2</sub>                | 2,000         |
| Carbone organique dissous (COD)                   | mg/L C                             | 2,000         |
| Carbone organique total (COT)                     | mg/L C                             | 2,500         |
| Oxygène dissous                                   | mg/L O <sub>2</sub>                | 8,000         |
| Taux de saturation en O <sub>2</sub> dissous      | %                                  | >90 ou <110   |

Absence de substances de synthèse

A noter qu'en ce qui concerne les micropolluants, leur présence dans l'environnement étant les conséquences d'activités humaines, ils devraient logiquement être totalement absents selon la définition du bon état écologique au sein des normes en vigueur.

## 7.2. Situation historique observée :

Le potentiel écologique du Doubs frontière a été défini à partir de la littérature, cependant, que cela soit pour les poissons, le benthos ou la physico-chimie, les valeurs ayant servi de références ne sont pas forcément issues du Doubs frontière ou de la région. En effet, les premiers abaques ont d'abord été établis sur l'ensemble du bassin du Doubs (Verneaux, 1977a et b), puis étendu à l'ensemble du territoire métropolitain (Verneaux, 1980) pour permettre la normalisation nationale de l'IBGN (1992). Degiorgi & Raymond (2000) ont utilisé les résultats des pêches réparties d'abord sur le bassin versant Rhône méditerranée, puis à l'échelle nationale. Il en va de même pour les normes de physico-chimie. Or, le Doubs frontière a la chance de bénéficier de chroniques de données depuis les années 60. Il convient donc de vérifier si les qualités de référence indiquées ont été atteintes un jour sur le Doubs frontière, le Dessoubre, l'Allaine, le Gland et leurs petits affluents. En d'autres termes, il est important de tester localement l'exactitude des indications qui ont été fournies et calculées par la littérature à partir de valeurs nationales.

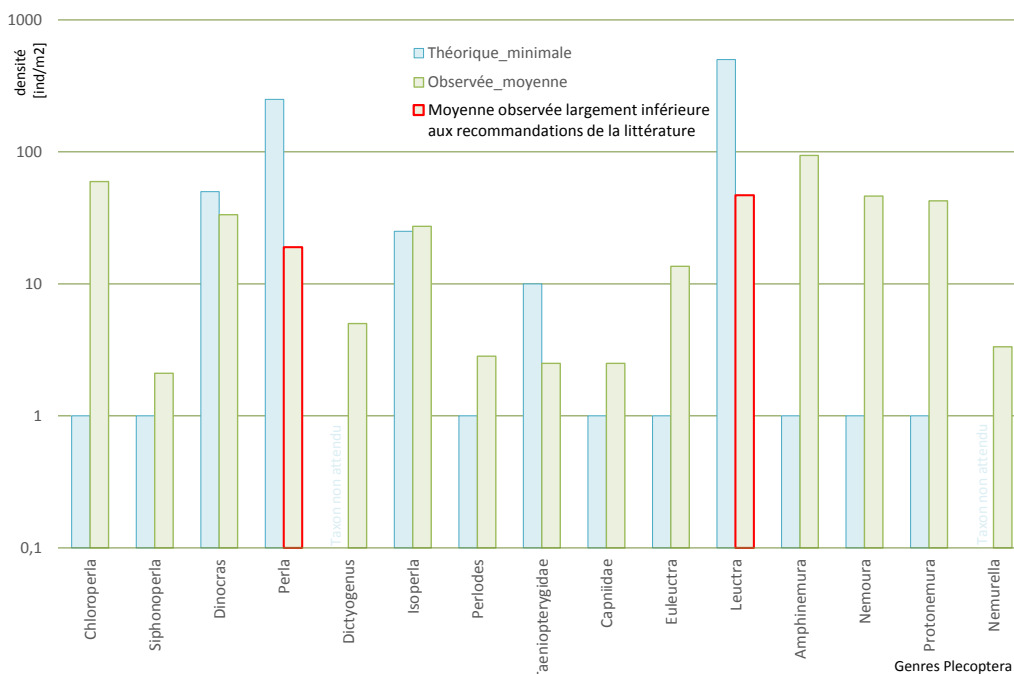
### Les peuplements de macroinvertébrés observés :

A l'échelle familiale, 29 des 30 taxons de plécoptères, éphéméroptères et trichoptères susceptibles d'être présents ont été capturés depuis 1975 sur le Doubs frontière et/ou sur ses affluents principaux (Drugeon, Dessoubre, Allaine/Allan, Gland). Seule la famille des « *Oligoneuriidae* » n'a pas été observée sur les 306 prélèvements standardisés au surber réalisés ces 40 dernières années.

Au niveau des genres, 12 des 74 taxons sont absents de la base de données (5 éphémères : *alainites*, *nigrobaetis*, *electrogena*, *choroterpes*, *oligoneuriella*, 1 plécoptères : *besdolus*, 6 trichoptères : *oxyethira*, *ecclisopteryx*, *glyphotaelius*, *hydatophylax*, *chimarra*, *wormaldia*). En revanche, 2 genres d'éphémère (*potamanthus*, *pseudocentropilum*), 2 genres de plécoptères (*dictyogenus*, *nemurella*) et 8 genres de trichoptère (*synagapetus*, *agraylea*, *leptocerus*, *setodes*, *holocentropus*, *limnephilus*, *molanna*, *phryganea*) complémentaires ont été décrits. Au final, le potentiel générique de la région pour ces trois ordres d'insectes est bel et bien situé entre 70 et 80 taxons.

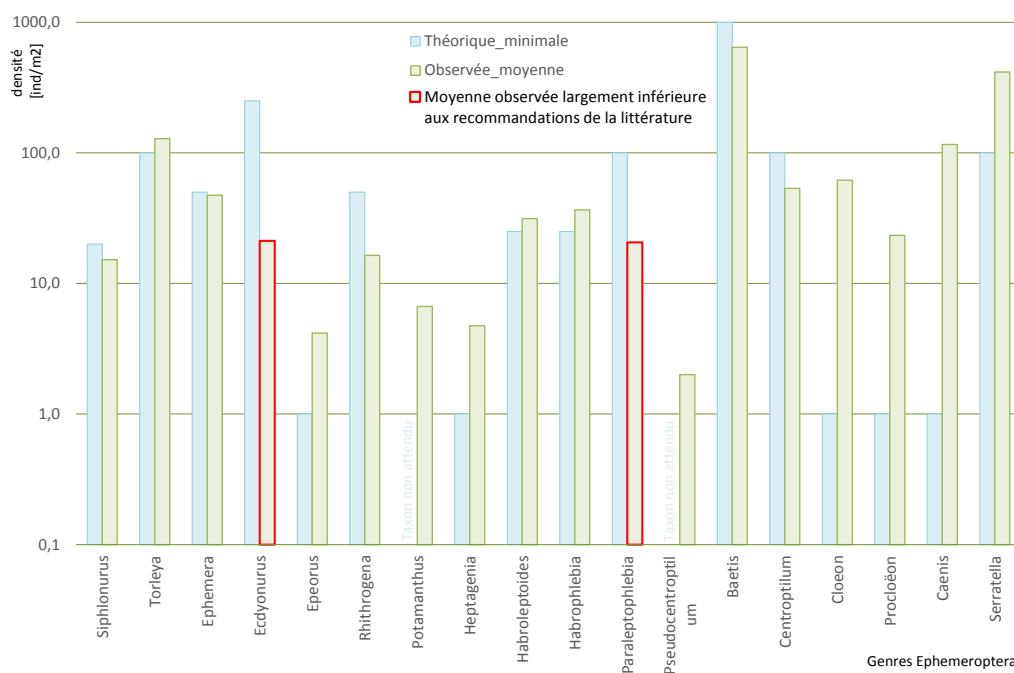
Vers un référentiel local

Au niveau de l'abondance par m<sup>2</sup> issue du cumul du nombre d'individus capturés dans chaque prélèvement par station, les densités moyennes observées sont soit proches soit supérieures aux références dites « théoriques minimales » selon la méthodologie proposée par le bureau d'études sur la base de la littérature, à l'exception de quelques taxons. Les gammes de densité normale recommandées par la littérature sont donc réalistes et ont été pour la plupart observées un jour dans la zone d'étude, que cela soit pour les taxons sensibles ou polluo-résistants. A noter que pour une facilité de lecture et des différences entre taxons, les abondances sont exprimées à l'aide d'une échelle logarithmique.



Diversité potentielle proche de celle observée

Figure 7.7 : Comparaison des abondances dites « théoriques minimales » (selon la méthodologie proposée par le bureau d'étude) et moyennes observées sur les genres de plécoptère lorsqu'ils étaient présents sur les listes des 306 prélèvements standardisés au surber disponibles entre 1975 et 2013. Les taxons sont classés de gauche à droite par degré de sensibilité.



Densité potentielle minimale inférieure à la moyenne observée

Figure 7.8 : Comparaison des abondances dites « théoriques minimales » (selon la méthodologie proposée par le bureau d'étude) et moyennes observées sur les genres d'éphéméroptère lorsqu'ils étaient présents sur les listes des 306 prélèvements standardisés au surber disponibles entre 1975 et 2013. Les taxons sont classés de gauche à droite par degré de sensibilité.

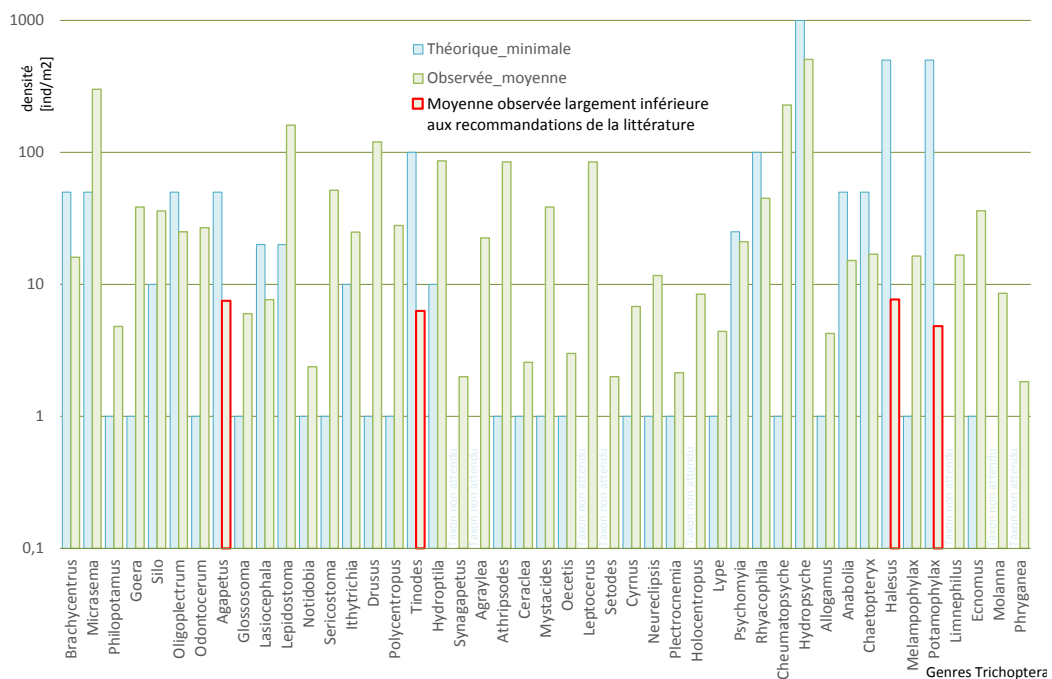


Figure 7.9 : Comparaison des abondances dites « théoriques minimales » (selon la méthodologie proposées par le bureau d'étude) et moyennes observées sur les genres de trichoptère lorsqu'ils étaient présents sur les listes des 306 prélèvements standardisés au surber disponibles entre 1975 et 2013. Les taxons sont classés de gauche à droite par degré de sensibilité.



Une note de 20/20 d'IBGN  
une normalité pour le  
Doubs frontière

La quasi-totalité des groupes indicateurs de l'abaque IBGN/IBCH, et, *a fortiori*, toutes les familles des plécoptères appartenant au groupe indicateur 9, sont régulièrement échantillonnées. Seule la famille des « *polymitarcidae* » n'a jamais été capturée. En outre les gammes de variétés atteignent aussi les valeurs optimales (> à 45 ou 50 taxons) dans une partie non négligeable des échantillons. Un IBGN/IBCH de 20/20 est donc un potentiel normal parfaitement adapté au Doubs frontière. A noter que d'une manière remarquable, peu de taxons invasifs sont à signaler sur le secteur d'étude.

Tableau 7.3 : Valeur de l'IBGN (ou IBCH) /20 selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (IBGN, 1992 et IBCH, 2010)

| Classe de variété |          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1 |
|-------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Taxons            | $\sum t$ | >  | 49 | 44 | 40 | 36 | 32 | 28 | 24 | 20 | 16 | 12 | 9  | 6  | 3 |
| Indicateurs       | GI       | 50 | 45 | 41 | 37 | 33 | 29 | 25 | 21 | 17 | 13 | 10 | 7  | 4  | 1 |
| Chloroperlidae    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Perlidae          | 9        | 20 | 20 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 |
| Perlodidae        |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Taeniopterygidae  |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Capniidae         |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Brachycentridae   | 8        | 20 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8 |
| Odontoceridae     |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Philopotamidae    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Leuctridae        |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Glossosomatidae   | 7        | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7 |
| Beraeidae         |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Goeridae          |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Leptophlebiidae   |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Nemouridae        |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Lepidostomatidae  | 6        | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6 |
| Sericostomatidae  |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Ephemeridae       |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Hydroptilidae     |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Heptageniidae     | 5        | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5 |
| Polymitarcidae    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Potamanthidae     |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Leptoceridae      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Polycentropodidae | 4        | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4 |
| Psychomyidae      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Rhyacophilidae    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Limnephilidae 1)  |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Hydropsychidae    | 3        | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3 |
| Ephemerellidae 1) |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Aphelocheiridae   |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Baetidae 1)       |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Caenidae 1)       |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Elmidae 1)        | 2        | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2 |
| Gammaridae 1)     |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Mollusques        |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Chironomidae 1)   |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Asellidae 1)      | 1        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1 |
| Achètes           |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Oligochètes 1)    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |

1) Taxons représentés par au moins 10 individus - Les autres par au moins 3 individus

En tenant compte de tous les taxons présents, en retranchant les genres jamais trouvés en 40 ans, en ne considérant que les densités minimales recommandées par la littérature et en s'affranchissant de la typologie, les peuplements benthiques qui devraient être rencontrés peuvent par ordre être définis comme suit :

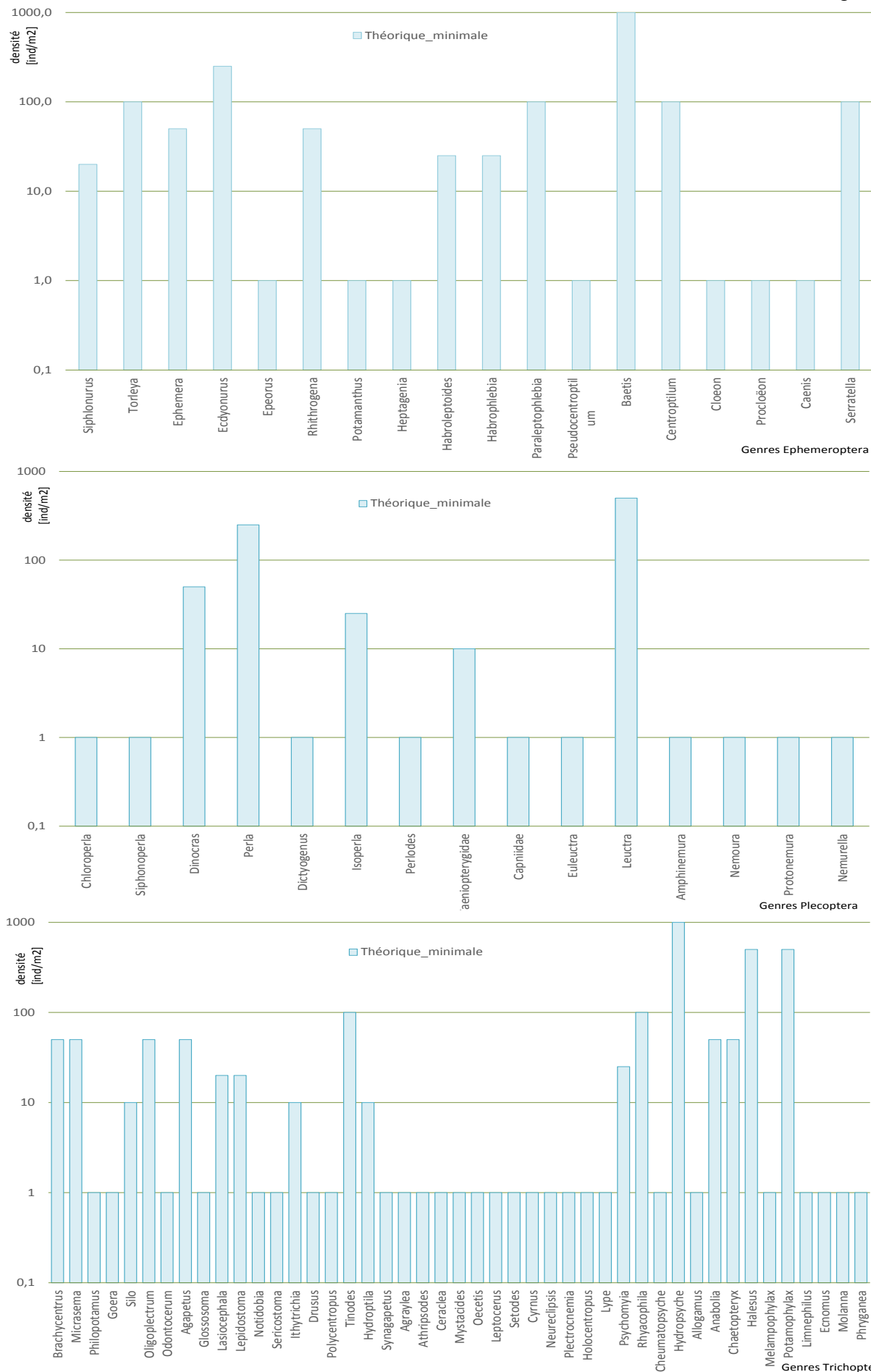


Figure 7.10 : Peuplements de plécoptères, éphéméroptères, et trichoptères qui pourraient être rencontrés sur le Doubs frontière en l'absence de perturbations importantes du milieu.

Les densités proposées par taxon ne sont pas optimales mais représentent la valeur minimale à atteindre en admettant un certain degré de pollution ou de perturbation. C'est pourquoi, nous proposons de les considérer comme la limite du « bon état écologique » que devrait arborer chaque station du Doubs frontière entre Morteau et Ocourt lorsque le taxon est présent.

En termes de richesse générique, il est important de préciser que la liste des taxons proposée est quant à elle plutôt correspondante au très bon état écologique. En effet, si l'on admet un certain degré de pollution ou de perturbation, la totalité des genres annoncés ne pourra être observée sur une seule et même station. A titre de proposition, la limite du bon état écologique pourrait être définie par les meilleures stations observées sur le Doubs frontière depuis 1975. Or, il apparaît que les meilleures stations atteignent 9 genres d'éphémères sur les 18 potentiels, 7 genres de plécoptères sur les 15 potentiels et 19 genres de trichoptères sur les 45 potentiels. Au total, les meilleures stations possèdent entre 30 et 40 genres des 74 potentiels.

*Bon état écologique =  
30 à 40 genres de PET et  
6'000 à 10'000 ind/m<sup>2</sup>*

Au final, on peut ainsi estimer que pour être en bon état écologique, le Doubs frontière, quelle que soit la station, devrait abriter entre 30 et 40 genres cumulés (= 50% des genres potentiels) de plécoptères, éphéméroptères et trichoptères représentant une densité totale variant de 6'000 à 10'000 individus/m<sup>2</sup> (= 50% densité moyenne potentielle).

#### **Les peuplements de poissons observés :**

Toutes les espèces de poissons qui selon la littérature devraient être présentes sur le secteur ont été un jour capturées. Cependant, la lotte ne peuple apparemment que l'aval du bassin versant de l'Allaine, elle n'a jamais été capturée sur le Doubs. En outre, si l'anguille est absente des données d'inventaires exhaustifs, elle a bel et bien été capturée en aval du barrage du Refrain lors d'une pêche partielle réalisée par l'ONEMA en 2004. Enfin, depuis 1973, l'apron n'a été observé que sur la boucle suisse du Doubs, dans des densités faibles, mais tout de même supérieures à celles reconnues par la littérature. Selon Verneaux (1973) et Boutitie (1984) cependant, il a été signalé présent de Montbéliard à la Goule avant la deuxième guerre mondiale, soit *a priori* sur quasi l'ensemble du parcours du Doubs frontière en aval du Saut du Doubs.

*Diversité potentielle  
vérifiée par les données  
historiques.*

Parallèlement, d'autres taxons inféodés aux eaux stagnantes des lacs et plans d'eau artificiels sont capturés d'une manière récurrente, le long du linéaire (brochet, gardon, rotengle, tanche, carpe, brème, etc...). Au total, 19 espèces en plus des 17 attendues ont été recensées. Parmi celles-ci figure une dizaine de taxons non indigènes (truite arc-en-ciel, saumon de fontaine, carassin, perche soleil, pseudorasbora, etc...) mais qui demeurent peu fréquents.

En termes de densité, la situation est identique au benthos. Les abondances dites « minimales théoriques » recommandées par la littérature sont systématiquement équivalentes voir inférieures aux densités moyennes observées. Seule l'anguille semble être très rare sur le secteur depuis 1994.

Densité potentielle  
minimale inférieure à la  
moyenne observée

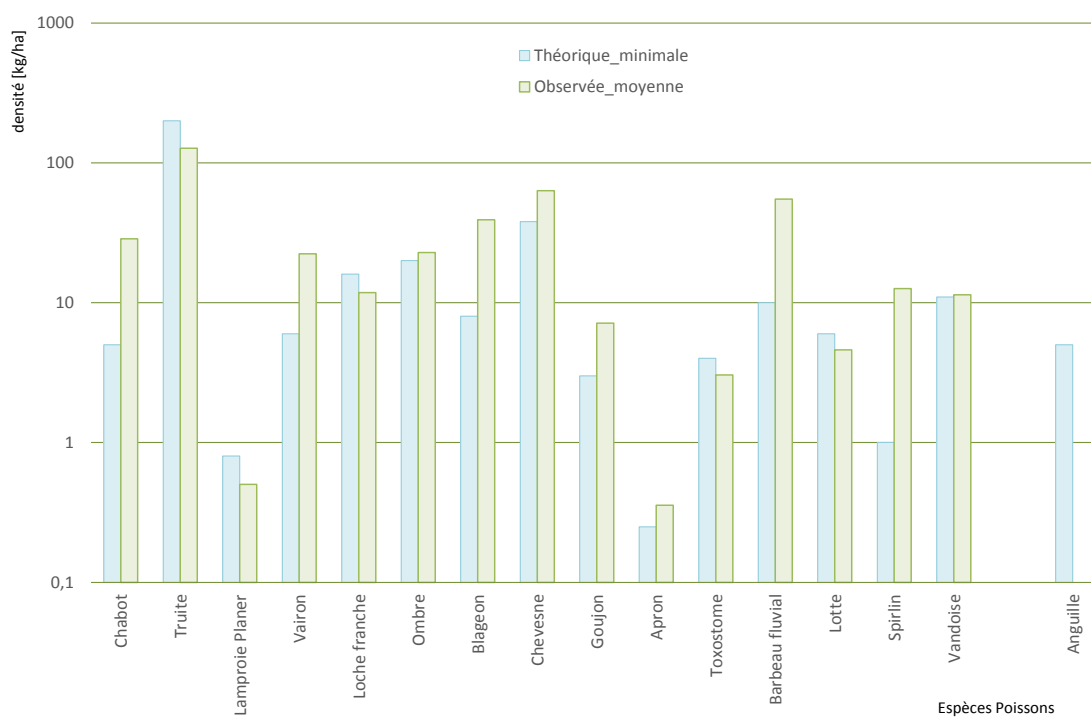
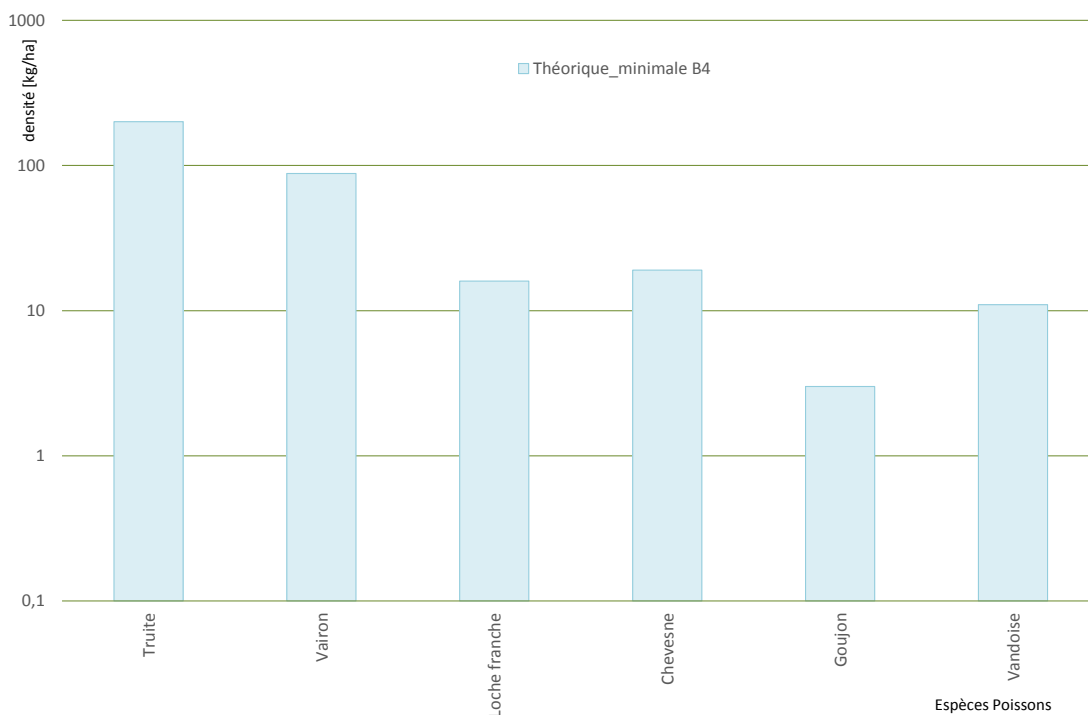


Figure 7.11 : Comparaison des abondances dites « théoriques minimales » (selon la méthodologie proposées par le bureau d'étude) et moyennes observées sur les espèces typiques de poissons de la zone d'étude lorsqu'elles étaient présentes sur les 224 inventaires exhaustifs disponibles de 1994 à 2015 ; les taxons sont classés de gauche à droite par succession typologique.

Les abaques définis par Verneaux et al (1973, 1977 et 1980) puis par Degiorgi & Raymond (2000) sont ainsi parfaitement valides et applicables au Doubs frontière. En amont du Saut du Doubs et de Morteau, ou seules 6 espèces sont indigènes, le peuplement type potentiel devrait être le suivant :



Un peuplement pisciaire potentiel validé par les données historiques.

Figure 7.12 : Peuplement pisciaire type potentiel qui pourrait être rencontré sur les zones à truite (biocénotype 4) en amont du saut du Doubs en l'absence de perturbations du milieu.

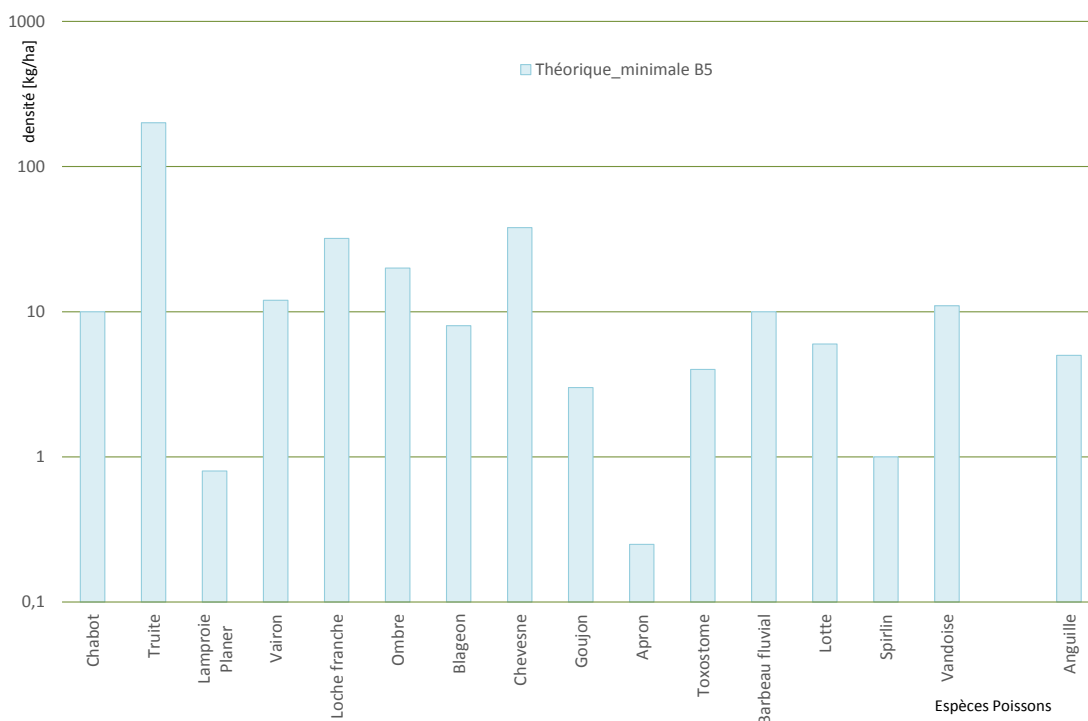


Figure 7.13 : Peuplement pisciaire type potentiel qui pourrait être rencontré sur les zones à truite et à ombre (biocénotype 5) dans les gorges du Doubs frontière (Châtelot- Goumois) en l'absence de perturbations du milieu.

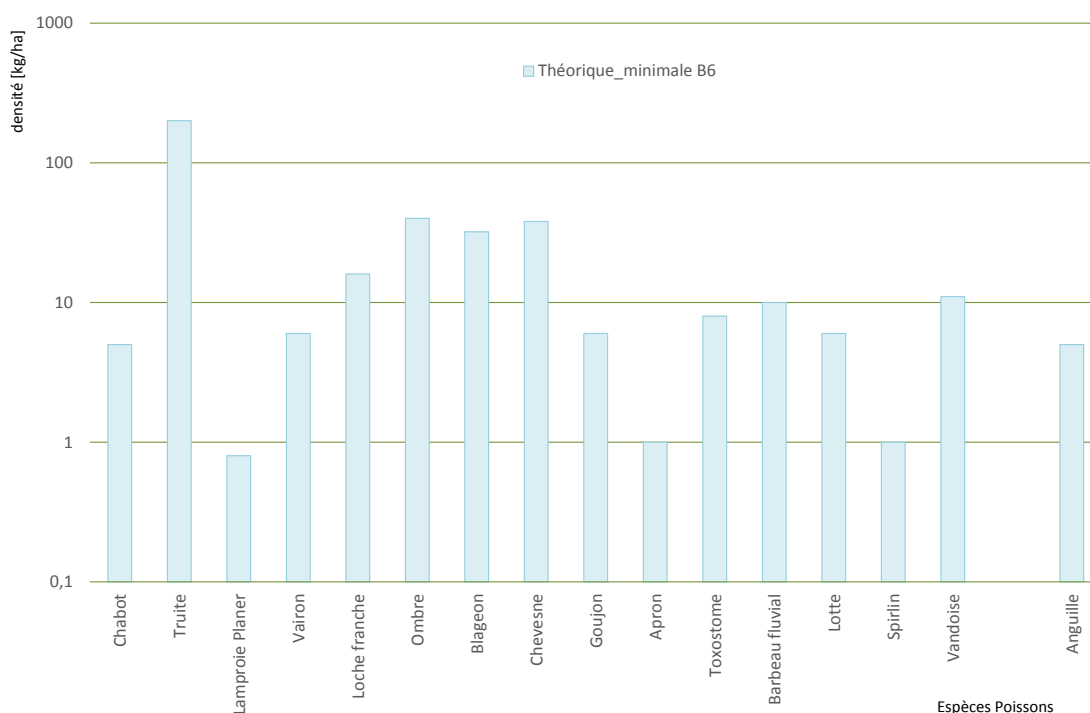


Figure 7.14 : Peuplement pisciaire type potentiel qui pourrait être rencontré sur les zones à ombre (biocénotype 6) du Doubs frontière (Goumois-Ocourt) en l'absence de perturbations du milieu.

Au final, quelle que soit la station échantillonnée, le peuplement de poissons typiques devrait dépasser 300 kg/ha pour être considéré en bon état écologique de conservation. En effet, comme pour le benthos, les densités proposées par taxon ne sont pas optimales mais représentent la valeur minimale à atteindre en admettant un certain degré de pollution ou de perturbation. C'est pourquoi, nous proposons de les considérer comme la limite du « bon état écologique » que devrait arborer chaque station du Doubs frontière entre Morteau et St-Hippolyte lorsque le taxon est présent.

En termes de richesse spécifique, il est important de préciser que la liste des taxons proposée est quant à elle plutôt correspondante au très bon état écologique. En effet, si l'on admet un certain degré de pollution ou de perturbation, la totalité des espèces de poissons annoncées ne pourra être observée sur une seule et même station. A titre de proposition, la limite du bon état écologique pourrait être définie par les meilleures stations observées sur le Doubs frontière depuis 1994. Or, il apparaît que les meilleures stations B4 possèdent 6 espèces typiques sur les 6 potentielles en amont du saut du Doubs. En aval, les meilleures stations B5 ont 10 espèces typiques sur les 16 potentielles et les meilleurs B6 abritent 13 espèces typiques sur les 16 potentielles.

En conclusion, on peut ainsi estimer que pour être en bon état écologique, le Doubs frontière devrait arborer :

- en amont du Saut du Doubs et de Morteau les 6 espèces typiques et potentielles de poissons représentant une densité cumulée de 300kg/ha
- En aval du Saut du Doubs jusqu'à St-Ursanne 10 espèces typiques de poissons parmi les 16 potentielles représentant une densité de 500 kg/ha
- En aval de St-Ursanne 13 espèces typiques de poissons parmi les 16 potentielles représentant une densité cumulée de 600 kg/ha.

### La qualité de l'eau :

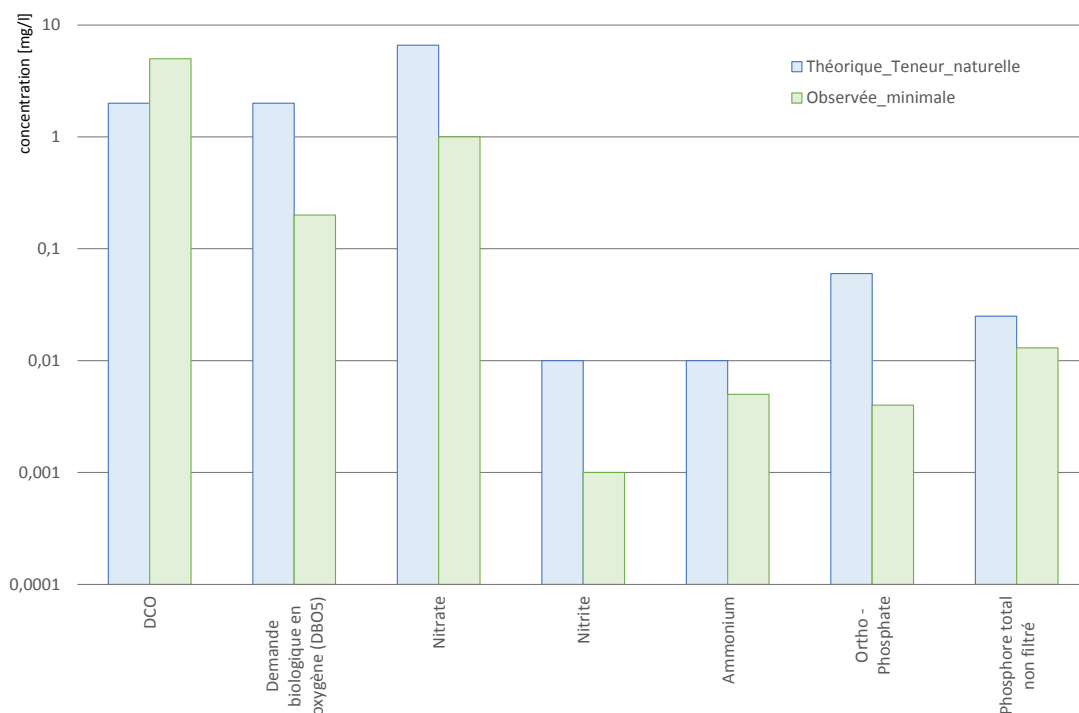
Seules les chroniques des mesures des concentrations en nutriments sont assez anciennes pour permettre une comparaison. Il s'avère que le Doubs frontière entre Morteau et Ocourt a un jour également arboré les teneurs de nutriments dites « naturelles » par la littérature.

*Bon état écologique =*

*Amont saut du Doubs  
6 espèces et 300 kg/ha.*

*Saut du Doubs St-Ursanne  
10 espèces et 500 kg/ha.*

*St-Ursanne St-Hippolyte  
13 espèces et 500 kg/ha.*



Qualité d'eau potentielle validée par les données historiques.

Figure 7.15 : Qualité de l'eau la meilleure rencontrée sur le Doubs frontière depuis 1980.

Les limites du bon état écologique pour ces paramètres peuvent donc être reprises des abaques en vigueur les plus discriminants de chaque pays (Tableau 7.1). Pour le Doubs frontière, la qualité chimique de l'eau ne devrait pas, au minimum, dépasser les teneurs organiques et nutritives suivantes :

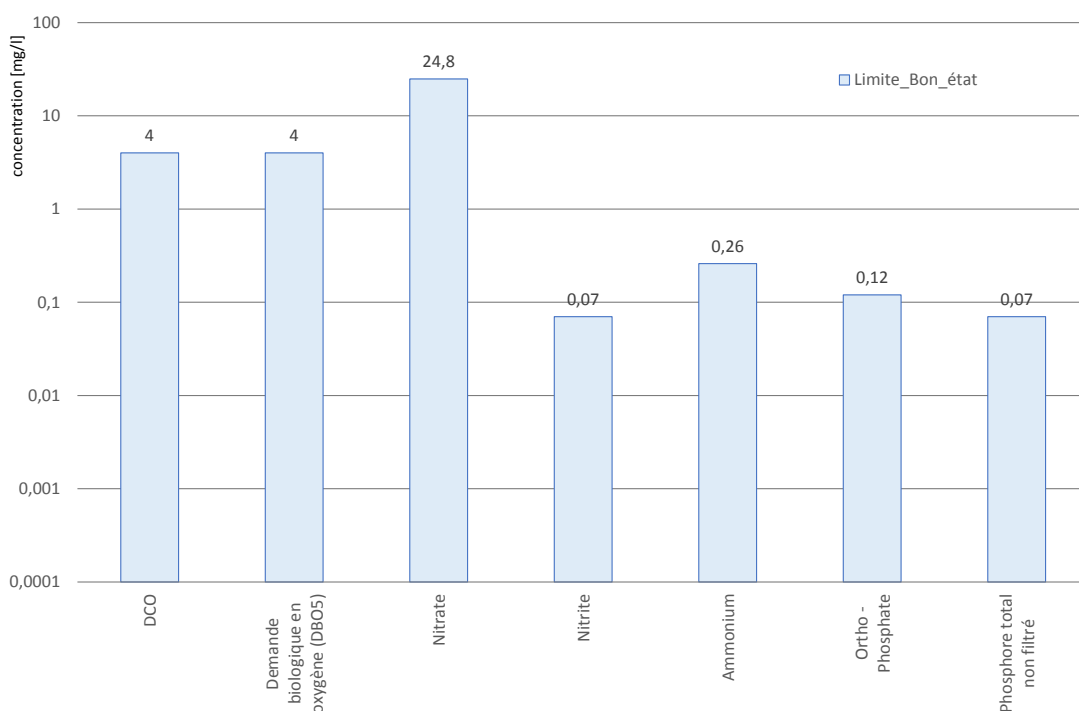


Figure 7.16 : Valeurs à ne pas dépasser pour que la qualité de l'eau soit considérée comme en bon état écologique pour les paramètres organiques et azotés selon les limites de classes vertes/jaunes les plus discriminantes parmi la législation de chaque pays (cf. Tableau 7.1).

Pour les autres paramètres, les abaques recommandés peuvent également être utilisés. Il est cependant important de noter que le Doubs devrait être exempt de toute substance de synthèse (en particulier mais pas seulement : les pesticides).

### 7.3. Situation actuelle :

Les données utilisées pour cette partie sont celles concernant le Doubs Frontière uniquement (Morteau – St Hippolyte) bancarisées de 1975 à 2012 pour le benthos, de 1994 à 2013 pour les poissons, de 1980 à 2014 pour la physico-chimie. Cette analyse ne tient donc pas compte des données les plus récentes 2015 & 2016 et celles qui ne seraient pas encore entrées dans les bases de données. Ces données brutes bancarisées sont comparées aux conclusions des rapports spécifiques les plus récents disponibles.

De plus, s'il aurait été intéressant d'adopter, pour l'établissement de la situation actuelle, une approche intégratrice basée sur plusieurs années de données récentes, ce n'était pas l'objet du présent mandat. Les données d'une année de mesures uniquement ont été utilisées. Les conclusions présentées ci-après sont à relativiser en conséquence.

#### La qualité benthique :

En amont, le Doubs présente un IBCH qui va de médiocre (Saut du Doubs à 88 km de la source : IBCH 7/20) à moyenne (la Rasse, à 103 kilomètres de la source : 16/20) mais peut atteindre localement les très bonnes valeurs de 18 et 19/20 (Les Gravieres et le Refrain à, respectivement, 98 et 110 kilomètres de la source) (Aquarius, 2012 & Données récentes IBCH Canton de Neuchâtel). Les affluents, quant à eux, présentent une situation mauvaise à médiocre (La Ronde : IBCH entre 4 et 7/20), La Rançonnière (IBCH de 0 à 3/20) et le Bied du Locle (IBCH de 10/20). Selon Aquarius (2012), les espèces de plécoptères, éphéméroptères et trichoptères ont régressé au cours des quarante dernières années.

La situation dans le canton du Jura est toutefois plus réjouissante (Aquabug 2015) puisque la note IBGN moyenne obtenue sur 24 relevés entre DO112 et DO160 est de 17/20. Les observations réalisées sont considérées comme très bonne, avec une richesse de taxons exceptionnelle. La situation des affluents est similaire à l'exception de celui en aval de la pisciculture de Soubey (DO135). En outre, la note IBGN/IBCH est meilleure de 1 à 2 points en 2011-2014 que dans les années 90. La situation est donc considérée comme excellente et en amélioration depuis 1990-2002 (Aquabug 2015).

En France, les données DCE-RCS 2012 révèle une note IBGN de 14/20 à Morteau (à 80 km de la source) et de 17/20 à Goumois (à 121 km de la source). Ces valeurs permettent de classer la masse d'eau comme en bon état écologique. Les données 2013 à Goumois confirment ce classement : IBGN 17/20.

*Selon normes IBGN/CH = bon état de conservation du Doubs.*

Au final, que cela soit en Suisse ou en France, le Doubs frontière est considéré par les notes IBGN/IBCH en bon état de conservation, à l'exception de l'aval immédiat du lac de Chailloux/Brenets au Saut du Doubs. Il est même signalé que le Doubs demeure une des rivières les plus diversifiées de Suisse et que depuis les années 90, sa situation s'est améliorée.

L'utilisation des outils de comparaison de données de densité brute mis en place dans la présente étude révèle dans un premier temps que les données issues des suivis IBCH (Canton du Jura & Neuchâtel) ne sont pas exploitables dans le cadre de la présente démarche. D'une part la détermination au niveau familial n'est pas suffisamment précise pour déceler les variations de richesse taxonomique qui apparaissent en revanche au niveau générique. D'autre part, le prélèvement au pied à l'aide d'un haveneau ne permet pas de confronter les densités avec les données historiques, toutes échantillonnées au surber, à surface de prélèvement connue. Enfin, la période d'intervention printanière (mars-avril) limite également les comparatifs puisque la quasi-totalité des données dans la base sont estivales ou automnales. En conséquence, seules les données françaises (DCE-RCS) pourront être utilisées à Morteau et Goumois. Pour les autres stations (aval Refrain, Ocourt), les résultats exploitables les plus récents disponibles seront interprétés, par défaut.

Dans les graphes ci-dessous, sont comparées les densités (en nombre d'individus / m<sup>2</sup>) pour différents taxons d'éphéméroptères, trichoptères, et plécoptères, avec les densités dites « théoriques minimales » calculées précédemment par le bureau d'études sur la base de la littérature.



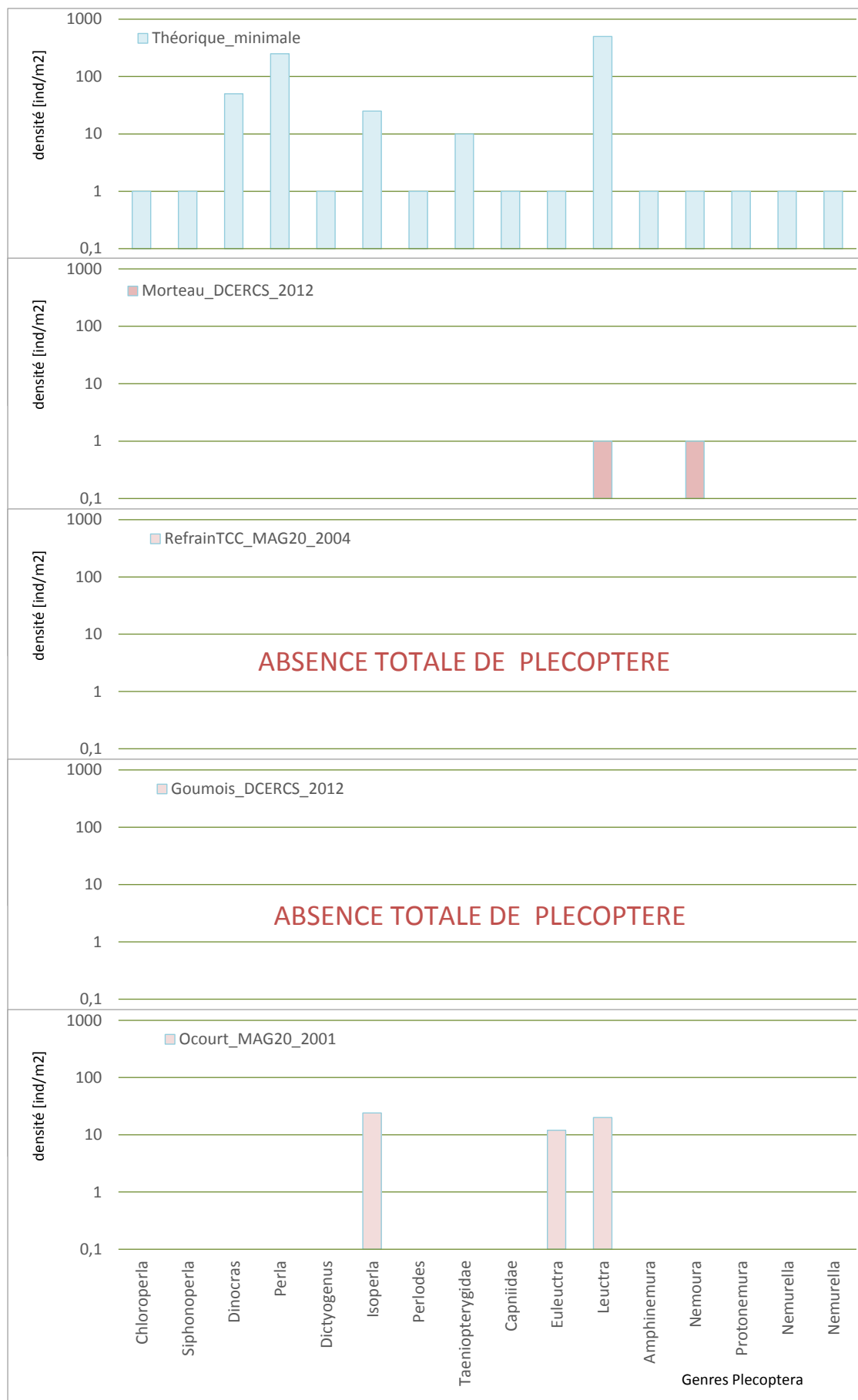


Figure 7.17 : Densité générique de plécoptères les plus récentes observées sur le Doubs frontière (Données DREAL & Agence de l'eau)

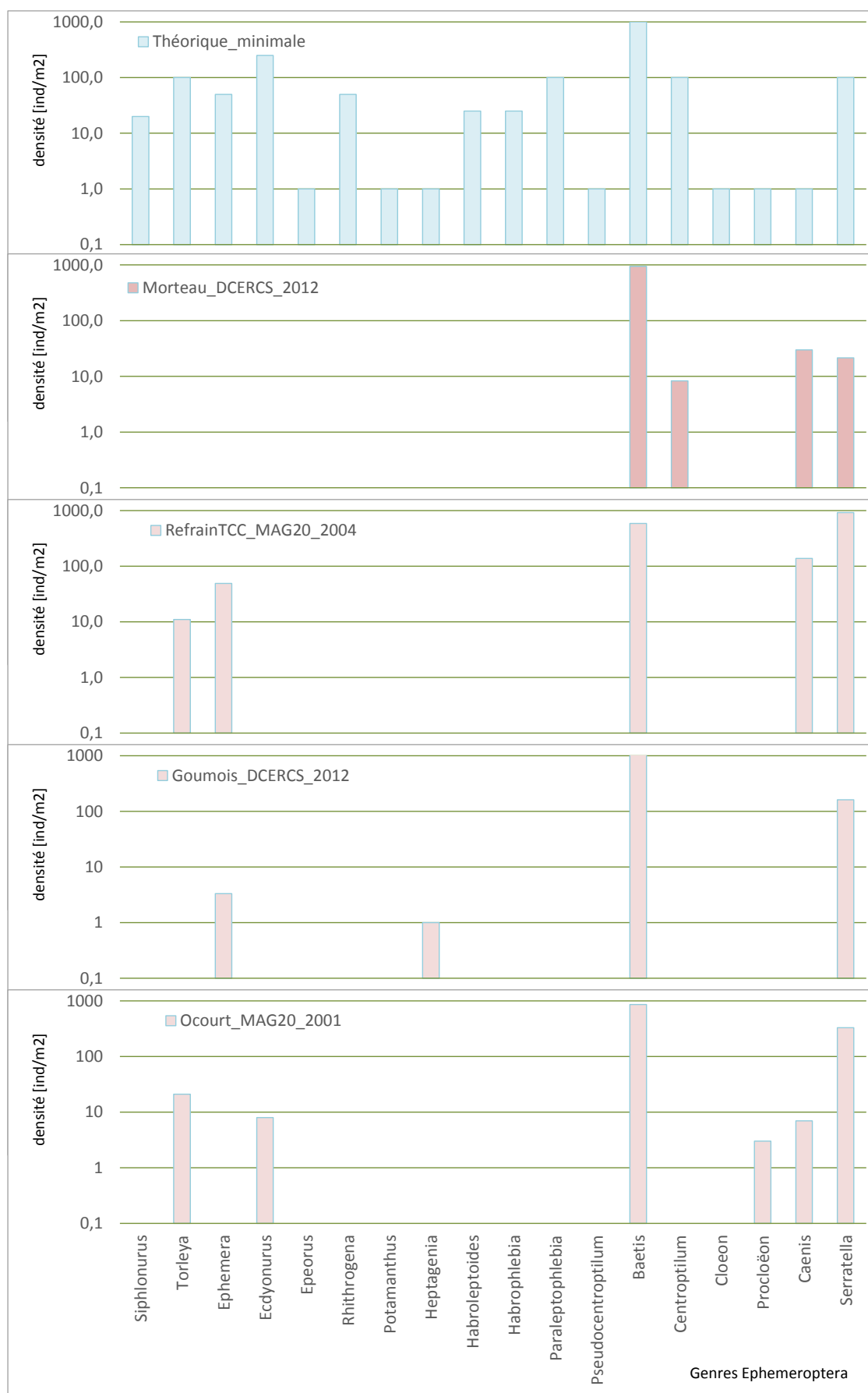


Figure 7.18 : Densité générique d'éphéméroptères les plus récentes observées sur le Doubs frontière (Données DREAL & Agence de l'eau)

Présente analyse = mauvais état de conservation du Doubs.

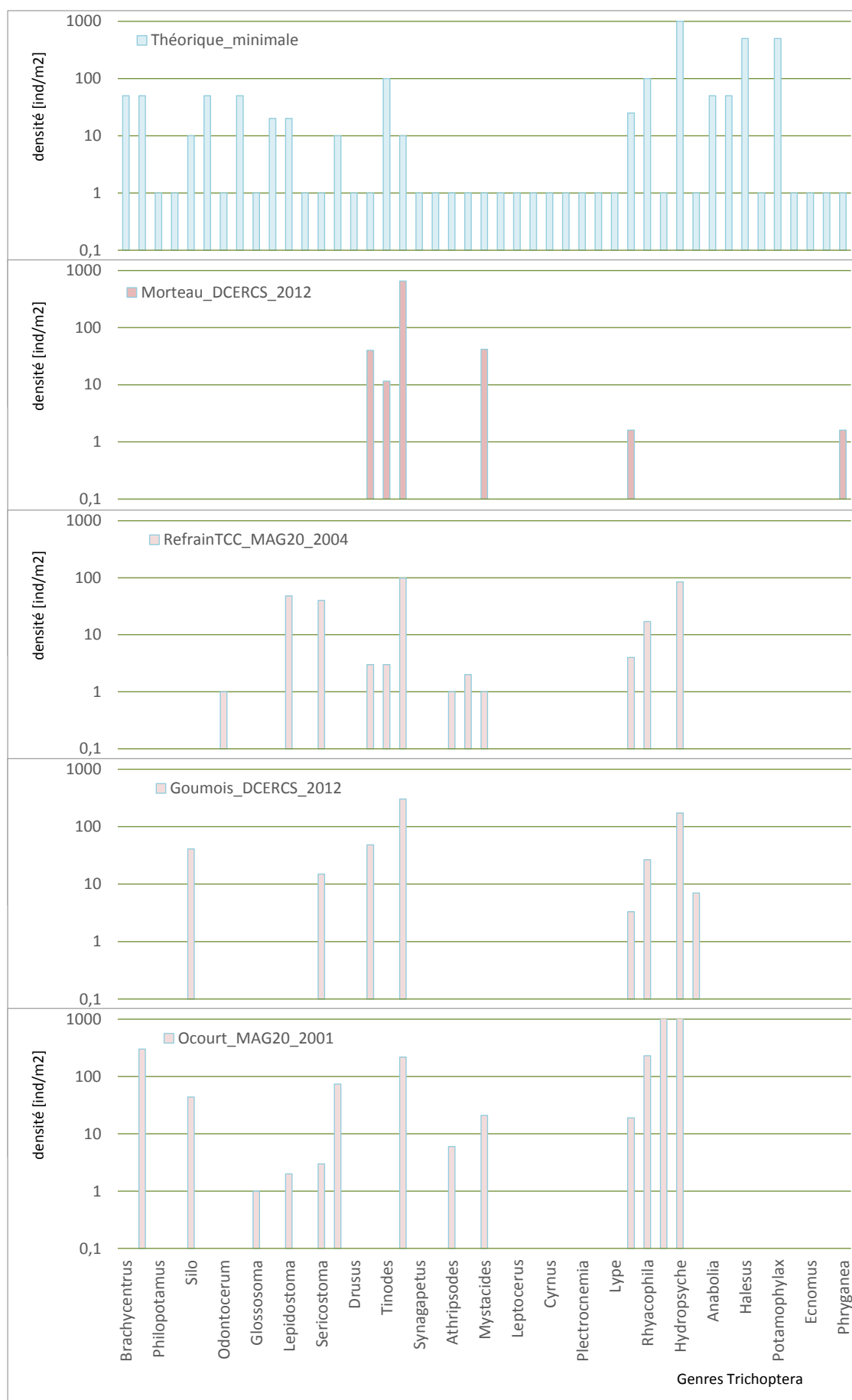


Figure 7.19 : Densité générique de trichoptères les plus récentes observées sur le Doubs frontière (Données DREAL & Agence de l'eau)

Dans un deuxième temps, il ressort que l'abondance et la fréquence des plécoptères et des éphémères sont en forte régression. Sur certaines stations et pour certaines années de mesures, les prélèvements ne comportent même aucun plécoptère (Refrain et Goumois). Le statut des trichoptères est plus mitigé mais des déficits sont aussi notoires pour certains taxons appartenant à cet ordre.

Ces observations répétées nuancent les conclusions tirées des synthèses des données sur la qualité benthique disponibles sur le Canton de Neuchâtel ou du Jura (Aquabug, 2012), en mettant en évidence une régression des populations de certains genres les plus sensibles aux pressions durant les dernières décennies.

Cela peut en partie s'expliquer par le fait que dans cours d'eau classés comme en bon état, tous les taxa mentionnés dans les graphes ci-dessous n'ont pas forcément besoin d'être présentes. Avec la présence de certains taxa (du groupe faunistique indicateur) en une quantité élevée, l'état benthique est classé bon selon l'appréciation du SMG.

Dans l'objectif de comprendre, la chronologie de cette dégradation du Doubs des cartes évolutives de la répartition et de la densité des taxons les plus sensibles ont été réalisées (fig. 7.21 à 7.24).

Réduction préoccupante des taxons les plus sensibles.

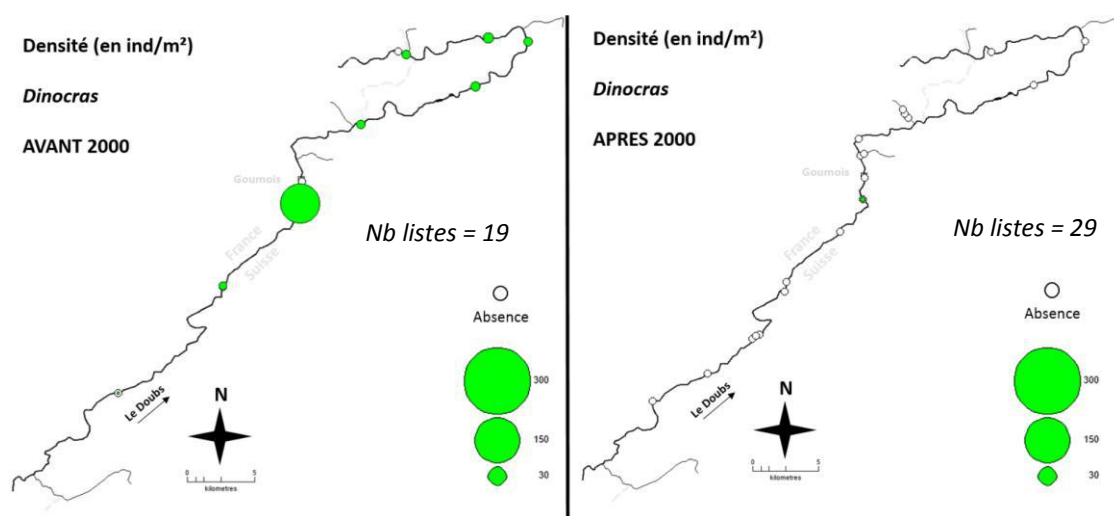


Figure 7.20 : Evolution de la densité du genre *Dinocras* (Plecoptera) entre 1975-2000 vs 2000-2013.

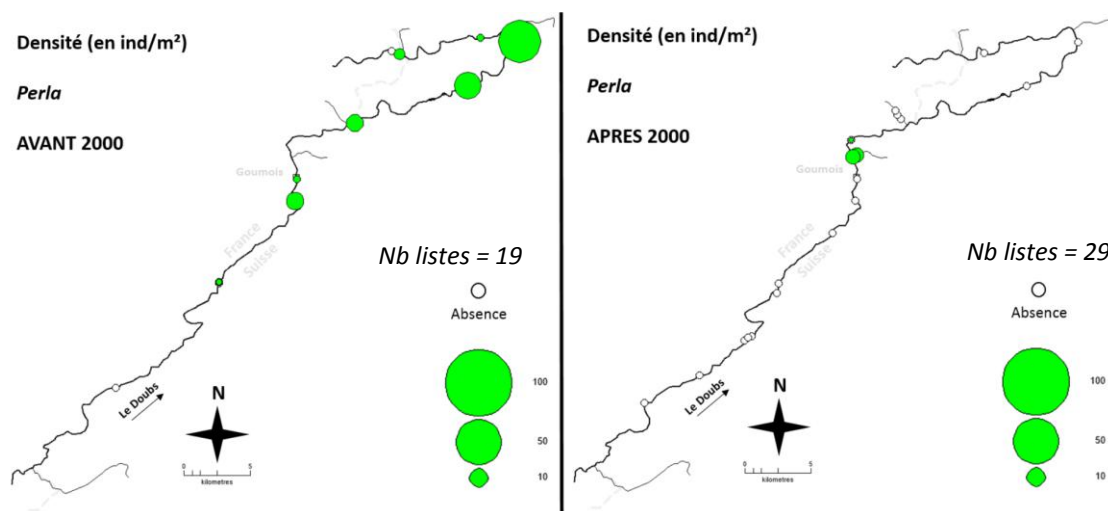


Figure 7.21 : Evolution de la densité du genre *Perla* (Plecoptera) entre 1975-2000 vs 2000-2013.

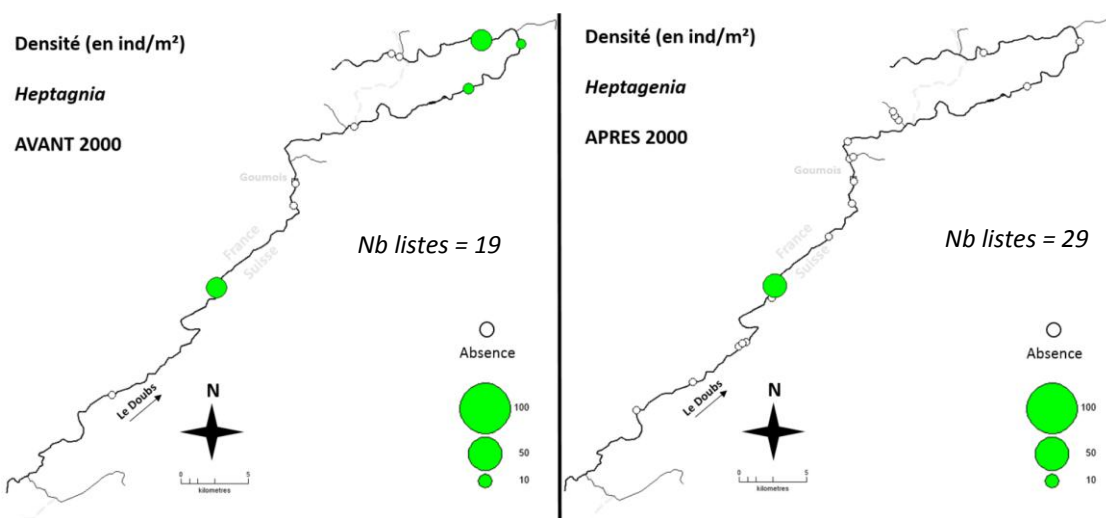


Figure 7.22 : Evolution de la densité du genre *Heptagenia* (Ephemeroptera) entre 1975-2000 vs 2000-2013.

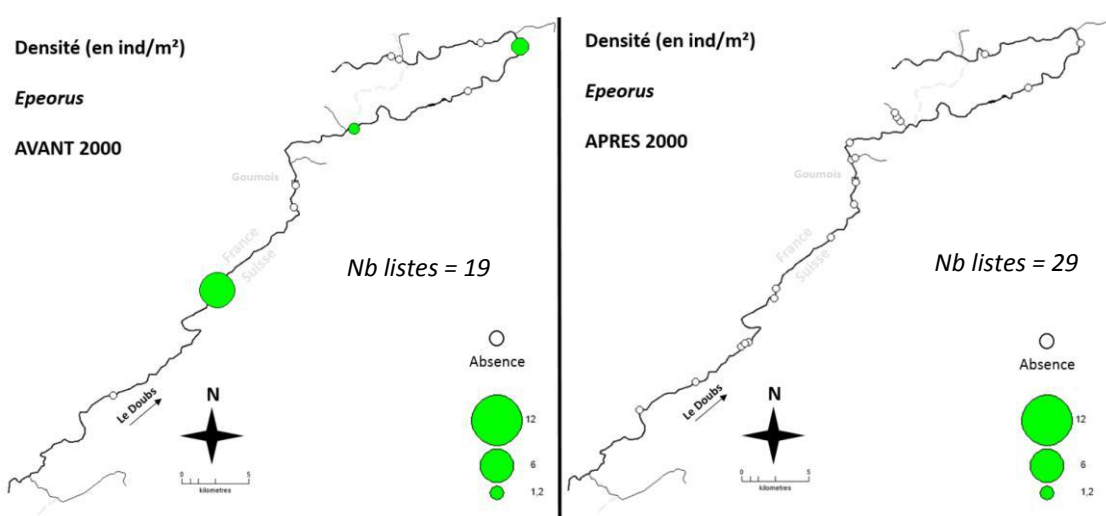


Figure 7.23 : Evolution de la densité du genre *Epeorus* (Ephemeroptera) entre 1975-2000 vs 2000-2013.

Cette analyse confirme bel et bien que la qualité benthique du Doubs s'est lourdement dégradée ces quarante dernières années.

On peut préciser le fait que certains prélèvements n'ont pas pu être exploités dans le cadre de l'étude (biais lié à la méthode de prélèvement IBCH), ils ont permis de recenser ponctuellement certains genres (*Ecdyonurus*, *Epeorus*, *Rhithrogena*), ici mentionnés comme absents.

Le fait que ces genres sensibles n'ont plus été détectés dans les échantillonnages benthiques au surber, ne veut pas dire que ces taxons ont totalement disparu de la vallée. Ils sont devenus au fil du temps beaucoup plus rares et à termes, si la tendance ne s'inverse pas, risquent réellement de ne plus peupler du tout la vallée du Doubs frontrière.

Réduction préoccupante des taxons les plus sensibles.

### La qualité piscicole :

L'évolution de la qualité piscicole du Doubs frontière a déjà fait l'objet de nombreux rapports (CSP 1995, Degiorgi & Champigneulle 2000, Richard et al 2005, Université de FC 2008, Borderelle et al 2011, Aquarius 2012). D'une manière générale, les auteurs s'accordent sur un déficit systématique des peuplements par rapport au potentiel du cours d'eau. La tendance en 2011 était contrastée d'une station à l'autre. Néanmoins, le degré d'altération des peuplements semble stable de 1985 à 2011. Les fortes mortalités intervenues ces dernières années auront peut-être eu une influence. De nouveaux inventaires ont été organisés en 2016 pour vérifier la situation.

La confrontation des dernières données disponibles aux peuplements théoriques calculés à partir de la base de données confirme ces différentes synthèses. Les principales espèces sont présentes en quantités souvent réduites et quelques-unes sont absentes, surtout les cyprinidés d'eau-vive (toxostome, spirilin, ...). Parallèlement, des poissons de plans d'eau (gardon, brochet, etc..) ont également été capturés. Aucune donnée utilisable n'a pu être récoltée pour l'amont du Saut du Doubs.

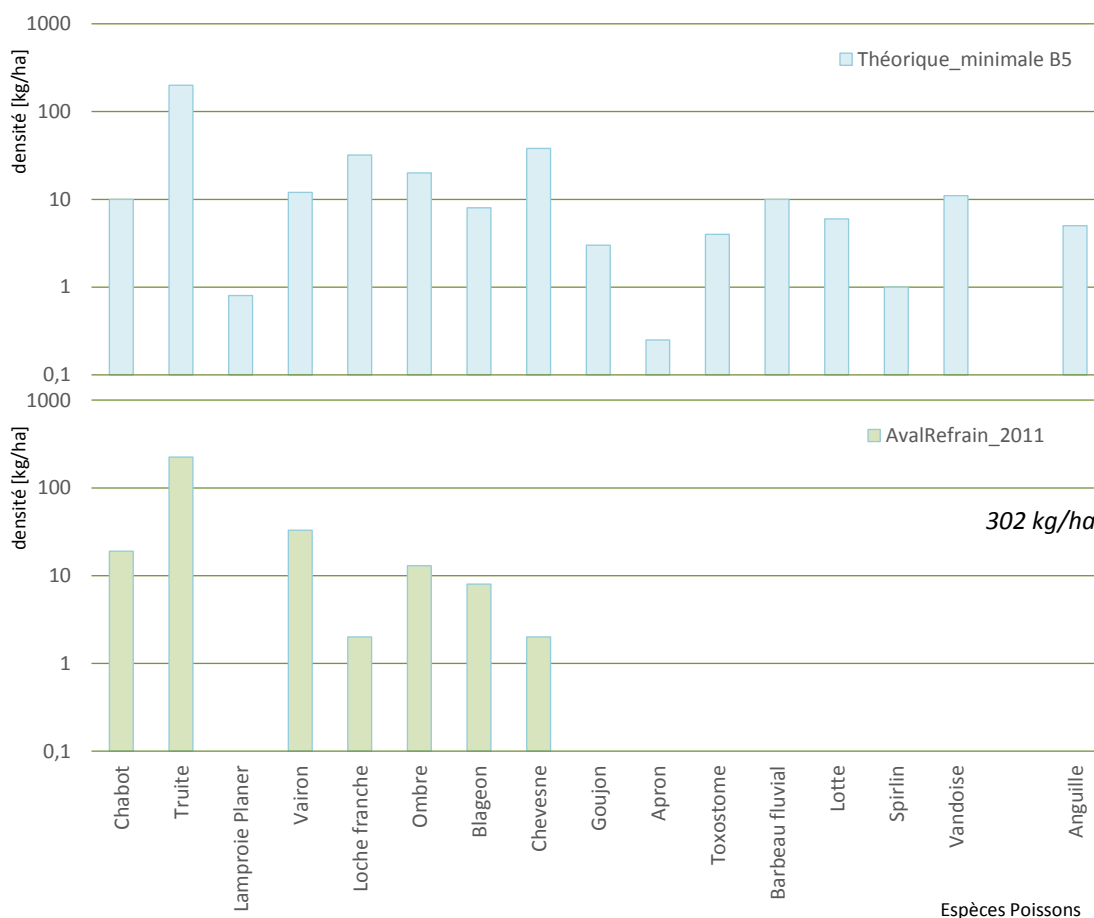


Figure 7.24 : Comparaison du peuplement piscicole typique potentiel (dit « théorique minimal ») au peuplement mesuré à l'aval du Refrain en 2011.

Des altérations reconnues de longue date...

... confirmées par la présente analyse

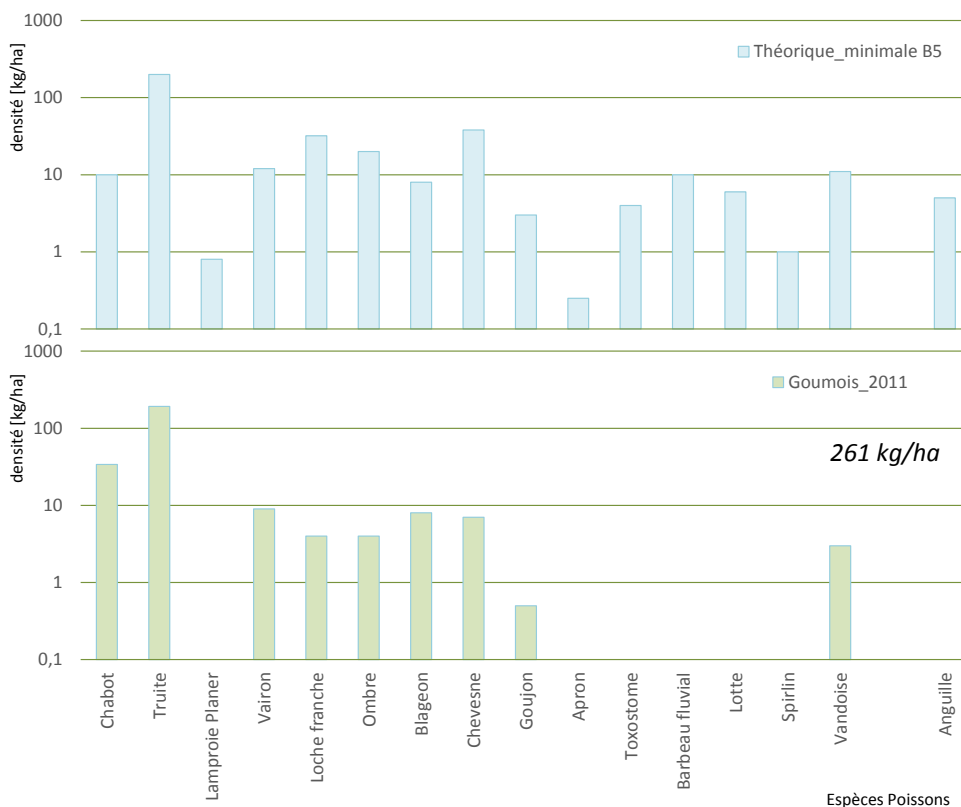


Figure 7.25 : Comparaison du peuplement pisciaire typique potentiel au peuplement mesuré à Goumois en 2011.

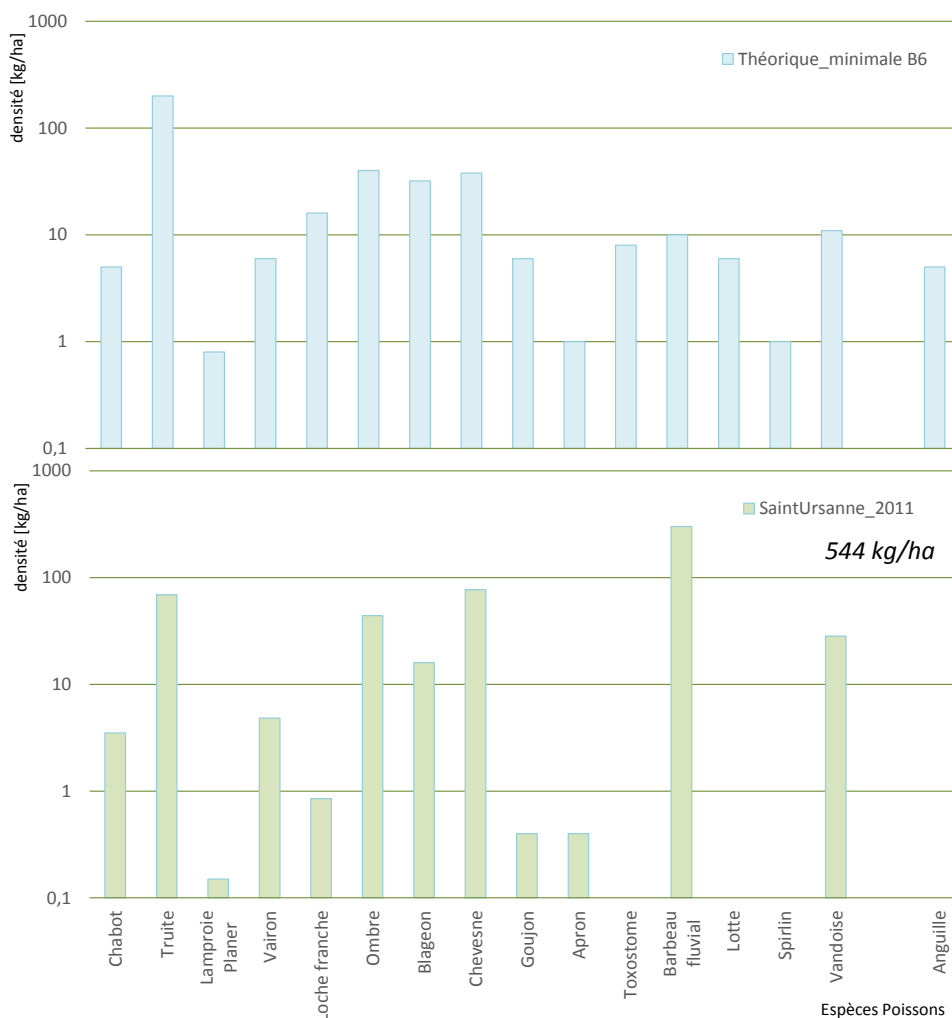


Figure 7.26 : Comparaison du peuplement pisciaire typique potentiel (dit « théorique minimal ») au peuplement mesuré à St-Ursanne en 2011.

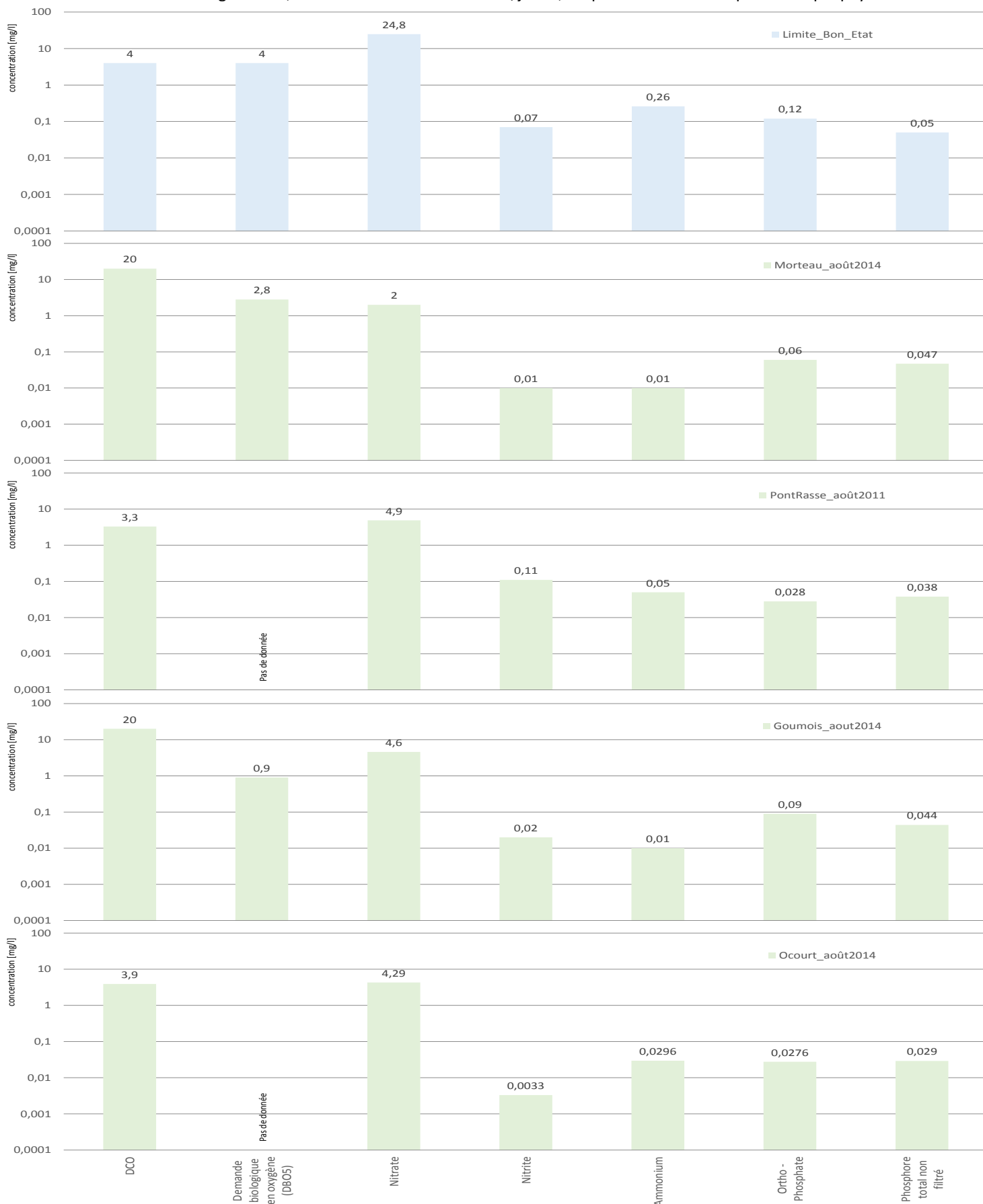
Manque de quelques espèces et densités souvent inférieures au potentiel



La qualité de l'eau :

*Pollution nutritives en diminution depuis les années 80*

La présente analyse ne concerne que la pollution organique et azotée, dans l'ensemble conforme aux exigences de chaque pays (Lievre et al 2003 et Aquarius 2012), et en amélioration depuis ces 30 dernières années (Lievre et al 2004). La comparaison des dernières données disponibles vérifie cette situation. Seuls quelques paramètres dépassent les teneurs limites du bon état (Figure 7.27) définies à la Figure 7.16, soit les limites de classe verte/jaune, les plus discriminantes parmi chaque pays.



*Des suivis insuffisants pour déterminer des problèmes de qualité d'eau*

Même si le Doubs constitue toujours la rivière de référence en matière de qualité des eaux pour le canton du Jura (Lievre et al 2003), tous les auteurs s'accordent sur la nécessité de réaliser des mesures de qualité plus approfondies. D'autant plus que des traces de pesticides sont détectées dans plusieurs campagnes d'analyse des eaux (Aquarius 2012).

Concernant les micropolluants, non étudiés dans le cadre du présent mandat, des mesures sur sédiments ou bryophytes sont déjà réalisées de part et d'autre de la frontière, mais pas sur toutes les stations, ni sur les mêmes paramètres.

Pour vérifier et mesurer l'importance de ces contaminations par des substances xénobiotiques, souvent peu solubles, des recherches complémentaires, systématiques et approfondies de substances bioaccumulées ou adsorbées sur les sédiments paraissent nécessaires.

#### **7.4. Conclusion sur l'état de conservation du Doubs frontière :**

Au final, l'état du Doubs frontière est contrasté. D'une part, ce cours d'eau demeure une référence régionale en termes de biodiversité et de qualité des eaux. D'autre part, plusieurs taxons indicateurs à fort intérêt patrimonial sont en cours de régression voire de disparition, que ce soit au sein des poissons ou des communautés d'insectes à larves aquatiques.

Plus généralement, les potentiels biologiques que pourrait exprimer cette rivière sont loin d'être atteints. En particulier, la plupart des macroinvertébrés sensibles ont subi de fortes régressions depuis 1975. Cette tendance confirme que le Doubs est soumis à diverses pressions : dégradation de la qualité de l'eau et des sédiments, artificialisation du régime hydrologique, altération du régime de charriage, dont certaines sont d'ores et déjà bien identifiées dans le cadre des documents de planification de la gestion des cours d'eau de chaque Etat.

Parallèlement, les peuplements de poissons sont restés à peu près stables de 1985 à 2011 mais sont altérés ou simplifiés, malgré les efforts d'amélioration de la gestion des débits entrepris depuis 2005. Seul le peuplement piscicole de la station du Cable, à l'aval de la restitution du Refrain, pourrait avoir partiellement bénéficié de l'augmentation des débits plancher des deux barrages amont. Sur toutes les autres stations, les biomasses d'ombre et de truite, sont nettement déficitaires par rapport aux valeurs optimales de ce type de grands cours d'eau calcaires.

Le panel d'analyses chimiques actuellement mis en œuvre en routine n'est pas suffisant pour cerner les causes de la régression ou de la limitation des potentiels biologiques. Plusieurs investigations complémentaires sont nécessaires pour élucider ce processus. En particulier, les contaminations en substances xénobiotiques (pesticides, HAP, retardateurs de flammes, résidus de substances médicamenteuses humaines et vétérinaires ...) devraient être recherchées suivant des fréquences accrues, selon des mailles spatiales plus serrées. Ces molécules, dont la plupart sont peu solubles mais susceptibles de contaminer le Doubs sous forme adsorbée sur les MES, devraient surtout être analysées dans plusieurs matrices à mémoire rémanentes, et en particulier les sédiments ou le foie des poissons, sans se cantonner à les chercher uniquement dans l'eau.

Enfin, il convient de signaler que les suivis mis en œuvre de part d'autre de la frontière ne sont pas harmonisés. Ils ne sont ni complets ni complémentaires. Une amélioration de la coordination des programmes faciliterait l'obtention d'une vision cohérente et partagée de l'état du Doubs et permettrait de disposer d'outils communs pour circonscrire puis juguler les causes de l'appauvrissement des potentiels biologiques de ce cours d'eau d'exception.

*La perte de qualité demeure inexpliquée*



### Paramètres mesurés :

Si pour le benthos et les poissons, les données disponibles paraissent suffisantes, celles de la physico-chimie devraient être complétées par des analyses supplémentaires, notamment sur support à mémoire rémanente d'une manière systématique de toutes les stations.

*Qualité morphologique  
à suivre*

En outre, la qualité morphologique du cours d'eau n'est pas suivie dans le temps. Or ce paramètre est tout aussi important que la qualité chimique du cours d'eau. Une cartographie régulière des substrats/supports, des vitesses d'écoulement et des hauteurs d'eau à l'étiage de chaque station serait pertinente. Cette pratique permettrait aussi de suivre l'intensité et l'impact sur les habitats aquatiques des phénomènes de colmatages par les algues filamenteuses.

### Méthodes mises en œuvre :

Pour le benthos, une méthodologie qui utilise le surber pour les prélèvements, un tri exhaustif et une détermination générique est indispensable pour disposer de données comparables et d'indicateurs suffisamment sensibles comme la variété générique. En effet, plus le nombre de prélèvements par station est élevé plus le nombre de taxons inventoriés est représentatif du cortège d'espèces présentes et plus les résultats sont précis et fiables (Figure 8.2). A ce titre, la robustesse des mesures quantitatives issues des méthodes à 8 prélèvements est sujette à caution tandis que, qualitativement, leur sensibilité est insuffisante pour percevoir toutes les perturbations susceptibles d'altérer la qualité du Doubs.

*Surber, tri et dénombrement  
exhaustifs, détermination  
générique et maximisation  
du nombre de prélèvements  
à préconiser*

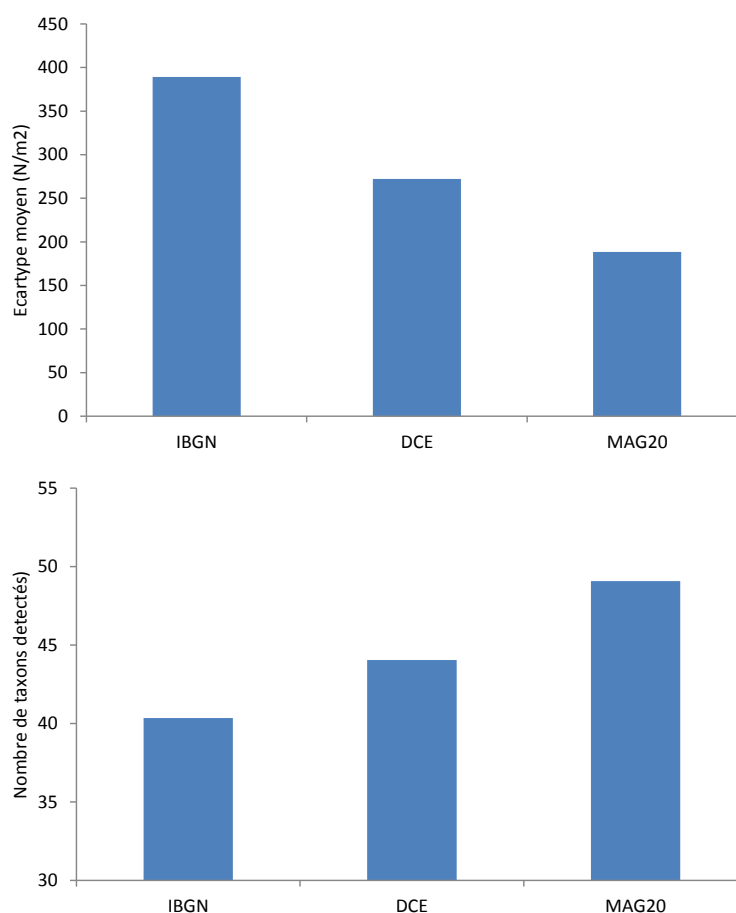


Figure 8.2 : Comparaison des précisions instrumentales (approchées par l'écart type des séries de densités) et de la représentativité des prélèvements benthiques (approchée à l'aide de la variété moyenne) pour 3 protocoles appliqués avec une détermination générique exhaustive mais mettant en œuvre un effort d'échantillonnage croissant ; IBGN : 8 placettes ; DCE : 12 placettes ; MAG20 : 20 placettes. N = 62 résultats de MAG20 DCE compatibles, disponibles sur la zone d'étude, et avec lesquels il est possible de calculer les variétés et les écarts types de densité pour les trois méthodes.

*Inventaires exhaustifs*

Pour le poisson, les inventaires par pêche électrique exhaustive à deux ou idéalement trois passages sont à poursuivre. Ces données quantitatives comparables pourraient être utilement complétées par des prospections par habitats dans certains secteurs profonds à l'aide de pêche aux filets multimailles et de pêches électriques en bateau.

*Analyses sur support à mémoire rémanente*

Pour la physico-chimie, les mesures en continu sont à privilégier. Par ailleurs, des mesures sur support à mémoire rémanente (sédiments, bryophytes, algues) devraient être envisagées d'une manière systématique en complément. Enfin des mesures complémentaires en période de lessivage mais hors période végétative permettraient de mieux quantifier les flux de polluants, en particulier en ce qui concerne les nutriments.

Enfin, pour la morphologie à titre d'information, le plus grand nombre de données historiques disponibles pour l'instant est issu de l'application du protocole de l'indice d'attractivité morphodynamique (IAM).

Période des échantillonnages biologiques :

Conformément aux données historiques à disposition et de la plupart des directives suisses, françaises et européennes, la période de prélèvement estivale et automnale est à privilégier pour l'application des méthodes biologiques. C'est en effet, après la période critique de basses eaux et de canicule que doit être déterminé l'état de conservation d'un secteur de cours d'eau. D'autres périodes peuvent naturellement être échantillonnées, cependant un prélèvement au minimum devrait être réalisé en été et/ou en automne.

Occurrence des prélèvements :

L'occurrence des prélèvements est proportionnelle au caractère intégrateur du paramètre mesuré. Par exemple, si la chimie des eaux devrait être mesurée dans l'idéal en continu, celle des sédiments est à coupler aux événements hydrologiques. Après chaque crue susceptible de mobiliser des sédiments, une analyse devrait être lancée. Dans la pratique cependant, une fréquence d'une à deux fois par an, durant les périodes critiques, semble la norme minimale à respecter. A titre d'information, les recommandations suisses en matière de suivi des eaux de surface suggèrent un pas de mesure mensuel (12 fois/an).

Pour le benthos, étant donné que les espèces les plus sensibles réalisent leur cycle en 2 voire 3 ans, un pas de temps correspondant semble suffisant. En effet, une mesure par renouvellement des peuplements suffit en général à estimer leur état de conservation.

Dans la même perspective pour les poissons, une intervention tous les 3 à 4 ans est utile.

Enfin pour la morphologie, l'occurrence des crues morphogènes doit être intégrée. Ainsi, une mesure en moyenne tous les 5 ans (soit en moyenne après deux crues bisannuelles réputées morphogènes) devrait être mise en œuvre.

**8.2. Base de données et d'outil d'interprétation communs aux deux pays :**

Le premier constat réalisé par lors de cet expertise a été l'incompatibilité des bases de données de chaque Etat. En effet, de nombreuses étapes du stockage et de la bancarisation ne sont pas harmonisées et varient grandement, depuis les unités, jusqu'à la manière de stocker les données et d'intituler les paramètres mesurés (...). Une des premières tâches a donc consisté à assembler l'ensemble de l'information disponible en une base de données commune pour la chimie, le macro-invertébré et les poissons.

Ensuite, afin de faciliter, la publication des rapports annuels de situation, des outils excel ont été développés par domaine. Ils permettent de comparer en un seul coup d'œil l'état du Doubs frontière en fonction des exigences légales de chaque pays et des limites détaillées du bon état écologique définies dans le présent document.

*Mise en commun des données indispensable*

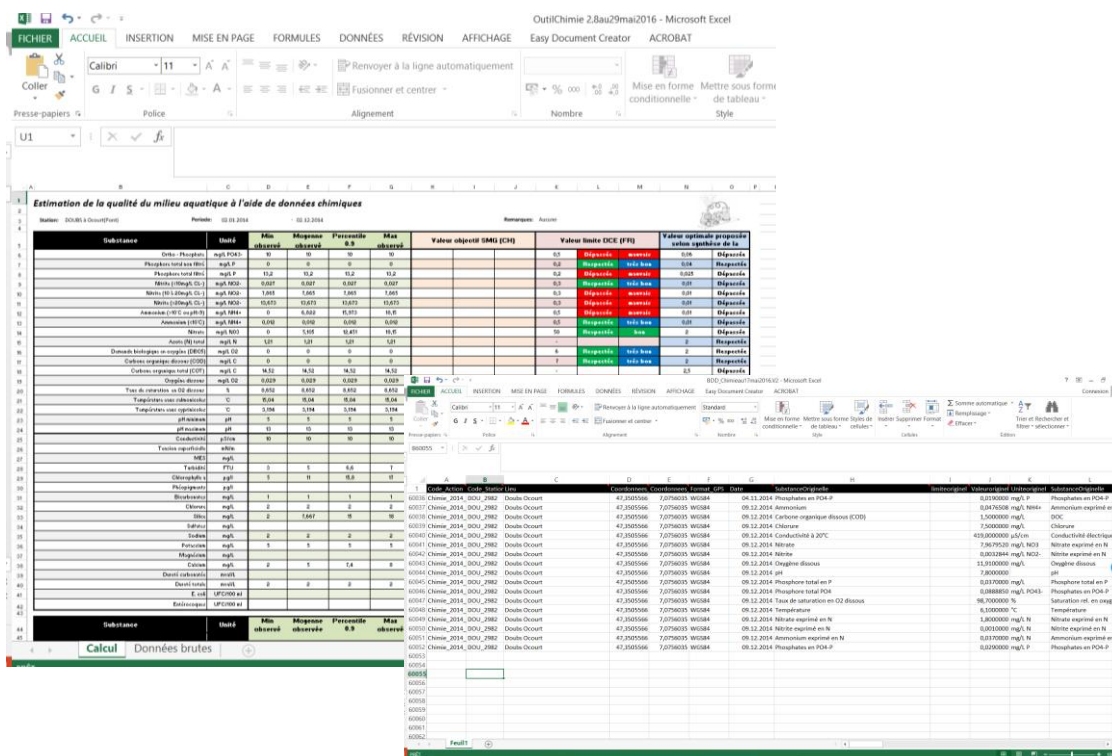


Figure 8.3 : illustration de l'outil (à gauche) et des données bancarisées (à droite) pour la chimie, développés pour l'occasion. Les autres supports informatiques sont en annexes.

Des outils d'interprétation à adapter en permanence

Ces outils guident les opérateurs pour que les données qu'ils numérisent soient bancarisées d'une seule et même manière, quels que soient la station ou le pays. A termes, ils pourront ainsi alimenter une base de données commune regroupant les données sur la chimie, le benthos et les poissons sous des formats uniques et explicites. Les analyses thématiques et les synthèses sur l'évolution de la qualité du Doubs seront alors grandement facilitées.

L'ensemble du matériel informatique, les notices d'utilisation et les limites d'interprétation de chaque outil est annexé au présent document. Ils devront à l'avenir être actualisés pour suivre l'évolution des normes en vigueur ainsi que des techniques de prélèvement et d'analyse une fois reconnues internationalement.

### 8.3. Recherche des causes de perturbations :

Si la détermination de l'état de conservation d'un cours d'eau est l'objectif prioritaire d'un suivi, il convient également de l'utiliser pour déterminer les causes de perturbations et proposer des solutions d'amélioration. Le but ultime est de répondre aux exigences législatives en matière de respect du bon état écologique et d'amélioration des eaux. C'est notamment pour cette raison que les méthodes à mettre en œuvre se doivent d'être intégratrices, que les stations sont à placer en fonction des potentiels polluants ou dysfonctionnels et que les mesures sont à réaliser en période critique pour la biologie.

Des recherches complémentaires...

Le trésor de données disponible sur le Doubs franco-suisse, bancarisé pour l'occasion, n'a pas encore révélé tous ses secrets. Une analyse détaillée, espèce par espèce, station par station, substrat par substrat permettrait de décortiquer la chronique des altérations constatées pour les édifices biologiques.

Parallèlement, une synthèse multiparamétrique (poisson, benthos, physico-chimie, régime hydrologique, etc..) permettrait également de circonscrire et de hiérarchiser les facteurs limitant le développement harmonieux des biocénoses.

Au final, il serait alors possible de proposer un programme d'actions concerté visant la sauvegarde durable du joyau régional que constitue la vallée du Doubs frontrière.

## 9. Bibliographie

- Agence de l'eau RMC (2011). Qu'est-ce que le bon état des eaux. 24 p.
- Agence de l'eau (2006). Le prélèvement d'échantillons en rivière. Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques. 134 p.
- Aquabug (2015). Suivi de la qualité biologique des cours d'eau par la méthode IBCH (MZB-NIVEAU R). Rapport du cycle 2011-2014. 53 p.
- Aquarius, Aquabug et PhycoEco (2012). Bassin du Doubs Neuchâtelois, Diagnostic pluridisciplinaire des eaux de surface Rapport de synthèse. 152p.
- Borderelle A., Bouchard J. et Campagnat P. 2011. Etude de la qualité piscicole sur trois stations du Doubs franco-helvétique Rapport provisoire Étude réalisée
- Boutitie F., (1984) : L'Apron - Zingel asper (LINNE), Percidae - Poisson rare menacé de disparition (Biologie - Répartition - Habitat). DEA. Ecologie des Eaux Continentales. Univ. Lyon I: 27 p.
- CSP, 1995: Etat de santé des populations salmonicoles et impacts des repeuplements sur le Doubs franco helvétique. Rapport préliminaire : bilans des peuplements et résultats des marquages en 1994. Rapport CSP n°5, 1vol., 34p.
- DCE (2000) : Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 72p.
- Degiorgi F. et Raymond JC. (2000). Guide Technique : Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité générale des écosystèmes d'eau courante. 200p + annexes
- Degiorgi F., Champagneulle A. (2000). Diagnose piscicole et mesure de l'efficacité des alevinages en truite sur le Doubs Franco Helvétique. Rapport final Etude CSPINRA, 119 p.
- DREAL (2015). Mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau. Pour un bon état des eaux en 2015. 40 p.
- DREAL (2016). Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surfaces continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). 106 p.
- HAWKES H.A. (1975). River zonation and classification. In River ecology, B.A. Whitton Ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford, 312-374.
- Huet M, 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes Rev. Suisse d'Hydrol., 11 (Fasc. 3/4), 332-351.
- IB (1967). Indice biotique : méthode d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau à partir de la macro-faune benthique. Publication de Verneaux & Tuffery 1967 : 11p.
- IQGB (1976). Indice de qualité biologique globale : méthode d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau à partir de la macro-faune benthique. Publication de Verneaux & Tuffery 1976
- IBG (1982). Indice biologique global : méthode d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau à partir de la macro-faune benthique. Publication de Verneaux et al 1982
- IBGN (1992). Indice biologique global normalisé IBGN NF – T90-350. Guide technique de l'agence de l'eau. 21 p.



- Illies J. & Botosaneanu L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitteilungen Internationale. Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, 12: 1–57
- Lièvre et al (2003). Contamination en toxique des cours d'eau jurassiens : Etat initial. Rapport Fischnetz 91 p.
- Lièvre et al (2004). Etude des causes de diminution des populations de poisson dans les cours d'eau jurassiens. Rapport final Fischnetz. 97 p.
- MAG20 (2000). Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG20. Publication bureau d'étude Teleos, Degiorgi F. et Decourciere H. 4 p.
- Nisbet M. et Verneaux J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes, Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Sci-Univ. Fr-Comté*, t.6, fasc. 2, p. 161-190
- ONEMA (2008). Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. 27 p.
- Periat G, Limandat A, Schlunke D, Paris J (2014). Détermination des solutions techniques pour la restauration écologique au niveau de quatre ouvrages transversaux sur le Doubs franco-suisse. EPTB Saone & Doubs : 80p.
- PhycoEco, Aquabug, Aquarius (2012). Bassin Du Doubs Neuchâtelois. Diagnostic pluridisciplinaire des eaux de surface Rapport principal. Services de l'énergie et de l'environnement du Canton de Neuchatel. 152 p.
- Richard, S. et al (2005). Etude de la qualité piscicole du Doubs franco-helvétique. Définition d'un état initial. Rapport ONEMA.
- SMG Benthos (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos – niveau R. Stucki P. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1026: 61 p.
- SMG Diatomées (2007): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Hürlimann J., Niederhauser P. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.
- SMG Hydrologie (2011): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Hydrologie – régime d'écoulement niveau R (région). Pfaundler M. et al. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1107: 113 p.
- SMG Macrophytes (2009): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrophytes. B. Känel, W, Göggel, C. Weber. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1026: 61 p.
- SMG Physico-Chimie (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Liechti Paul. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p.
- SMG Poissons (2004). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Poissons – niveau R. Peter A., Schager E. Office fédéral de l'environnement, Berne. Information concernant la protection des eaux n°44. 65 p.
- Université de Franche Comté (2008). Synthèses des études sur l'état de santé du Doubs Franco-Suisse avant amélioration de la gestion hydroélectrique des débits. Analyse critique sur les modalités de la restauration (augmentation des débits planché).

- Verneaux J. (1973). Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura), Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs, essai de biotypologie. Thèse d'état, Université de Besançon, 261 p. + ann.
- Verneaux (1977a). Biotypologie de l'écosystème à « eau courante » Déterminisme approché de la structure biotypologique. CR Acad. Sci. Paris, 284, Série D, 77-79.
- Verneaux (1977b). Biotypologie de l'écosystème à « eau courante » Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichtyologique. CR Acad. Sci. Paris, 284, Série D, 675-678.
- Verneaux (1980). Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques. In P. Pesson, La pollution des eaux continentales, 289-345. Ed. Gauthier-Villars (Paris) 345 p.

## **10. Annexes**

Cf. fichiers outil et base de données annexés