



## Etat de Conservation du Toxostome sur le Doubs en amont de Besançon



Master2 Qualité des Eaux Sols et Traitements

Option Systèmes Aquatiques et Bassins versants

Théo-Paul HANS

Année 2015-2016



### **Membre du Jury:**

**Pierre-Marie BADOT** : Professeur à l'Université de Franche-Comté, Directeur du Master QuEST

**François DEGIORGI** : Maître de Conférences à l'Université de Franche-Comté, Responsable de l'Option SABV

**Christian ROSSIGNON** : Directeur technique FDPPMA25, Ingénieur Hydrobiologiste, Maître de stage

**Guy PERIAT** : Ingénieur Bureau d'études TELEOS, Tuteur Universitaire

**Hervé DECOURCIERE** : Ingénieur Bureau d'études TELEOS, Co-tuteur Universitaire



## **Structure d'Accueil :**

Fédération Départementale de Pêche et de la Protection des Milieux Aquatiques du Doubs

4 rue du Docteur Morel

25720 BEURE

« Ce mémoire est un travail d'étudiant présenté pour obtenir l'unité de valeur "stage long" du Master QuEST réalisé en formation continue, il n'a donc pas été soumis à correction définitive»

## **Photos en couverture (de haut en bas, de gauche à droite):**

- Usine et barrage Hydro-électrique de Dampjoux, (22/05/2016)
- Hotu du Doubs à Brémoncourt, (22/05/2016)
- TCC de l'usine Hydro-électrique de Mathay (10/05/2016)
- Hotu(?), Toxostome(?), Hybride (?) en rassemblement pré-fraie à Brémoncourt (22/05/2016)
- Barrage hydro-électrique de Mathay (10/05/2016)

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les nombreuses personnes, qui ont de près ou de loin contribuées à la réalisation de ce stage et ont plus généralement permis mon retour vers le côté lumineux de la force. Je remercie François Degiorgi pour avoir soutenu ma candidature au Master ainsi que le service formation continue de l'Université pour les démarches administratives associées à cette reprise d'études.

Un grand merci à :

- Christian Rossignon, Maître de stage, pour ses conseils, sa disponibilité et sa confiance accordée tout au long du projet.
- Guy Périat, tuteur universitaire, pour l'initiative de ce beau projet, le temps accordé à la recherche de financement, mon encadrement et ses encouragements.
- Thomas Groubatch, pour la validation de mes graph originaux, la vérification de mes déterminations et toutes ses précieuses leçons de survie pour 2048...(Je file faire un tour dans ma caisse).
- Thomas Poulleau, pour son aide précieuse sur le terrain, son expérience dans la traque des téléostéens en milieux hostiles, et la transmission d'une rigueur irréprochable quant à l'optimisation du rangement du matériel dans/ou en périphérie immédiate des véhicules FD25.
- Hervé Décourcière, pour la vérification de mes déterminations, les données ISBAD, ses conseils et encouragements durant le stage et au cours de la formation.
- John Carhyce pour les séances de rafting sur le Doubs médian, l'enseignement de l'IAM Grand cours d'eau, les dessins associés, et sans oublier ce grand moment de partage du poulet vandoisifié.
- Virginie Bigeard pour son réconfort permanent devant la mousson printanière 2016 !
- Alexandre Cheval pour ses conseils en communication, son acidité et l'explication de la géo-politique actuelle en terme d'halieutisme et de protection de l'environnement
- Jérémy Nicolet, pour cette partie de streetfishing au rattus mémorable et la pollution de mon vocabulaire par l'absorption de toutes tes belles expressions, beau petit lion!

Merci aux élus de la Fédération de Pêche du Doubs pour l'intérêt porté à mon stage et à l'ensemble des bénévoles ayant participé aux pêches du Doubs médian.

Sans oublié Jean-Sébastien Brocard qui n'a pas arrêté une minute depuis le début de ce stage. Mes derniers remerciements lui sont donc tout particulièrement adressés, notamment pour ses

## RESUME

Pour la première fois depuis les années 70, l'ensemble du cours du Doubs, depuis sa partie médiane à Brémondcourt jusqu'à sa partie basale à Verdun-sur-le-Doubs, a été analysé du point de vue de ses potentialités piscicoles et habitationnelles. Ses prospections ont permis de définir un état initial avant application d'un programme d'action. Les premières campagnes réalisées sur le cours basal du Doubs ont permis de constater la disparition d'une espèce d'intérêt patrimonial : le Toxostome, un chondrostome endémique du bassin rhodanien. Cette étude précise la répartition actuelle du Toxostome sur les bassins versants du Doubs et de l'Allan et fait état d'une perte de près de 70% du linéaire jadis colonisé par l'espèce. Les facteurs conditionnant la présence de l'espèce sont recherchés par la mise en place d'une approche pluridisciplinaire portant à la fois sur la qualité piscicole globale, la qualité habitationnelle et benthique des tronçons considérés.

## ABSTRACT

For the first time since the 70s, the entire course of the Doubs, from its middle part in Brémondcourt to its basal part in Verdun-sur-le-Doubs, was studied from the perspective of its fish population and fish habitat. Its surveys have defined an initial state before applying a program of action. The first campaigns carried out on the basal part have found the disappearance of a species of heritage interest: the French Nase, endemic chondrostome from the Rhone watershed. This study specifies the current distribution of french nase in the Doubs and Allan river and report a loss of almost 70% of straight once colonized by the species. The factors determining the presence of the specie are sought by the establishment of a multidisciplinary approach, embracing both fish population, benthic quality (french biotic index) and quality of fish habitat.

## LISTE DES ABBREVIATIONS

**AVM** : Araignées Verticales Multi-mailles (filets)

**CB2** : Capacité biogène secondaire

**CPUE** : Capture Par Unité d'Effort

**ECD** : Echantillonnage Continu en Distance (pêche électrique)

**IAM** : Indice d'Attractivité Morphodynamique

**IBGN** : Indice Biologique Global Normalisé

**ISBAD** : Indice de Sensibilité Benthique aux Altérations de Débits

**MAG20** : Macrobenthos Analyse Générique sur 20 placettes

**NTT** : Niveau Typologique Théorique

## CODE UTILISES POUR LES ESPECES PISCICOLES ET ASTACICOLES

**ABL** : Ablette (*Alburnus alburnus*)  
**ANG** : Anguille (*Anguilla anguilla*)  
**APR** : Apron (*Zingel asper*)  
**BAF** : Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)  
**BLN** : Blageon (*Telestes soufia*)  
**BOU** : Bouvière (*Rhodeus sericeus*)  
**BRB** : Brème Bordelière (*Blicca Bjoerkna*)  
**BRE** : Brème commune (*Abramis Brama*)  
**BRO** : Brochet (*Esox lucius*)  
**CCO** ou **CMI** : Carpe commune, carpe miroir (*Cyprinus carpio*)  
**CHA** : Chabot (*Cottus gobio*)  
**CHE** : Chevesne (*Leuciscus cephalus*)  
**EPI** : Epinoche (*Gasterosteus aculeatus*)  
**GAR** : Gardon (*Rutilus rutilus*)  
**GOU** : Goujon (*Gobio gobio*)  
**GRE** : Gremille (*Gymnocephalus cernua*)  
**HOT** : Hotu (*Chondrostoma nasus*)  
**HOX** : Hybride Toxostome/Hotu  
**LOF** : Loche franche (*Barbatula barbatula*)  
**LPP** : Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*)  
**OBR** : Ombre commun (*Thymallus thymallus*)  
**OCL** : Ecrevisse "américaine" (*Orconectes limosus*)  
**PER** : Perche (*Perca fluviatilis*)  
**PES** : Perche-Soleil (*Lepomis gibbosus*)  
**PFL** : Ecrevisse Signal (*Pacifastacus leniusculus*)  
**PSR** : Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*)  
**ROT** : Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*)  
**SAN** : Sandre (*Sander lucioperca*)  
**SIL** : Silure (*Silurus glanis*)  
**SPI** : Spirlin (*Alburnoides bipunctatus*)  
**TAC** : Truite Arc-en-Ciel (*Oncorhynchus mykiss*)  
**TAN** : Tanche (*Tinca tinca*)  
**TOX** : Toxostome (*Parachondrostoma toxostoma*)  
**TRF** : Truite fario (*Salmo trutta fario*)  
**VAI** : Vairon (*Phoxinus phoxinus*)  
**VAN** : Vandoise (*Leuciscus leuciscus*)

---

## LEXIQUE

**Zone allopatrique** : "zone dans laquelle les populations de groupe taxonomique différent occupent des aires géographiques séparées et non chevauchante " (Sinama 2013)

**Zone sympatrique** : "zone au sein de laquelle des populations de groupe taxonomique différent occupent des aires géographiques chevauchantes"(Sinama 2013)

**Zone parapatrique** : "zone dans laquelle les populations de groupe taxonomique différent peuvent être physiquement en contact mais ces populations de se chevauchent pas" (Sinama 2013)

**Back-cross** : reproduction d'un individu hybride avec une des deux espèces parentales "pures".

## TABLE DES MATIERES

Introduction, Contexte et problématique de l'étude.....	1
I. Le Toxostome, <i>Parachondrostoma toxostoma</i> , Vallot 1837.....	3
I.A Systématique et statut de protection.....	3
I.B Répartition géographique.....	3
I.B.1 Européenne.....	3
I.B.2 Nationale.....	3
I.B.3 Sur le Bassin versant du Doubs.....	3
I.C Ecologie de l'espèce.....	4
I.C.1 Reproduction.....	4
I.C.2 Interaction Toxostome/Hotu : apport de la génétique.....	4
II. Présentation de l'hydrosystème étudié.....	7
II.A Le Doubs: contexte hydrogéologique.....	7
II.B Contexte hydrologique.....	8
II.C Répartition historique la plus probable du toxostome jusqu'aux années 70.....	9
III. Méthodologie déployée.....	10
III.A Délimitation de l'aire de répartition actuelle du toxostome sur l'axe Doubs-Allan.....	10
III.B Analyse des peuplements piscicoles en place : Inventaires Grands Cours d'eau.....	10
III.B.1 Descripteur mésologique : Niveau typologique théorique (NTT).....	10
III.B.2 Constitution du peuplement de référence.....	11
III.B.3 Peuplements piscicoles : ECD/AVM.....	11
III.C Analyse standard des mosaïques d'habitats piscicoles : IAM.....	13
III.D Analyse du compartiment benthique : MAG20 adapté aux grands cours d'eau.....	15
III.D.1 Modalités spatiales : nombre et répartition des prélèvements.....	15
III.D.2 Analyse des résultats : méthode indiciaire sur 8 prélèvements.....	16
III.D.3 Analyse des résultats : comparaison interstationnelle sur les 20 prélèvements	17
III.E Etude comparée de l'hydrologie des stations.....	20
IV. Résultats : délimitation de l'aire de répartition actuelle du toxostome.....	21
IV.A Exploitation des données piscicoles récentes.....	21
IV.B Le cas de la Savoureuse à Vieux-Charmont (fermeture du bassin).....	21
IV.C Données retenues pour établir la répartition du toxostome en 2016.....	22

V.	Recherche des facteurs conditionnant la présence du Toxostome.....	24
V.A	Etat des peuplements piscicoles (Approche globale).....	24
V.A.1	Typologie .....	24
V.A.2	Régime thermique .....	25
V.B	Peuplement piscicole du Doubs médian .....	25
V.B.1	Composition qualitative et quantitative des trois stations.....	25
V.B.2	Structures stationnelles.....	26
V.C	Informations complémentaires apportées par les pêches grands cours d'eau. ....	29
V.C.1	Rendement de capture.....	29
V.C.2	Structure de taille .....	30
V.D	Qualité habitationnelle globale des trois stations étudiées.....	31
V.D.2	Confrontation des peuplements piscicoles en place à la capacité d'accueil de chacune des stations.....	33
V.D.3	Recherche de pôles d'attraction pour le Toxostome/confrontation aux cartographies.....	35
V.E	Analyse de la qualité générale de l'hydrosystème : approche par les communautés macrobenthiques.....	37
V.E.1	Sur les 8 prélèvements IBGN .....	37
V.E.2	Sur les 20 prélèvements .....	38
V.E.3	Analyse de la qualité trophique en lien avec deux pôles réputés attractifs pour les chondrostomes : approche par les communautés macrobenthiques .....	40
V.E.4	Confrontation des peuplements benthiques des deux stations du Doubs par un indice de sensibilité aux altérations de Débit, l'ISBAD.....	42
V.F	Mise en évidence simplifiée des perturbations hydrologiques sur le secteur d'étude 44	
V.F.1	Du système Chatelôt-Refrain-Goule à Brémoncourt (Etude Courret, 2014) .....	44
V.F.2	De Brémoncourt à Dampjoux.....	45
VI.	Discussion générale .....	48
	CONCLUSION GENERALE .....	50

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : L'un des 4 toxostomes capturés lors de l'étude des potentialités morphologiques et piscicoles du Doubs moyen en 2015 (photographie G.Périer).....	2
Figure 2 : Proportion de chaque composante testée, regroupée en EC Ecologic Clade, exprimé en fréquence de détections sur 370 excréments testés (extrait de Corse, 2010).....	6
Figure 3 : Contexte géologique du bassin versant du Doubs et de l'Allan, positionnement des stations étudiées, extrait de Le Doubs, rivière comtoise, (Daniel Inconnue) .....	7
Figure 4: Profil en long schématique du Doubs depuis la frontière Franco-suisse à sa confluence avec l'Allan (Distance exprimée en km).....	8
Figure 5 : Répartition historique la plus probable du Toxostome sur le Doubs en amont de Besançon.....	9
Figure 6 : Répartition actuelle du Toxostome sur le bassin versant du Doubs en amont de Besançon.....	23
Figure 7 : Abondance des toxostomes capturés en fonction de leur taille, de la stratégie d'échantillonnage et de la station considérée .....	30
Figure 8 : Composition des mosaïques d'habitats des trois stations étudiées, les parenthèses indiquent la représentativité des substrats artificiels.....	31
Figure 9 : Évaluation de la qualité physique des trois stations à l'aide l'indice d'attractivité morphodynamique et des descripteurs synthétiques usuels .....	32
Figure 10 : Comparaison de l'intégrité des peuplements en place et du potentiel habitonelle de chaque station .....	34
Figure 11 : Effectifs des captures de Toxostome au filet sur le Doubs moyen en 2015 , sur le Doubs médian et l'Allan en 2016, par pôle et par écostade .....	35
Figure 12 : Effectifs et rendement de capture de Toxostome à l'électricité sur le Doubs médian et l'Allan en 2016, par pôle et par écostade .....	35
Figure 13 : Proportion relative des biomasses capturées à l'électricité par station et par pôle, les valeurs surlignées en jaune indiquent les pôles où ont été capturé les toxostomes.....	36
Figure 14 : Comparaison interstationnelle et interhabitationnelle des densités macrobenthiques diatomivores .....	41
Figure 15 : Evolution longitudinale de l'indice de sensibilité benthique aux altérations de débit récente et ancienne .....	42
Figure 16 : Evolution de l'indice de sensibilité benthique aux altérations de débit de 3 stations du Doubs, calculés sur la base des taxons communs .....	43
Figure 17 :Variation interannuelle et interstationnelle de l'intensité de perturbation hydrologique (tiré de Courret, 2014) .....	44
Figure 19 : Débit enregistré à Mathay du 05/05/2016 au 20/05/2016 .....	45
Figure 18 : Débit enregistré à Mathay du 28/03/2016 au 31/03/016 .....	45

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Cotation hiérarchisée de l'attractivité globale des substrats supports.....	14
Tableau 2 : Classes de qualité biologique des eaux selon la valeur de l'IBGN (AGENCE DE L'EAU) 2000) .....	16
Tableau 3 : Sensibilité de la faune benthique aux altérations de débits en fonction de leur relation au substrat et de leurs gammes de vitesse préférentielles (extrait de Degiorgi et al, 2009).....	18
Tableau 4 : Indice de sensibilité de quelques genres échantillonnés en 2016 (extrait de Degiorgi et al, 2009) .....	18
Tableau 5 : Détection des principales espèces de la Savoureuse à Vieux-Charmont, comparaison des stratégies d'échantillonnage, le tableau complet est à retrouver en annexe 2 .....	21
Tableau 6 : Synthèse des données acquises sur la répartition du Toxostome et du Hotu sur le bassin versant du Doubs.....	22
Tableau 7 : Typologie théorique des stations étudiées.....	24
Tableau 8 : Caractéristiques thermiques des trois stations étudiées .....	25
Tableau 9 : Comparaison de l'effort de pêche réalisé par pôle susceptible d'accueillir du Toxostome, station par station, .....	36
Tableau 10 : Synthèse des principaux indices calculés à partir des prélèvements de faune benthique réalisés en Juillet 2016 .....	37
Tableau 11 : Rendements numériques des pêches électriques en bateau et aux filets réalisés du 25/07 au 12/08/2016 .....	54
Tableau 12 : Rendements numériques des pêches électriques en bateau et aux filets réalisés du 25/07 au 12/08/2016: .....	55

## INTRODUCTION, CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

Le Toxostome, *Parachondrostoma toxostoma* (Vallot, 1837) est une espèce endémique du bassin rhodanien et dont l'état de conservation est aujourd'hui incertain. La répartition actuelle du Toxostome (Annexe II Directive Faune-Flore Habitat du programme Natura2000, Annexe III de la convention de Berne) est actuellement inconnue sur le bassin versant du Doubs. Sa présence est certifiée de Saint Hippolyte (Doubs médian) à Laissey (Doubs moyen) dans les années 70 puis de manière très sporadique après cette date.

Les investigations menées dans le cadre de l'étude des potentialités physiques et piscicoles du Doubs (phase 1 : Colombier-Fontaine→Osselle), dans le cadre du Contrat de Rivière « Vallée du Doubs et Territoires associés », n'ont permis de révéler sa présence qu'en aval immédiat de Montbéliard. La phase 2 de cette étude (Brémoucourt→Voujeaucourt) s'intéresse aux secteurs du Doubs, de sa sortie de la boucle helvétique à la confluence avec l'Allan. La détection récente d'un individu sur le cours français de l'Allaine nous amène à étendre nos investigations sur ce cours d'eau encore jamais prospecté.

Le cours médian du Doubs est caractérisé par une série de grands barrages, qui contrairement au seuil du Doubs moyen, ne sont jamais franchissables. La série de barrage EDF et les "microcentrales" compartimentent ainsi les populations piscicoles du secteur et ont sans doute limité la progression du Hotu dans ce secteur. Ce dernier, s'hybridant avec le Toxostome, sera pris en compte dans les investigations à mener par des prélèvements génétiques dont l'analyse fera l'objet d'un rapport spécifique (Maitrise d'ouvrage WWF). La pertinence de ce dernier paramètre est renforcée par la détection récente du Hotu à la sortie de la boucle suisse (Aquarius, 2011).

Les objectifs de cette étude sont doubles. Dans un premier temps, il s'agira d'actualiser la répartition actuelle du Toxostome en essayant d'approcher la pérennité des populations. Dans un second temps, nous chercherons à identifier les paramètres expliquant la répartition actuelle du Toxostome, ou ayant pu contribuer à son déclin ou expansion.



Figure 1 : L'un des 4 toxostomes capturés lors de l'étude des potentialités morphologiques et piscicoles du Doubs moyen en 2015 (photographie G.Périat)

## I. LE TOXOSTOME, *PARACHONDROSTOMA TOXOSTOMA*, VALLOT 1837

### I.A SYSTEMATIQUE ET STATUT DE PROTECTION

Le Toxostome est un cyprinidé d'eaux vives appartenant au genre *Parachondrostoma*. Il était autrefois classé au genre *Chondrostoma*, comme le Hotu (*Chondrostoma nasus*) avec lequel il est capable de s'hybrider. La génétique a permis de classer les deux espèces en deux genres différents à partir de l'étude de 5 gènes de l'ADN mitochondrial et un gène de l'ADN nucléaire (Robalo et al 2007, in Simana, 2013)

Le Toxostome est une espèce reconnue d'intérêt communautaire. Il est inscrit dans le programme Natura 2000 (Annexe II, Directive Faune-Flore, Directive Habitat), sur la convention de Berne (Annexe III) et est considérée comme vulnérable par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (ONG). En Suisse, il est considéré comme menacé d'extinction (1,E) au même titre que l'Apron (*Zingel asper*).

### I.B REPARTITION GEOGRAPHIQUE

#### I.B.1 Européenne

L'aire de répartition actuelle du Toxostome est s'étend jusqu'au Sud par des Pyrénées, où une autre espèce du genre *Parachondrostoma* remplacera une niche écologique semblable (*Parachondrostoma arrigonis*) remplacera l'espèce Toxostome (Costa et al. 2012). A l'Est, les Alpes marquent une nouvelle limite à son aire de répartition avec l'espèce *Chondrostoma soetta* (Kirchhofer et Hefti 1996).

#### I.B.2 Nationale

Le Toxostome est endémique du Sud de la France, du bassin du Rhône (Ardèche, Durance, Verdon) , de l'Adour et de la Garonne. D'après Nelva (1997), il aurait colonisé le bassin Loire par le canal du centre à partir des années 30.

#### I.B.3 Sur le Bassin versant du Doubs

##### *Sur le cours principal*

Le Toxostome était présent dans le Doubs basal entre Orchamps (39) et Saunières (71) dans les années 70 puis plus amont, de Saint Hippolyte à Laisey (Verneaux 1973). Zbiden et Maier (1993) étendent cette aire de répartition sur la boucle helvète avec des observations jusqu'à Soubey.

##### *Sur les affluents*

Le Toxostome n'a jamais été observé sur le Dessoubre ni le Cusancin. Aucune information ancienne et fiable n'a pas pu confirmer sa présence sur l'axe Allan. La moyenne Loue présente quelques foyers de populations, s'étendant de Chenecey-Buillon à Parcey (dernière capture à Chamblay en 2012).

## I.C ECOLOGIE DE L'ESPECE

### I.C.1 Reproduction

La maturité sexuelle du Toxostome est atteinte entre trois et quatre ans (Kottelat et Freyhof, 2007) tandis qu'il vivrait jusqu'à 8-10 ans (Gozlan et al, 1999, Tissot et Souchon 2010). Sa reproduction se déroule de fin Avril à début Juin dans les cours d'eau méditerranéens tandis qu'elle semble plus tardive sur les affluents les plus amont de l'axe Rhodanien. Sur le Doubs, sa reproduction a été relevée en fin Mai-début Juin 1993 pour une température de l'ordre de 15-16°C et pour un débit journalier compris entre un tiers et la moitié du module (Zbinden et Maier 1996). La frayère est décrite par les auteurs comme la partie la plus aval d'un banc galet-graviers sans fines (1-10cm) baigné d'un courant moyen de 50 cm/s et des hauteurs d'eau comprises entre 5 et 40 cm.

→ Globalement, et d'après les mêmes hauteurs (Zbinden et Maier, 1993), les frayères à Toxostome s'apparentent à celles d'une majorité de cyprinidés d'eaux vives, dont le Hotu et rendent logiques les nombreux cas d'hybridation constatés.

### I.C.2 Interaction Toxostome/Hotu : apport de la génétique

*Les paragraphes suivants synthétisent les travaux de recherche conduit par l'Université d'Aix-en-Provence à travers les nombreuses publications de (Costedoat et al. 2004; Corse 2010; Dubut et al. 2010; Sinama 2013; Petit et al. 2015). Ces publications s'intéressent aux zones de contact du Toxostome et Hotu de l'Ardèche et la Durance qu'ils considèrent comme un modèle biologique dans l'étude des mécanismes évolutifs.*

L'hybridation est un phénomène couramment observé chez les téléostéens et assez courant chez les cyprinidés. La fertilisation externe, l'abondance inégale des espèces, la simplification des habitats couplés à une concurrence spatiale sur les lieux de reproduction sont autant de paramètres pouvant exacerber ce phénomène d'hybridation (Sinama 2013). L'étude des zones hybrides s'appuie notamment sur la comparaison de population de chacune des deux espèces en sympatrie et en allopatrie. En allopatrie, chacune des deux espèces semble avoir une écologie et une morphologie très différente. En sympatrie, leur reproduction est viable et capable se reproduire avec chacun des parents (croisement back-cross). Ce phénomène est ainsi décrit comme une hybridation introgressive bidirectionnelle.

#### **Concurrence spatiale**

Les études sur la Durance et l'Ardèche n'ont par permis de mettre en évidence de remplacement ou de déplacement de deux espèces dans les secteurs où elles se sont rencontrées. Dans une population introgressée, "l'assortative-mating", qui est la tendance pour un individu à se reproduire avec un phénotype voisin, conduit à une prépondérance des combinaisons parentales "pures" La faible abondance du Toxostome sur certaine station serait donc plutôt à rapprocher des conditions mésologiques régnant sur les stations que de l'effet de la présence du Hotu. En revanche, l'étude de la répartition du Hotu a montré une répartition en "mosaïque" sur la Durance, peut-être à rapprocher du comportement encore

plus grégaire de l'espèce et de la faible connectivité longitudinale de ce cours d'eau. Ce dernier semble atteindre des abondances importantes de manière très localisée sans lien direct avec un quelconque gradient amont-aval. La zone hybride ardéchoise montre une répartition Hotu/Toxostome plus graduelle, l'amont étant dominé par le Toxostome, et l'aval dominé par le Hotu (modèle de zone de tension).

### *Morphologie*

L'étude des caractères méristiques a montré une tendance des individus hybrides à avoir une bouche à "ouverture latérale plus douce" que les lignées parentales pures. Les générations F1 semblent être les générations aux phénotypes les plus différenciés. Sur la Durance, la série d'aménagement et le caractère torrentueux de l'hydrosystème semblent conduire à des phénotypes "plus fusiformes" pour les deux chondrotomes, sans-doute plus adapté aux variations brutales de débit. Un redressement du museau et une bouche plus "arquée" pour les deux espèces et leurs hybrides en lien avec le régime alimentaire plus généraliste) ont également été constaté.

### *Régime alimentaire*

En allopatrie, le Toxostome se nourrit principalement de diatomées complétées par des invertébrés benthiques et des algues vertes. Dans les conditions particulières de la Durance, le Toxostome est capable de moduler son régime alimentaire pour ne devenir quasiment qu'exclusivement benthophage selon la disponibilité trophique (Corse 2010; Sinama 2013). Dans les retenues, le Toxostome peut diversifier son alimentation par la consommation de végétaux (Leprieur et Rossignon 2003). Le Toxostome serait par ailleurs, moins vulnérable au colmatage des substrats dans les cours d'eau transportant naturellement beaucoup de MES (La Durance) en s'adaptant à d'autres sources alimentaires que le périlithon. Les hybrides, génération F1, F2 et les individus Back-cross toxostoma auraient une alimentation moins orientée vers les diatomées que les individus purs.

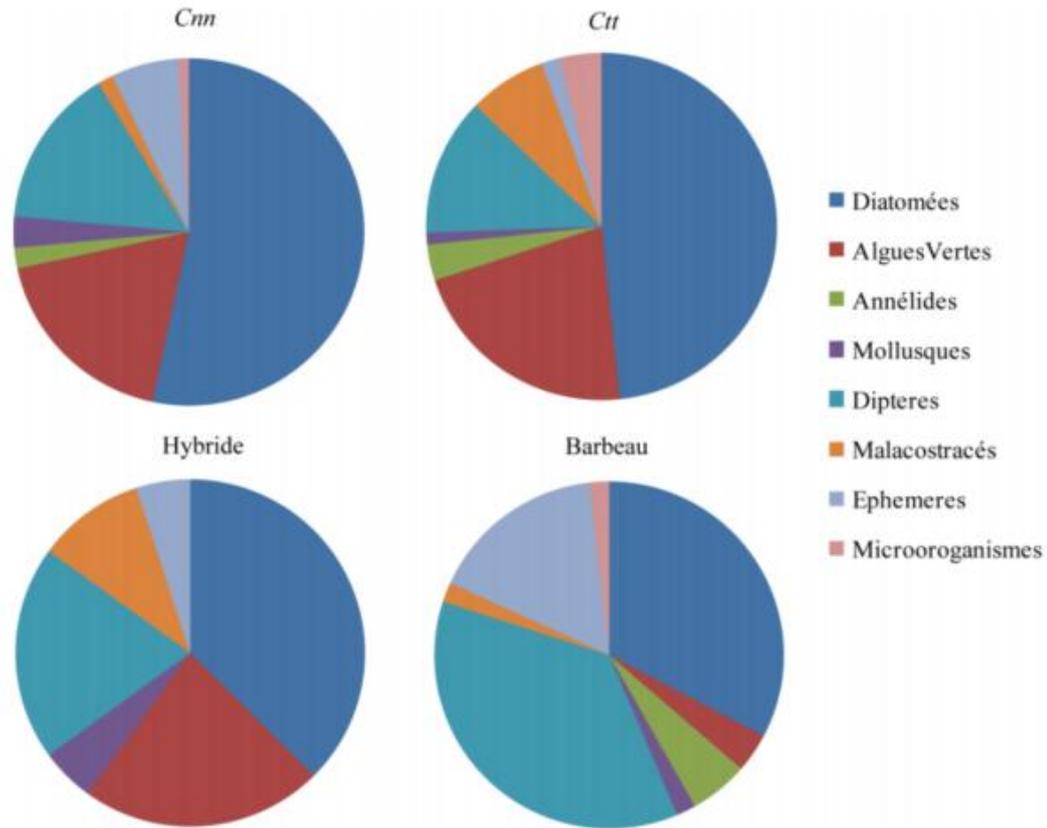


Figure 2 : Proportion de chaque composante testée, regroupée en EC Ecologic Clade, exprimé en fréquence de détections sur 370 excréments testés (extrait de Corse, 2010)

**Algues vertes**= Cladophoraceae, Characeae

**Malacostracés**= Gammaridae, Asellidae, Atyiidae

**Mollusques**= Neritidae, Lymneidae, Ancylidae

**Ephéméroptères** = Baetidae, Caenidae, Heptagenidae

**Diptères**= Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae

**Microorganismes**= Copepoda, Daphniidae

L'alimentation des hybrides présenterait ainsi plus de similarité avec celle du barbeau que les individus purs. La méthode employée "Barcoding environnemental", basée sur la duplication de l'ADN contenu dans les fèces, ne permet pas de juger de la proportion relative ingérée de chaque composante quand plusieurs clades sont détectés.

## II. PRESENTATION DE L'HYDROSYSTEME ETUDIE

### II.A LE DOUBS: CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le Doubs est une rivière franco-suisse prenant sa source à Mouthe, exsurgence située à 945,5 m d'altitude. Après un parcours long d'une soixantaine kilomètres sur la haute chaîne plissée jurassienne, le Doubs s'enfonce dans le plateau calcaire où il devient d'abord mitoyen, puis complètement la Suisse pour former le Clos du Doubs (boucle helvète). Plus en aval, il sera rejoint par le Dessoubre (module : 13m<sup>3</sup>/s) à St Hippolyte avant de couper l'anticlinal du Lomont et de former ses premiers méandres dans une vallée encore relativement encaissée (Campy et Thévenin 1978). Plus bas, la vallée s'élargit dans les secteurs de Bourguignon-Mathay après lesquels il traversera le premier secteur réellement urbanisé (Mandeure, Audincourt, Voujeaucourt). Il sera ensuite rejoint par l'Allan avant de s'écouler définitivement dans sa plaine alluviale jusqu'à la Saône.

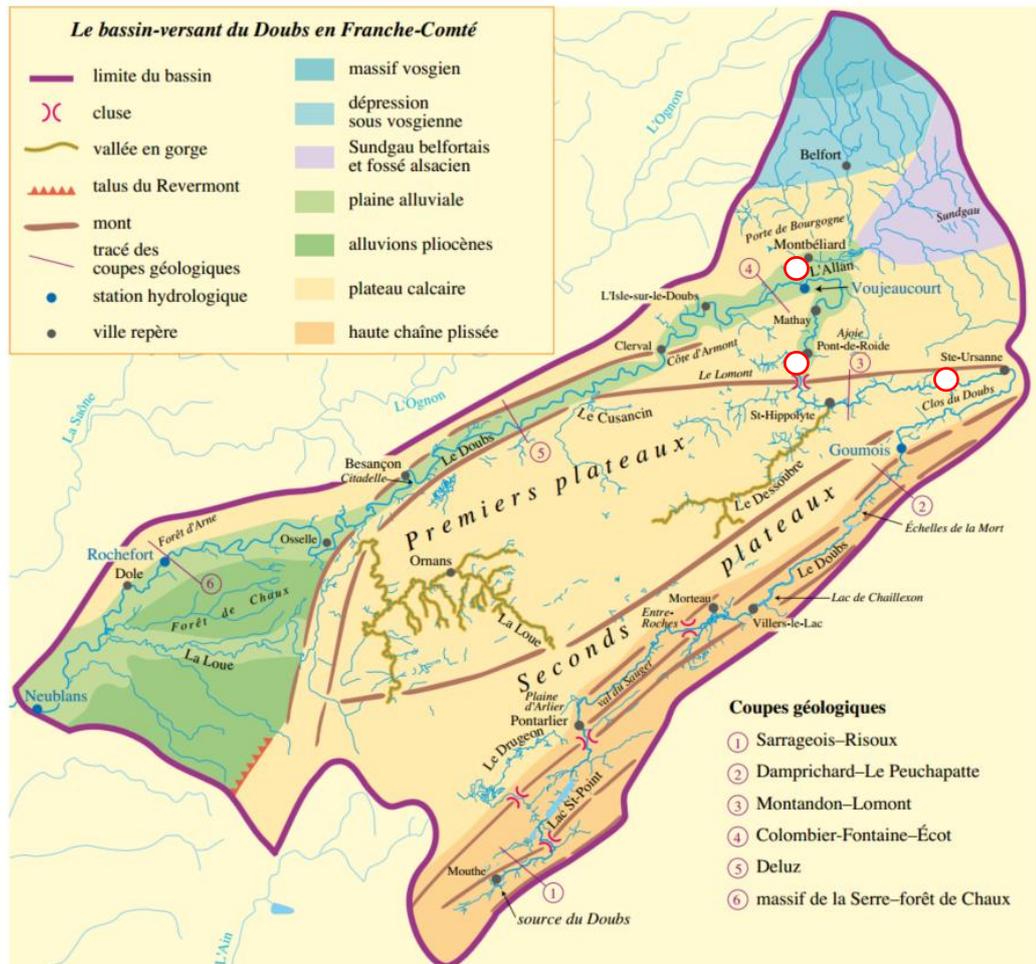


Figure 3 : Contexte géologique du bassin versant du Doubs et de l'Allan, positionnement des stations étudiées, extrait de Le Doubs, rivière comtoise, (Daniel Inconnue)

L'Allan naît de la confluence entre l'Allaine et la Bourbeuse. La première naît d'une source karstique située à Charmoille en Suisse (alt 544m) s'écoulant ensuite sur des alluvions d'origine calcaire. La Bourbeuse naît de la confluence de la Saint-Nicolas (influence vosgienne) et de la Madelaine, drainant les cailloutis du Sundgau déposés par le fleuve Doubs-Aar au quaternaire. Les eaux de l'Allan seront rejointes par celles de la Savoureuse à Etupes, d'influence vosgienne, avant de rejoindre le pays de Montbéliard et ses alluvions de plus en plus calcaires.

## II.B CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Ce rapport s'intéresse à deux secteurs du Doubs et un secteur de l'Allan. La station la plus amont est située Brémoucourt, station à l'aval immédiat de la boucle Suisse. La seconde station est celle de Dampjoux, immédiatement à l'aval du complexe de barrage EDF du Doubs médian. La station de Brémoucourt est sous l'influence du régime hydrologique imposé par la série de barrage du Doubs Franco-Suisse (Chatelôt-Refrain-Goule). La station de Dampjoux subit l'influence de ces mêmes ouvrages auxquels se surimposent l'effet cumulé des barrages hydro-électriques de Vaufrey (au fil de l'eau) et de Grosbois-Liebwillers (conduites forcées créant un tronçon court-circuité de 8km) et enfin de Dampjoux (au fil de l'eau).

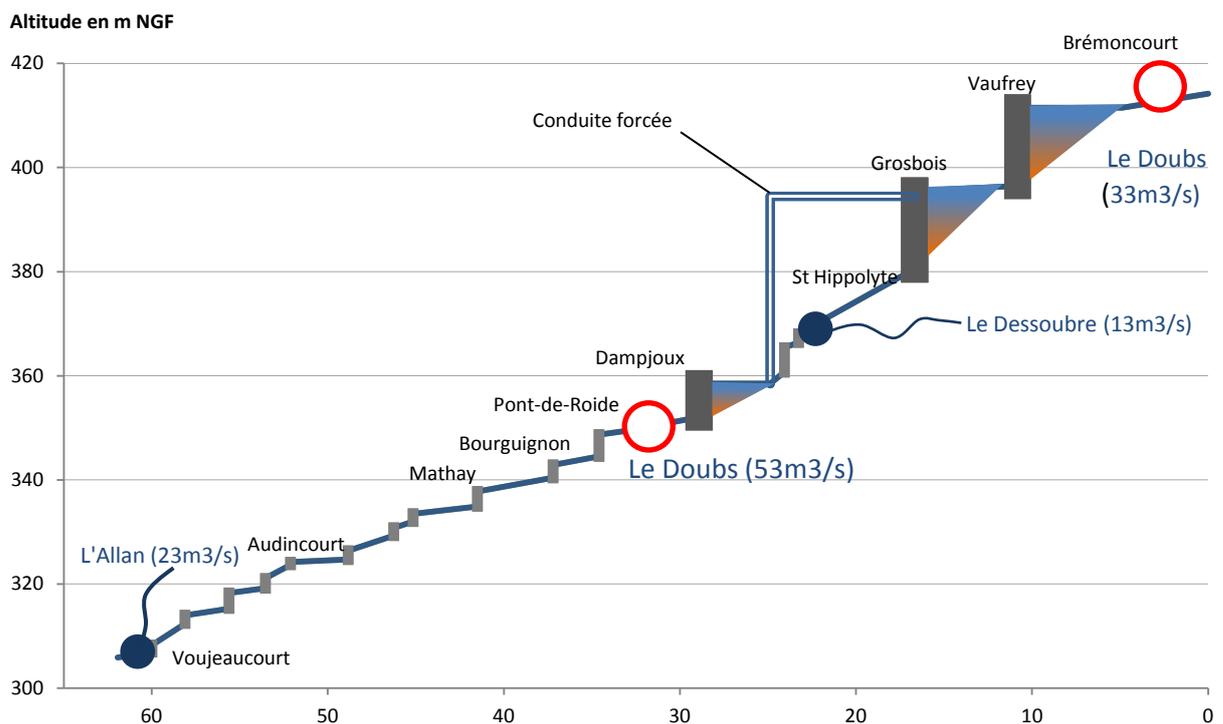


Figure 4: Profil en long schématique du Doubs depuis la frontière Franco-suisse à sa confluence avec l'Allan (Distance exprimée en km)

La troisième station correspondra à la partie terminale de l'Allan soit l'aval immédiat de Montbéliard. Son hydrologie est à considérer comme naturelle même si le taux d'imperméabilisation (bassin versant très urbanisé) conduit à hausses de débit très rapide.

## II.C REPARTITION HISTORIQUE LA PLUS PROBABLE DU TOXOSTOME JUSQU'AUX ANNEES 70

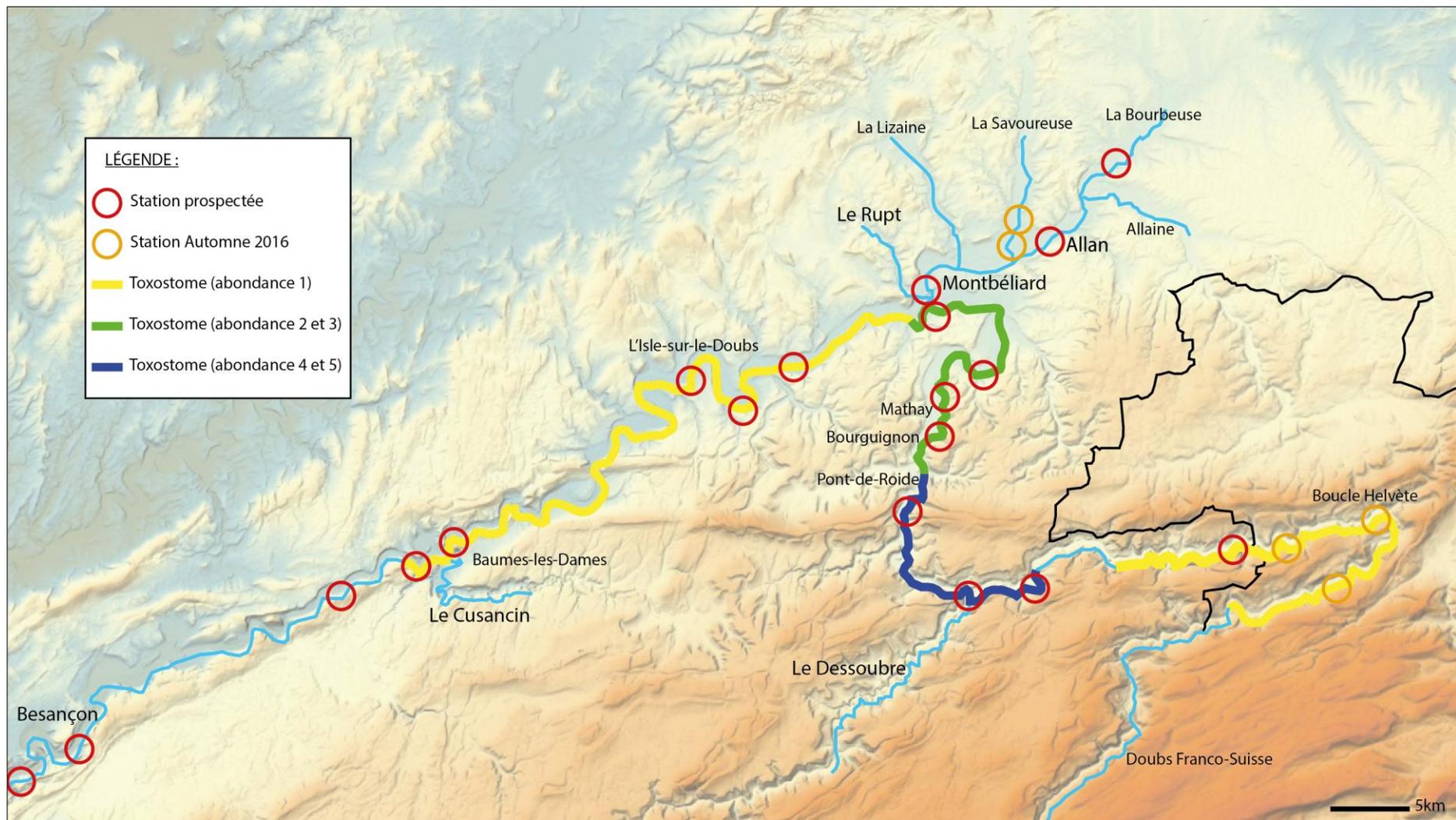


Figure 5 : Répartition historique la plus probable du Toxostome sur le Doubs en amont de Besançon

### III. METHODOLOGIE DEPLOYEE

#### III.A DELIMITATION DE L'AIRES DE REPARTITION ACTUELLE DU TOXOSTOME SUR L'AXE DOUBS-ALLAN

L'actualisation de la répartition du toxostome a été basé sur quatre stratégies :

- L'observation directe des frayères à cyprinidés d'eaux vives, complétée ou non par la pose de caméras subaquatiques
- Des pêches électriques de sondage, réalisé par projection d'anode, après repérage des attroupements de cyprinidés

Lesquelles ont ensuite été complétées par des stratégies plus lourdes :

- Des pêches "grands cours d'eau" stratifiée, selon le protocole ECD/AVM proposé par Degiorgi et Raymond (2000).
- Des pêches électriques exhaustives réalisées sur 3 stations.

#### III.B ANALYSE DES PEUPEMENTS PISCICOLES EN PLACE : INVENTAIRES GRANDS COURS D'EAU

L'état des populations piscicoles cohabitant avec le toxostome est un élément clé dans la compréhension de sa répartition. En effet, un milieu fonctionnel conduit au développement harmonieux de l'ensemble des espèces appartenant au type écologique concerné.

##### III.B.1 Descripteur mésologique : Niveau typologique théorique (NTT)

Le niveau typologique théorique proposé par Verneaux a été choisi comme descripteur mésologique pour cette étude. Il permettra notamment de distinguer des stations typologiquement très différentes pouvant conduire à des variations "naturelles" d'abondance de toxostome. La typologie permettra de proposer un peuplement théorique de référence prenant en compte cette différenciation. Ce niveau typologique théorique est basé sur :

- Une composante thermique T1 prenant en compte la moyenne des températures maximales journalière des 30 jours consécutifs les plus chauds (Tmm),
- Une composante trophique T2 ,fonction de la distance à la source (d0 en km) et de la dureté calco-magnésienne (D en mg/L)
- Une composante morphodynamique T3 liée à la section mouillée à l'étiage (Sm en m<sup>2</sup>), à la pente du lit (p en ‰) et à la largeur du lit mineur (l en m)

Chaque facteur, composante du niveau typologique, se calcule de la manière suivante :

$$T1 = 0,55 \theta_{\max} - 4,34$$

$$T2 = 1,17 [\ln (d0 \times D / 100)] + 1,50$$

$$T3 = 1,75 [\ln (Sm / (p \times l2) \times 100)] + 3,92$$

Le niveau typologique théorique (NTT) arrondi au demi-point s'obtient par: formule finale :

$$\text{NTT} = 0,45 \times T1 + 0,30 \times T2 + 0,25 \times T3$$

### III.B.2 Constitution du peuplement de référence

Le peuplement type est construit selon les trois critères suivants :

- A chaque espèce recensée lors des inventaires est affectée l'abondance théorique prévue par l'abaque
- La liste des espèces est ensuite complétée par les espèces historiquement présentes sur la station.
- La liste des espèces est éventuellement complétée par les espèces présentes sur le cours d'eau (amont ou aval) et compatible avec le biotype, de manière à obtenir un score total d'abondance proche de la valeur totale proposée

### III.B.3 Peuplements piscicoles : ECD/AVM

Pour les grands milieux, le procédé composite le plus employé est la réalisation de pêche électrique en bateau (ou à pied) couplé à la pose de filet.(F. Degiorgi et Raymond 2000). Le protocole AVM/ECD proposé par Degiorgi et Raymond repose sur cette complémentarité. La station de pêche est définie de manière de manière à couvrir 20 x à 50 x la largeur moyenne de la station. Ces stations coïncident avec la station IAM et avec les prélèvements de benthos (voir chapitres concernés).

Les filets employés sont des Araignées Verticales Multi-Mailles (AVM) de hauteur 1,2 ou 3 m et présentant des nappes de 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 mm. Une partie des filets est équipée d'une 8eme mailles de 70mm et de 6 m de longueur afin d'augmenter l'efficacité de l'échantillonnage sur les sujets de grosses tailles ou les morphologies atypiques. Chacune des mailles est espacée d'un vide "non" pêchant de 2m afin de limiter les interférences. (Schéma en annexe 1).Chaque filet est géoréférencé et affecté à un pôle. Les points de pêches électriques ou Échantillonnage Continu en Distance sont également géoréférencés, affectés à un pôle et à une surface prospectée. Un minimum de trois répliquats est réalisé par pôle et par technique.

#### *Plan d'échantillonnage :*

Le plan d'échantillonnage tient compte des limites de chacune des techniques :

- Les filets deviennent non pêchants dans des vitesses supérieures à 0.30-0.40m/s
  - La pêche électrique est peu efficace dans des profondeurs dépassant 1,50 m
- Les pôles de profondeurs comprises en 0.70m et 1,50 m pour des vitesses maximales de 0.30-0.40m/s peuvent être prospectés par les 2 techniques.

### Résultats bruts:

Pour les AVM, les effectifs et biomasses capturés sont exprimés sous forme de CPUE pour 10 batteries de filets et pour 1000 m<sup>2</sup> de filets tendus, en tenant compte de la hauteur réelle (1,2 ou 3m) des filets posés. Les poissons pris au filet étant des individus en déplacement et pouvant par conséquent être capturés sur des pôles même faiblement attractifs, on considérera que le plan d'échantillonnage suffit à obtenir une image stratifiée de la station étudiée. Le premier jeu de données permet de convertir les CPUE en cote d'abondance numérique et pondérale tandis que le second jeu de CPUE permettra une comparaison plus directe avec les rendements des études en cours sur le Doubs ou les données historiques.

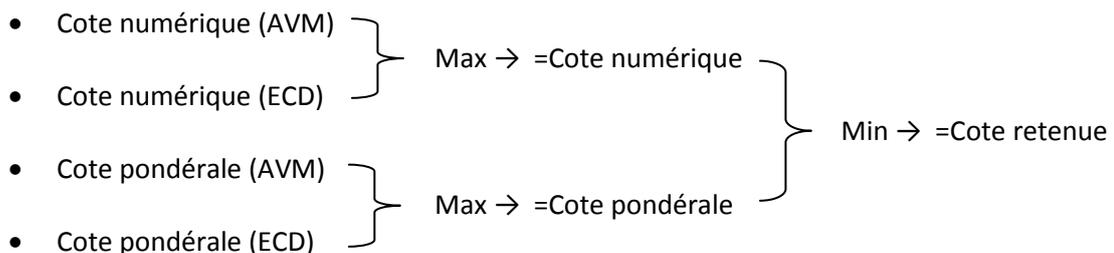
Pour les ECD, les effectifs et biomasses capturés sont exprimés sous forme de CPUE pour chacun des substrats/supports échantillonnés par respectivement 1000m<sup>2</sup> et 1Ha pêchés. Ces rendements sont ensuite pondérés selon la représentativité du substrat/support sur la station pour obtenir une image globale des peuplements piscicoles de la station considérée dans son ensemble.

### Résultats élaborés:

Les rendements numériques et pondéraux par espèce et par technique sont convertis en classe d'abondance selon la grille proposée par Degiorgi et Raymond (2000).

Dans un premier temps, les données sont filtrées pour soustraire les lacunes d'efficacité de chacune des deux techniques (Cote d'abondance maximale intertechnique retenue).

Dans un second temps, les données sont filtrées pour minimiser l'effet d'un grand nombre d'individus de petite taille (alevinage, reproduction exceptionnelle), ou au contraire de la capture aléatoire d'un ou deux gros spécimens. (Cote d'abondance minimale retenue).



Les cotes d'abondance par espèce et par station peuvent ainsi être comparées au peuplement théorique des stations considérées.

### III.C ANALYSE STANDARD DES MOSAÏQUES D'HABITATS PISCICOLES : IAM

L'Indice d'attractivité morphodynamique (IAM) est une méthode d'analyse des capacités habitationnelles appliquée à l'échelle de la station. L'IAM a été mis au point la DR5 du CPS (1994-1996) puis finalisé par TELEOS (1999-2003). Cette analyse est basée sur la cartographie des substrats/supports, hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement.

Cette méthode permet d'obtenir une image de l'hétérogénéité et de l'attractivité du cours d'eau du point de vue piscicole en considérant rigoureusement la même station que celle échantillonnée en ECD/AVM.

#### *Collecte des données et prétraitements :*

En grand cours d'eau, les levés de terrains sont réalisés depuis une embarcation et consistent à cartographier :

- Les hauteurs d'eau :  
Ce levé est réalisé à la mire ou à l'échosondeur, au décimètre, pour des profondeurs comprises entre 0 et 2.50 m. Les profondeurs supérieures seront référencées sous l'intitulé "pôle profond". Les hauteurs d'eau comprises entre 0 et 2.50m seront découpées en 5 classes de profondeurs (0-5cm; 6-20cm; 21-70cm, 71-150cm ; 151-250cm).
- Les vitesses d'écoulement :  
Ce levé est réalisé au courantomètre à une précision centimétrique ou estimé par un opérateur expérimenté. Le courantomètre est immergé à 0.6 fois la profondeur de manière à obtenir une image de vitesse moyenne au point de mesure. Les vitesses d'écoulement sont réparties en 5 classes (0-10cm/s; 11 à 40cm/s; 41 à 80cm/s; 81 à 150cm/s; plus de 151cm/s)
- Les substrats/supports sont définis visuellement et éventuellement confronter à un calibre pour la définition des classes granulométriques. Chacun des substrats/supports pourra être complété par un substrat secondaire. Pour les secteurs de profondeur supérieurs à 2,50 m, le substrat n'est pas identifié et est remplacé par l'intitulé "pôle profond". Ce pôle profond joue le rôle de refuge où l'absence de courant rend superflue la présence d'abris hydraulique (Degiorgi 2013).

Type de substrats/supports	Abréviation	Score d'attractivité (poissons)
Branchages, grosses racines	BRA	100
Sous-berges	BER	90
Hydrophytes immergées	HYI	80
Blocs avec caches/ éventuellement artificiel	BLO /BLO(art)	60
Galets	GAL	50
Hélophytes	HEL	40
Chevelus racinaires, Végétations aquatiques rases	CHV	40
Hydrophytes à feuilles flottantes	HYF	40
Hydrophytes denses	HYD	40
Hydrophytes éparses	HYE	40
Blocs sans anfractuosités	BLS	30
Pôle Profond	PRF	30
Galets Gravier mélangés	GGR	25
Graviers	GRA	20
Litières organiques	LIT	10
Galets colmatés/pavés	GLS	10
Graviers colmatés	GRS	10
Sables	SAB	8
Éléments fins minéraux ou organiques	FIN	4
Dalles, surfaces indurées artificielles (sans cache)	DAL/DAL(art)	1
Affluent	AFF	0

Tableau 1 : Cotation hiérarchisée de l'attractivité globale des substrats supports

### Traitement des données

Le traitement des données s'effectue sous SIG de manière à tracer l'intersection des couches substrats/support-hauteurs d'eau-vitesse et d'affecter à chacun de ces pôles leurs surfaces cumulées.

### Outils indiciaires d'interprétation

Un ensemble de descripteurs peuvent être calculés de manière à interpréter la qualité habitacionnelle de la station, il s'agit :

**Variété** (Var) : nombre de catégories de substrats/supports, ou de classe de vitesses et de profondeur. Elle permet de sanctionner les secteurs aménagés (canalisés, ou sous-influence du remous d'un seuil/barrage)

**Diversité** (Div) : au sens de Shannon, elle mesure la complexité et l'hétérogénéité quantitative de la répartition de chacun des pôles référencés

$$DIV = - \sum_{i=1}^n Si \times [(\log_{10}(Si))]$$

- Avec :
- n le nombre de catégorie
  - Si la surface cumulée des placettes appartenant à la ième catégorie

**Indice d'attractivité morphodynamique** (IAM) : cet indice sanctionne la variété des classes de hauteurs d'eau, de vitesses et de substrats /supports ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour l'ichtyofaune

$$IAM = \left( \sum_{i=1}^n Si \times Attractivité(subs) \right) \times Var(subs) \times Var(he) \times Var(v)$$

- Avec :
- v = vitesse
  - he = hauteur d'eau
  - subs = substrats/supports

$$IAM_{ref} = 3193.4 \times \ln(Lm) + 2000$$
 avec Lm la largeur moyenne de la station

L'attractivité de chaque station peut ainsi être comparée à une valeur de référence, fonction de la largeur moyenne de la station.

### III.D ANALYSE DU COMPARTIMENT BENTHIQUE : MAG20 ADAPTE AUX GRANDS COURS D'EAU

Les cours d'eau concernés par la présente étude présente encore de nombreuses zones guéables rendant inutile l'application du protocole IBGA. La configuration des stations ne permettait pas l'application d'un tel protocole dans le sens où :

- Les chenaux "profonds" sont composés de substrat minéraux (galets, galets graviers, blocs, dalles) non prélevables à la drague.
- L'utilisation de substrat artificiel est peu représentative de la faune en place, car dépendant de l'attractivité du substrat pour le taxon considéré.

Le compartiment benthique a été étudié par le protocole d'analyse semi-quantitative MAG20 adapté aux grands cours d'eau. Ce protocole a été initié par Bacchi et Parmentier en 1994 puis finalisé par Teleos en 2000. Il s'agit d'une approche fondée sur une prospection plus complète de l'espace fluvial et surtout une détermination plus poussée (niveau générique contre familiale pour l'IBGN).

#### III.D.1 Modalités spatiales : nombre et répartition des prélèvements

Le MAG20 se différencie des protocoles standards un découpage plus complet de l'espace fluvial. L'échantillonnage de 20 placettes permet d'explorer un nombre plus important maximum de combinaison substrats/supports-vitesse-profondeur présents sur la station. Il se différencie ainsi de l'IBGN qui ne prend en compte que le couple substrats/supports-vitesse. Dans le cadre de l'étude des épi et mésopotamons, l'intégration de la notion de profondeur prend tout son sens devant la variété d'habitats disponible.

Ces 20 prélèvements ne permettent cependant pas de prélever l'ensemble des pôles présent sur des stations assez diversifiées. L'ordre de prélèvement est hiérarchisé de manière à :

- Pouvoir calculer les indices IBGN sur 8 prélèvements, décrivant au mieux l'hydrosystème selon les modalités prévues par ce protocole (habitabilité décroissante)
- Décrire au mieux l'espace fluvial encore non prospecté en terme de représentativité des pôles. Dans cette optique et devant la banalisation des substrats situés en profondeur, 3 prélèvements par station ont été réalisés au surber, en plongée, dans les classes de profondeur H4 et H5.

### III.D.2 Analyse des résultats : méthode indicielle sur 8 prélèvements

Pour les huit premiers prélèvements de chaque station, l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN, AFNOR, 2004) est calculé. Il s'agit d'une note chiffrée variant de 1 à 20 qui reflète la qualité biologique du cours d'eau. Elle sanctionne les perturbations organiques de la qualité de l'eau et modifications de la nature du substrat. Elle s'appuie sur la richesse familiale et la composition du peuplement selon la polluo-sensibilité des taxons ou groupe faunistique indicateur (GFI). Les classes de qualité biologique correspondantes et les couleurs affectées sont celles définies par l'Agence de l'Eau (Tableau 2).

	≥ 17	16 - 13	12 - 9	8 - 5	≤ 4
<b>Classes de qualité</b>	<b>Très bonne</b>	<b>Bonne</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Mauvaise</b>	<b>Très mauvaise</b>

Tableau 2 : Classes de qualité biologique des eaux selon la valeur de l'IBGN (AGENCE DE L'EAU) 2000)

L'IBGN est complété par un indice de *Robustesse*, calculée en supprimant le premier groupe indicateur de la liste faunistique et en conservant la même variété taxonomique. Elle permet ainsi de juger de la fiabilité de la note IBGN. Si l'écart entre les deux valeurs est important, cela signifie que l'IBGN est probablement surestimé.

Le *Coefficient d'aptitude biogène*, Cb2 (VERNEAUX, 1982), est également calculé. Cet indice est plus robuste du fait de la prise en compte de la densité des taxons (≥ 3 individus) et d'un répertoire faunistique plus important à savoir 92 taxons indicateurs contre 38 pour l'IBGN. Compris entre 0 et 20, il est divisé en deux sous-indices :  $Cb2=Iv+In$

- Un indice de variété (Iv) renseignant sur la variété de l'habitat proposée par le cours d'eau.  $Iv = 0,22 \times N$   
*N = nombre de taxons répertoriés appartenant à la liste des 92 taxons*
- Un indice de nature (In) s'appuyant sur la sensibilité des taxons présents, qui est fonction de la qualité chimique de l'eau.  $In = 1,21 \times (\sum I_{max}/k)$   
*Avec  $k = n/4$*

*n* : nombre de taxons indicateurs avec une densité supérieure ou égale à trois individus.

*imax* : indice de sensibilité des taxons indicateurs les plus sensibles

### III.D.3 Analyse des résultats : comparaison interstationnelle sur les 20 prélèvements

Les méthodes d'analyses simplifiées des communautés benthiques exprimées sous forme indicielle, permettent d'apprécier l'évolution dans l'espace et dans le temps de l'aptitude biogène globale des stations étudiées. Toutefois, leur degré de sensibilité est insuffisant pour mesurer quantitativement l'impact de plusieurs catégories de perturbations. Le niveau de détermination à la famille requis par ces indices lisse les écarts interstationnels et ne permet pas de dégager ou de différencier les différentes causes de perturbations. L'analyse faunistique approfondie des peuplements macrobenthiques permet de compléter cette lacune.

#### *Comparaison des abondances et variétés génériques des 20 prélèvements*

Globalement, les variétés référentielles mises en évidence par l'application du protocole MAG20 sont fonction du type écologique. Elles sont comprises entre 50 taxons pour un B3 et 80 taxons pour des types B6 et plus. Les abondances optimales correspondantes sont de l'ordre de 15 000 à 25 000 individus au m<sup>2</sup>.

#### *Comparaison des substrats communs aux différentes stations*

La réalisation de 20 prélèvements permettra d'échantillonner l'ensemble des pôles nécessaire à la description complète des pôles d'un méso-habitat. Ainsi, dans le cadre de cette étude, seront confrontés les radiers composés d'éléments minéraux grossiers aux dalles calcaires. Ces méso-habitats constituent a priori des conditions nécessaires, mais non suffisantes à l'implantation de chondrostomes sur les stations.

Dans cette optique, les abondances des taxons suivants seront comparées pour leur caractère diatomivore et en tant que ressource alimentaire possible pour les chondrostomes.

*Serratella* : D'après (Hivet 2006; Tachet et al. 2010), *Serratella* se nourrit quasi exclusivement de diatomées (traits typologiques : affinité 4). Il s'agit également d'un taxon ubiquiste et potentiellement présent en forte abondance dans les épipotamons (Zelinka 1977)

*Baetis spp.* : Ce taxon présente une forte affinité (3) pour le trait "racleur" avec une alimentation centrée sur les microphytes (5) (Tachet et al. 2010). Il constitue pas ailleurs une ressource trophique régulièrement absorbé par les chondrostomes comme démontré par (Corse 2010).

*Heptageniidae* : *Ecdyonurus* est un racleur (3) présentant une certaine affinité pour les microphytes (2). Ils entrent également dans le régime alimentaire des chondrostomes.

*Psychomyiidae* : En particulier *Psychomyia pusilla*, racleur (3) de microphytes (5). Ce taxon construit des galeries sur les surfaces indurés où il édifie des filets collectant les diatomées, algues et autres végétaux (Waringer et Graf 1997).

### **Comparaison de la sensibilité des peuplements benthiques aux altérations de Débits**

La sensibilité des peuplements benthiques a été approché par la Méthode proposé par Degiorgi et al (2009) pour évaluer l'impact de la série de barrage du Doubs Franco-Suisse. Pour chaque taxons, un indice de sensibilité est proposé qui est fonction de l'affinité du taxon au substrat, et de son preferendum rhéologique. Ainsi un taxon " nageur en pleine eau" préférant les faibles vitesses d'écoulement sera bien plus sensibles aux brusques variations de débits qu'un taxon fixé à des substrats habituellement baignés par de fortes vitesses.

Type de locomotion et relation aux substrats supports	Gamme de vitesses préférentielles			
	0	<25 cm/s	25 à 50 cm/s	>50cm/s
Nageur en pleine eau	10	9	7	4
Rampant	7	6	5	3
Endobenthique (interstitiel)	4	3	2	1
Fixé temporaire	3	2	1	1
Fouisseur	2	2	2	0
Fixé permanent	1	0	0	0

Tableau 3 : Sensibilité de la faune benthique aux altérations de débits en fonction de leur relation au substrat et de leurs gammes de vitesse préférentielles (extrait de Degiorgi et al, 2009)

Famille	Genre	ISS /10
Hydropsychidae	Hydropsyche	2.6
Psychomyiidae	Psychomyia	3.0
Leuctridae	Euleuctra	3.9
Leuctridae	Leuctra	4.6
Potamanthidae	Potamanthus	5.1
Leptoceridae	Athripsodes/Ceraclea	6.0
Ephemerellidae	Serratella	6.3
Polycentropodidae	Cyrnus	8.5
Baetidae	Procloëon	9.3

Tableau 4 : Indice de sensibilité de quelques genres échantillonnés en 2016 (extrait de Degiorgi et al, 2009)

La sensibilité globale du peuplement d'une station est considéré par la somme du produit de chacune des abondances des TEP (classes d'abondance du protocole MAG20) par la sensibilité du taxon.

$$ISBAD = \Sigma (Abondance_i \times ISS_i)$$

Dans un premier temps, l'ISBAD de chacune des stations est comparé aux données acquises par Verneaux en 1973. Pour les genres pluri-spécifiques, l'abondance spécifique maximale est retenue comme abondance générique.

Dans un second temps et afin de distinguer l'effet de l'altération des débits à la dégradation générale constatée depuis 1970, l'ISBAD de chacune des stations sera comparée aux données de Verneaux en ne considérant que les taxons communs.

### III.E ETUDE COMPAREE DE L'HYDROLOGIE DES STATIONS

Les deux stations du Doubs se positionnent à l'amont et à l'aval de la seconde plus importante série de barrage du Doubs. Théoriquement, ces aménagements sont disposés de manière à pouvoir démoduler les augmentations et diminutions rapides de débit induites par les barrages amont.

Les travaux de Courret (Courret 2010; Courret et al. 2012; Courret 2014) proposent différents descripteurs capables de discriminer des différents degrés de perturbation "hydrologique". Il s'agit :

- le nombre total de baisse et de hausses d'éclusées par année
- la valeur du débit de base non dépassée par 10 % des baisses
- la valeur d'amplitude non dépassée par 90 % des baisses
- la valeur de gradient non dépassée par 90 % des baisses
- la valeur de gradient non dépassée par 90 % des hausses

La concaténation des informations obtenues grâce à ces cinq descripteurs permet de calculer un score "de perturbation" pouvant être au besoin définie par période (3mois minimum) ou par année. Six classes de niveau de perturbation ont ensuite été définies de manière à caractériser le degré de perturbation (0 : hydrologie naturelle ou peu perturbée à 5 : perturbation hydrologique très sévère).

Compte tenu de la disparité des données hydrologiques sur les deux stations caractérisant exactement les stations étudiées, la méthode complète n'a pas pu être appliquée. En revanche l'hydrologie de la station de Dampjoux a pu être approchée par les données enregistrés à Mathay, distante de 12 km, mais séparée par 3 "microcentrales" pouvant encore quelque peu modifier les caractéristiques hydrologiques.

Un seul descripteur a été retenu pour simplifier l'approche. Il s'agit de la valeur de gradient non dépassée par 90 % des baisses. Il a cependant été calculé sur trois classes de débits [100-50%]; [50-25%], [25 à 15 %] du module. Ces valeurs ont été définie sur les chroniques de débit disponible depuis 2013, soit un peu plus de 3 ans (=maturité sexuelle moyenne pour les téléostéens).

## IV. RESULTATS : DELIMITATION DE L'AIRE DE REPARTITION ACTUELLE DU TOXOSTOME

### IV.A EXPLOITATION DES DONNEES PISCICOLES RECENTES

Les données piscicoles exploitées pour définir la répartition actuelle du Toxostome correspondent :

- Aux données RHP, Réseau hydrographique et piscicole, émanant du CSP
- Aux données RCS : Réseau de Contrôle et de Surveillance, émanant de la DCE

Sur le département du Doubs, 16 stations sont prospectées tous les 2 ans, tandis que trois stations sont prospectées annuellement. Les stations du Dessoubre à Saint Hippolyte et de la Savoureuse à Vieux-Charmont font parties de ces 3 stations et ont une typologie satisfaisant les exigences du Toxostome. Le Toxostome n'a jamais été capturé sur le cours aval du Dessoubre et c'est pourquoi il n'a pas été reinspecté en 2016.

#### Rappel des Objectifs du RCS (extrait des rapports ONEMA,2009,2010,2012,2013,2014) :

- *Disposer chaque année d'un état des peuplements à l'échelle nationale*
- *Caractériser les variations interannuelles des peuplements et rechercher les tendances évolutives à long terme*
- *Evaluer les conséquences des événements naturels exceptionnels (sécheresses, crue...)*
- ***Mettre en place un réseau de veille écologique assurant le suivi des espèces plus particulièrement intéressantes sur le plan écologique***

### IV.B LE CAS DE LA SAVOUREUSE A VIEUX-CHARMONT (FERMETURE DU BASSIN)

Stratégie	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	SPP	SPP	Complète (1passage)	SPP	SPP	SPP	SPP	SPP	SPP
Surface prospectée (m <sup>2</sup> )	937.5	1262.5	2000	962.5	/	937.5	937.5	937.5	937.5
Temps de pêche (min)			65	115	/	31	35	39	42
Largeur			10	15.3	/	14.5	14.5	14	13.8
BAF	X	X	X		X	X		X	X
BOU									X
BRE	X				X			X	X
BRO									X
CHA	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CHE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GOU	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GRE	X	X		X		X		X	X
HOT					X	X	X	X	X
LOF	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PER	X	X	X	X		X	X	X	
ROT								X	X
SIL	X		X	X	X	X	X	X	X
SPI	X	X	X		X	X	X	X	X
TOX			X						
TRF	X	X	X		X			X	
VAI				X				X	
VAN	X		X		X	X	X		X
Nombre d'espèces	16	13	15	12	14	14	12	18	18

Tableau 5 : Détection des principales espèces de la Savoureuse à Vieux-Charmont, comparaison des stratégies d'échantillonnage, le tableau complet est à retrouver en annexe 2

SPP =Stratifiée par points (grand milieu)

La station de la Savoureuse est intéressante dans le sens où :

- un seul Toxostome a été capturé en 9 ans
- ce spécimen correspond à la seule pêche exhaustive réalisée pendant cette période
- les occurrences spécifiques sont variables d'une espèce à l'autre, la perche par exemple, ubiquiste et certainement présente depuis le début de la chronique n'est pas capturé tous les ans.
- des données plus anciennes (Savoireuse à Trévenans (90) avec 4 individus en 2004) confirme la présence de l'espèce sur ce tronçon connectif

→ Les données du Réseau RHP et RCS sont donc à interpréter avec prudence, notamment celles des pêches "stratifiées" à pied. Les données RCS sur le Toxostome font état d'une occurrence inférieure à 25% pour près des deux tiers des stations où le Toxostome a été détecté au moins une fois.(ONEMA 2007)

Les mortalités massives liées au dysfonctionnement de la station d'Épuration de Belfort (Juillet 2015) ne nous permettent cependant pas de projeter la présence du Toxostome sur la Savoureuse. Des pêches exhaustives à 3 passages permettront de préciser cette répartition d'ici l'Automne 2016.

#### IV.C DONNEES RETENUES POUR ETABLIR LA REPARTITION DU TOXOSTOME EN 2016

Tronçon connectif		Prospection 2015-2016			Verneaux 1973	
		TOX	HOX	HOT	TOX	HOT
Doubs	Moulin du Doubs(CH)-Vaufrey	X	?	X		
	Aval Vaufrey-Grosbois					
	Aval Grosbois-St Hippolyte				X	
	Aval St Hippolyte-Dampjoux				X	
	Aval Dampjoux-Pont de Roide				X	X
	Aval Bourguinon-Mathay				X	X
	Aval Mathay-Mandeure				X	X
	Mandeure-Audincourt	X	?	X	X	X
	Audincourt-Voujeaucourt		?	X	X	X
	Voujeaucourt-La Prétière	X		X	X	X
	La Prétière-Blussangeaux			X	X	X
	L'Isle sur le Doubs-Appenans		X*	X	X	X
	Lonot-Baumes-Les-Dames			X	X	X
	Ougney-Laissey			X	X	X
Allan	Feschés-le-Chatel			X	Non prospecté	
	Courcelles-lès-Montbéliard	X		X		
Bourbeuse	Froidfontaine-Bourogne			X		
Savoireuse	Nommay-Vieux Charmont			X		

Tableau 6 : Synthèse des données acquises sur la répartition du Toxostome et du Hotu sur le bassin versant du Doubs

\*1 individu hybride, validé par la génétique (Université Aix-en-Provence)

Les secteurs lacunaires restants à prospecter sont indiqués en orange

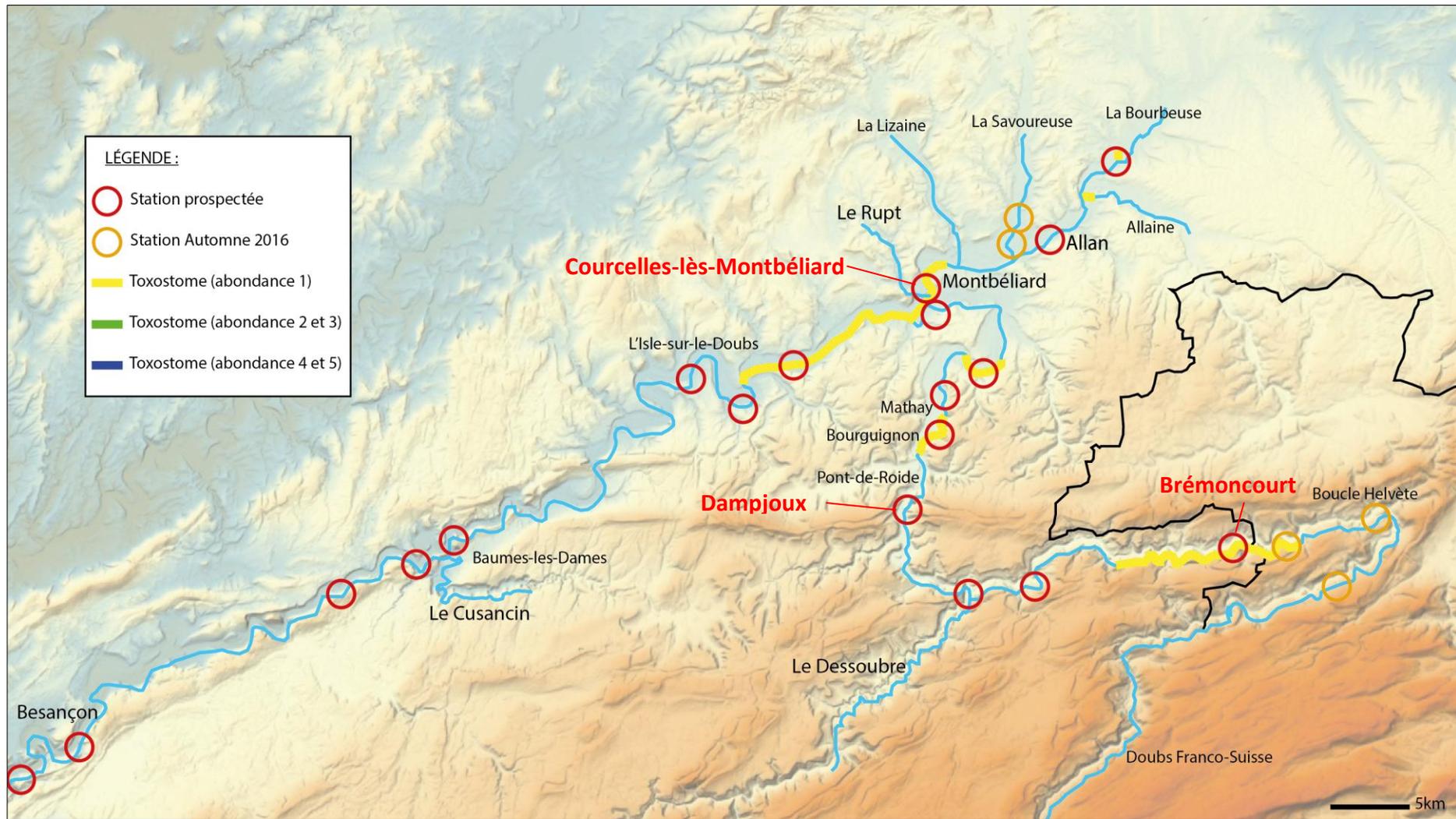


Figure 6 : Répartition actuelle du Toxostome sur le bassin versant du Doubs en amont de Besançon

## V. RECHERCHE DES FACTEURS CONDITIONNANT LA PRESENCE DU TOXOSTOME

### V.A ETAT DES PEUPELEMENTS PISCICOLES (APPROCHE GLOBALE)

#### V.A.1 Typologie

	Station	Tmm (°C)	Sm (m <sup>2</sup> )	Pente (‰)	L (m)	Do (Km)	D (mg/L)	T1	T2	T3	NTT	Type
Doubs	Brémencourt	20.2	30	1.4	30	164.5	81	6.77	7.22	5.40	6.6	<b>B6.5</b>
	Dampjoux	20.3	67.5	0.9	45	198.5	83	6.83	7.47	6.19	6.9	<b>B7</b>
Allan	Courcelles	23.2	42	1.3	35	63	64	8.42	5.83	5.69	7.0	<b>B7</b>

Tableau 7 : Typologie théorique des stations étudiées

Les températures moyennes mensuelles des deux stations du Doubs sont basées sur les enregistrements de 2014, année jugée plus représentative que 2015 au vu de la climatologie actuelle. La typologie de la station de l'Allan est établie à partir des données thermiques de 2016 et pourra par conséquent être réactualisée. Les niveaux typologiques établis à partir de la formule de Verneaux (1976) positionnent trois stations étudiées entre B6.5 et B7

La typologie établie par Verneaux en 1973 à partir des peuplements de poissons, trichoptère et éphéméroptère, positionnent néanmoins la station de Brémencourt en B6, soit un demi-niveau typologique inférieur à la valeur établie par le calcul. La station de Dampjoux était un B8, soit un niveau typologique supérieur à celui estimé en 2016. La station de l'Allan était si dégradée (rejets urbains, industriels...) qu'il n'était pas pertinent de la prospecter dans l'optique d'établir une typologie.

Devant la précision du calcul (un demi-niveau typologique), le réchauffement des eaux constaté sur l'ensemble du département, le rehaussement des débits réservés en aval des principaux ouvrages, la typologie calculée sera conservée dans la suite de l'étude.

La station de Brémencourt se situe donc dans la zone à Ombre (hyporhitron), tandis que les deux stations plus basales correspondent au début de la zone à Barbeau (épipotamon).

→ Avec une amplitude typologique comprise entre B4.5 et B8.5, et un preferendum typologique voisin de B6, la typologie actuelle des stations ne permet pas d'expliquer la répartition actuelle du Toxostome.

## V.A.2 Régime thermique

		Brémoncourt	Dampjoux	Courcelles
<b>Tmm max</b>		23.3 (2015)	23.6 (2015)	25.3 (2015)
<b>Tmax instantané</b>		25.8 (2015)	25.7 (2015)	28 (2015)
<b>Nombre de jours [16-25] °C</b>	<b>2014</b>	51	50	/
	<b>2015</b>	104	108	116*
	<b>2016</b>	72	73	89
<b>Nombre de jours T°&gt;25°C</b>		5 (2015)	2 (2015)	15 (2015)
<b>Tmin</b>		2.3 (2015)	2.3 (2013)	3.5 (2016)

Tableau 8 : Caractéristiques thermiques des trois stations étudiées

\* valeur sans doute sous-estimée par la mise en place tardive de la sonde thermique

L'analyse du régime thermique des trois dernières années fait état :

- d'une thermie comparable pour les deux stations du Doubs
- d'une thermie nettement plus élevée sur l'Allan, quelle que soit l'approche considérée.

La variabilité interannuelle reste forte, notamment approchée par le nombre de jours durant lesquels le preferendum thermique du Toxostome est atteint. Cette durée est doublée entre les années 2014 et 2015 ce qui pourrait avoir un impact sur les populations cohortes nées en 2014.

## V.B PEUPLEMENT PISCICOLE DU DOUBS MEDIAN

**Avant propos** : Les échantillonnages piscicoles réalisés en Juillet-Aout 2016 et traités dans ce rapport correspondent uniquement à la campagne estivale du protocole ECD-AVM (Station de Brémoncourt, Villars-Sous-Dampjoux et Courcelles-lès-Montbéliard). Les abondances fournies par les Araignées Verticales Multi-maillages posées en été 2016 peuvent sous-estimer les abondances en carnassiers et plus particulièrement celle du brochet, peu mobile dans ces conditions. Ces données seront par la suite complétées par les campagnes AVM hivernales et par des pêche exhaustive sur les stations de Brémoncourt et Dampjoux.

### V.B.1 Composition qualitative et quantitative des trois stations

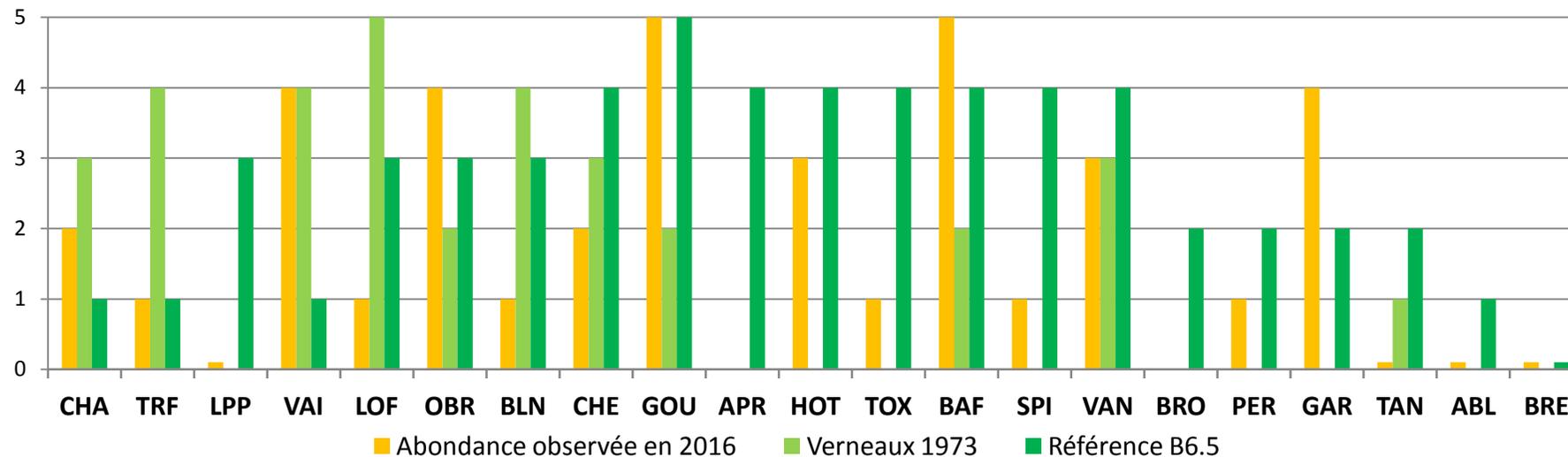
La diversité spécifique varie considérablement d'une station à l'autre. Le peuplement de la station de Brémoncourt est composé de 20 espèces, dont 19 capturées, lors des inventaires ECD/AVM. Le brochet n'a été capturé que lors des pêches de sondage et observé lors de la cartographie IAM et les prélèvements de macro-invertébrés. Sa présence reste néanmoins anecdotique puisque ses effectifs sont largement soutenus par des alevinages et que les sites potentiels de frai sont limités à la retenue de Vaufrey (limite aval du tronçon considéré).

La station de Dampjoux est la moins diversifiée avec 15 espèces piscicoles et une espèce astacicole exotique recensée (l'écrevisse Signal = *Pacifastacus leniusculus*). La station de l'Allan possède la plus grande diversité spécifique avec près de 28 espèces piscicoles et une autre espèce astacicole exotique (l'écrevisse américaine = *Orconectes limosus*).

## V.B.2 Structures stationnelles

### Station Brémoucourt

Cote d'abondance /5



Sur la station de Brémoucourt, les abondances en cyprinidés d'eau vive sont assez contrastées. Le barbeau et le goujon dépassent ou égalent les abondances attendues pour ce type écologique ainsi que les abondances relevées par Verneaux en 1970. En revanche, le blageon comme la vandoise, plus sensibles à la qualité d'eau, sont déficitaires, avec respectivement 2 et 1 classe d'abondance en dessous du référentiel.

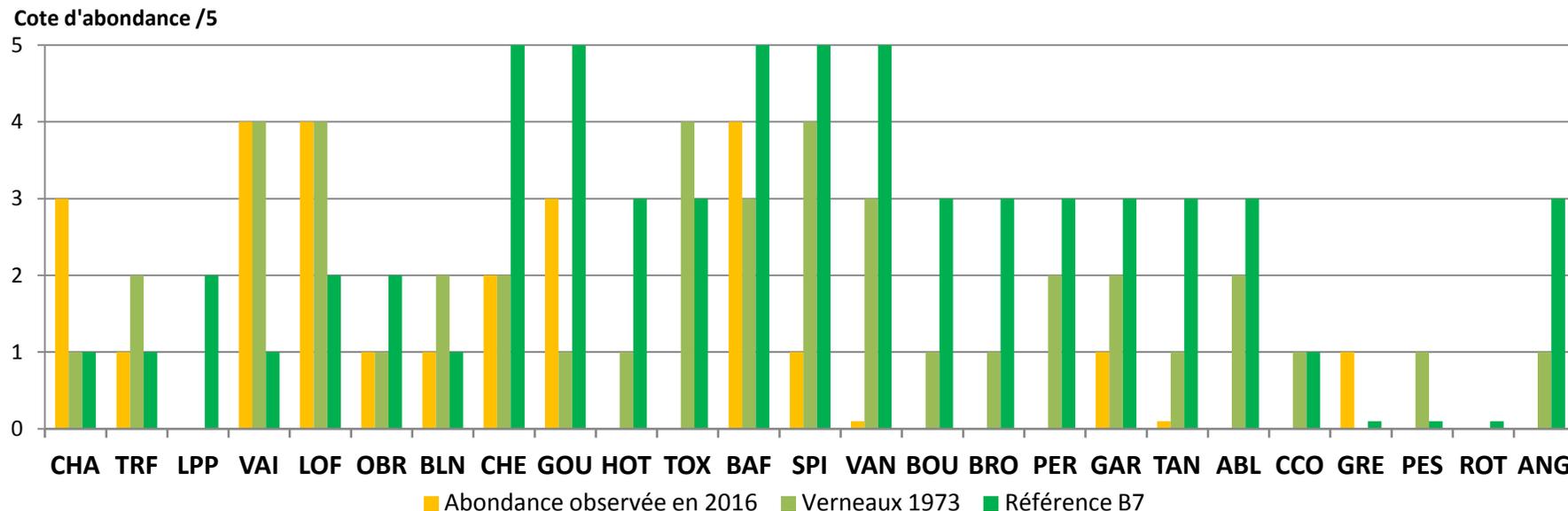
Les salmonidés sont bien représentés pour ce type écologique. L'ombre dépasse l'abondance attendue tandis que la truite l'égalise tout en restant largement loin derrière la référence historique.

La lamproie est en sous-abondance. La contamination substrats déposés par des toxiques est une piste à explorer en priorité pour expliquer ce déficit.

Le hotu, pour la première fois recensé côté français (Aquarius 2011; Aquarius 2014) atteint presque l'abondance optimale. Les densités de Toxostome restent faibles alors que la station est proche de son référentiel typologique.

Enfin, le gardon, ubiquiste et profitant sans doute de la proximité de la retenue de Vaufrey, dépasse largement les abondances attendues pour ce type écologique.

### Station Villars-Sous-Dampjoux (considérée sans sa retenue)



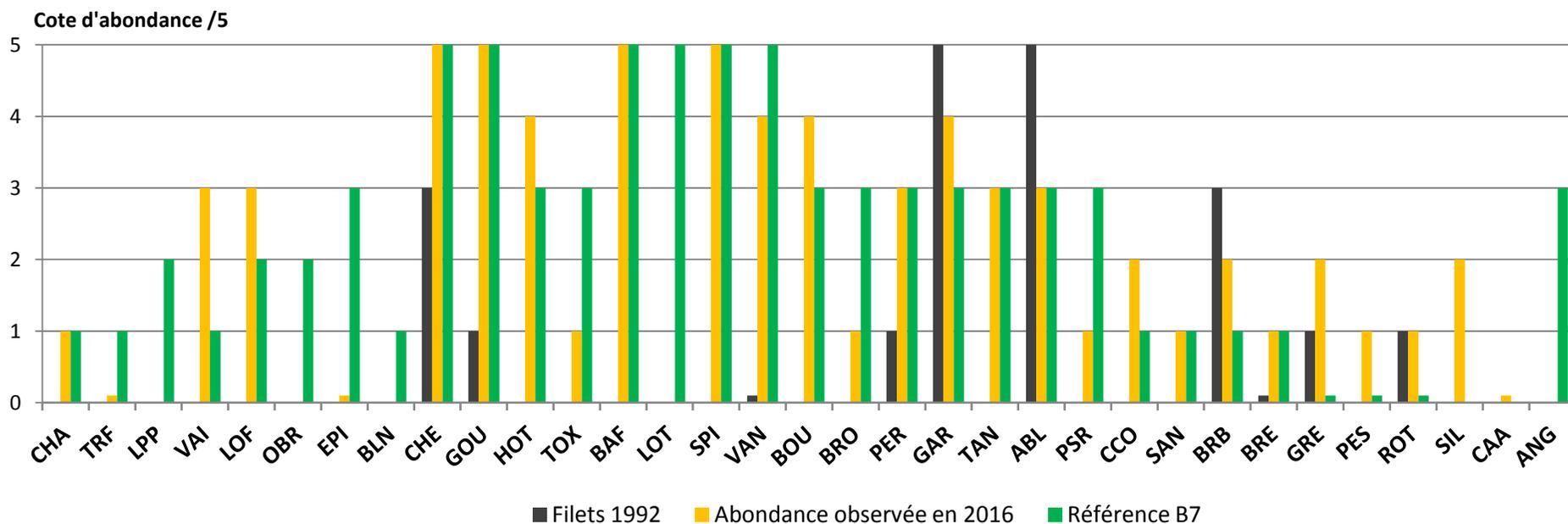
La station de Villars-Sous-Dampjoux est largement sous-peuplée. Le hotu et le toxostome, pourtant présent en 1970 n'ont pas été échantillonné en 2016. Ce déficit en cyprinidés rhéophiles se confirme pour le goujon, le spirin et la vandoise. L'abondance en chevesne est également très faible compte tenu du type écologique de la station. Le barbeau atteint la cote d'abondance 4 malgré des rendements en ECD nettement plus faible que l'ensemble des stations considérées.

La truite atteint la cote attendue et l'ombre, ici soutenue par alevinage, présente encore des densités deux fois inférieures à la référence.

La bouvière, l'ablette, la perche-soleil pourtant signalées en 70 semblent avoir disparu, vraisemblablement en lien avec la perte d'un niveau typologique. L'anguille est signalée en 1970, mais était sans doute déjà "aidée" dans sa montaison jusqu'à ces secteurs...

La perche est absente de la partie hors-retenué alors qu'elle a été échantillonnée dans la retenue.

## Station Courcelles-lès-Montbéliard



La station de Courcelles-lès-Montbéliard est sans doute la station la plus peuplée en terme en densité numérique comme pondérale. Des cotes d'abondances calculées sur la base des CPUE "filets" de Guyard (2009) permettent de constater l'évolution du peuplement piscicole sur ce tronçon de l'Allan. Cette prospection n'ayant été réalisés qu'avec les "premières AVM" (nappes de 3m de longueur, pas de maille de 15mm), il n'est pas possible d'affirmer que les petites espèces benthiques ou peu mobiles (loche franche, chabot épineche, perche-soleil) étaient absentes en 1992. En revanche, les espèces

capturées aux filets en 2016 et absentes en 1992 (Hotu, **Toxostome**, barbeaux, spirlin, bouvière, tanche, sandre) ont très certainement recolonisé ce secteur connectif avec le Doubs .

Le peuplement en 2016 est globalement conforme au peuplement attendu pour un B7. Les abondances sont satisfaites ou dépassées pour une majorité de cyprinidés d'eau vive : le vairon, le chevesne, le goujon, le hotu, le barbeau, le spirlin, ou pour les cyprinidés thermophiles tels que la tanche et l'ablette.

Les espèces à affinités plus potamiques, carpe, brème bordelière, gremille, rotengle, silure, perche-soleil dépassent les abondances attendues. Les salmonidés sont à considérer comme absent de la station .

Le brochet atteint une abondance de 1 sur 3, mais une campagne hivernale filet serait nécessaire pour confirmer ou améliorer cette abondance. L'absence de la lotte est logique en considérant la faiblesse des effectifs des secteurs les moins dégradés du cours amont de l'Allaine.

**→La méthodologie déployée pour prospecter les trois stations met en évidence un peuplement sub-référentiel à l'amont. Les déficits en cyprinidés sensibles à la qualité d'eau font néanmoins état d'une qualité d'eau moyenne de même que celle des sédiments déposés. La station de Dampjoux est la plus mauvaise des 3 stations étudiées avec des déficits pour chacune des familles de téléostéens. La station de Courcelles, par son peuplement, se rapproche des meilleures stations du Doubs moyen et basal avec lesquelles elle partage un déficit net en espèce élective de son type (Lotte, Brochet, et Toxostome).**

## **V.C INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES APORTEES PAR LES PECHEES GRANDS COURS D'EAU.**

### **V.C.1 Rendement de capture**

Les abondances de toxostome sur les deux stations où il a été recensé, restent largement inférieure aux abondances attendues pour des cours d'eau de ce type écologique (abondance 1/5 contre respectivement 4 et 5/5 attendues pour Brémoucourt et Courcelles). Les rendements de capture, approchés par les CPUE et selon la métrique considérée, laissent entrevoir des biomasses 3 à 8 fois supérieures pour la station du Doubs. Les rendements numériques en ECD indiquent une densité plus importante pour l'Allan. Cet artéfact est lié au mode de calcul (pondération) qui surestime l'abondance de l'espèce par la capture d'un seul individu sur un substrat très représenté sur la station (HYI). La faible taille de cette individu ne modifie pas la hiérarchisation du rendement pondéral associé à cet ECD.

**→A cote d'abondance identique (1), la population de Toxostome sur le secteur peut-être considérée comme 2 fois plus conséquente à Brémoucourt et est par conséquent à considérer comme la "référence" actuelle en terme de Toxostome pour le bassin versant du Doubs.**

## V.C.2 Structure de taille

L'ensemble des captures de toxostomes des campagnes de pêche 2016 (pêche de sondage, ECD/AVM, pêche exhaustive du 08/09/2016) ont été compilé dans la graphique taille/abondance ci-dessous. Cette approche prend en considération l'ensemble des captures réalisées par 3 stratégies distinctes. Ne s'agissant pas de CPUE au sens strict, ces "effectifs" ne peuvent être interprétés qu'en "présence/absence". La comparaison directe des structures de tailles des 2 stations sous forme de CPUE conduirait à surestimer la présence de toxostome de 80mm, elle n'a pas conséquent pas été retenue.

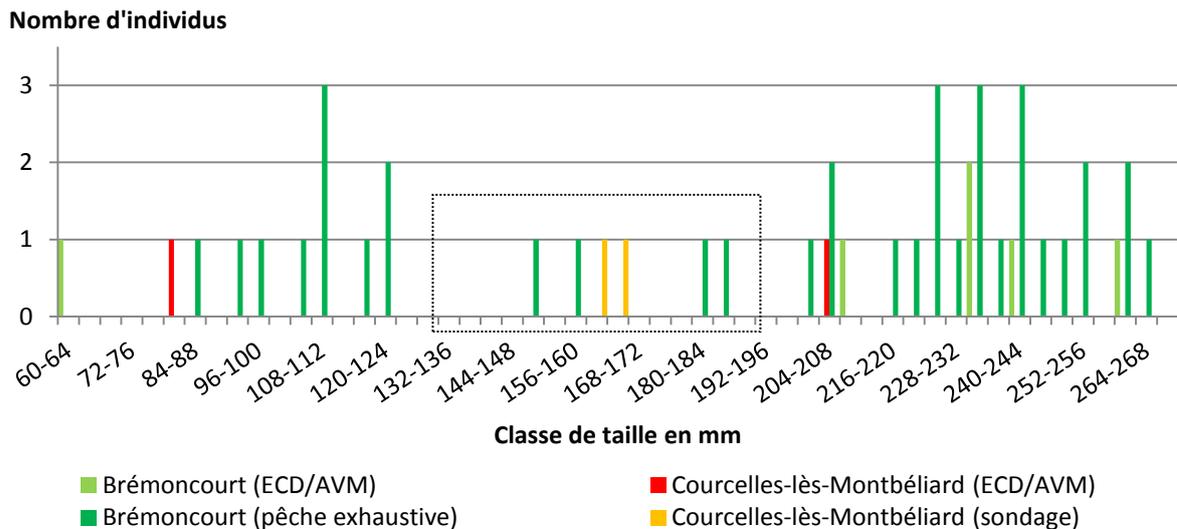


Figure 7 : Abondance des toxostomes capturés en fonction de leur taille, de la stratégie d'échantillonnage et de la station considérée

Le déploiement de trois stratégies d'échantillonnage a permis de capturer des toxostomes de tailles comprises entre 60 et 263mm. Les pêches ECD/AVM n'ont pas permis de capturer la cohorte 130-190mm. Cette lacune nous amène à émettre l'hypothèse d'une densité faible de la cohorte, pouvant être en lien avec un mauvais recrutement ou des déplacements de populations différents selon les cohortes. Le suivi thermique faisant état d'une année 2014 plus "fraîche" que les années suivantes, cela confirmerait cette hypothèse (50 jours contre 100 jours durant lesquels la température optimale a été atteinte).

Une autre explication moins probable pourrait être l'occupation d'habitats marginaux et non prospectés au moment des pêches, ou situés en dehors des stations.

→ **La population de Toxostome de Brémontcourt apparaît non seulement comme la plus importante du secteur d'étude, mais également comme celle présentant le plus de géniteurs potentiels.**

## V.D QUALITE HABITATIONNELLE GLOBALE DES TROIS STATIONS ETUDIEES

### Mosaïques des substrats/supports

	Brémondcourt	HR*	Dampjoux	Courcelles
Profonds	6.7%	9.3%	<b>46.6%</b>	
Dalles	<b>34.8%</b>	<b>35.8%</b>	18.4%	2.9% (0.2%)
Blocs avec anfractuosités	2.2%	1.9%	1.7% (0.2%)	1.1% (1.1%)
Blocs sans anfractuosités	10.1%		0.2%	3.4%
Galets		<b>28.3%</b>	14.4%	3.2%
Galets graviers	<b>34.1%</b>	17.1%	11.1%	53.2%
Galets colmatés		0.2%	0.2%	8.3%
Graviers	0.6%			
Graviers colmatés	<0.1%			
Sable	0.2%			
Dépôts fins	<0.1%	0.7%	0.7%	0.7%
Branchages	1.5%	<b>5.2%</b>	<b>5.8%</b>	1.8%
Sous-berge	0.4%			
Hydrophytes immergées		1.3%	0.7%	<b>22.2%</b>
Hydrophytes à feuilles flottantes				<b>2.7%</b>
Hélophytes		0.3%	0.3%	0.1%
Litière	0.2%			<0.1%
Affluent	0.1%		0.1%	0.1%

	Brémondcourt	HR*	Dampjoux	Courcelles
H1	1.2%	1.0%	0.5%	2.0%
H2	25.6%	7.9%	3.9%	17.9%
H3	30.5%	39.6%	20.7%	45.6%
H4	35.5%	42.1%	28.2%	30.7%
H5	7.1%	<b>9.3%</b>	<b>46.6%</b>	3.9%

	Brémondcourt	HR*	Dampjoux	Courcelles
V1	48.4%	36.7%	<b>68.8%</b>	78.1%
V2	33.4%	43.1%	21.3%	15.4%
V3	16.2%	17.8%	8.8%	6.2%
V4	1.8%	2.0%	1.0%	0.3%
V5	0.2%	0.3%	0.1%	/

Figure 8 : Composition des mosaïques d'habitats des trois stations étudiées, les parenthèses indiquent la représentativité des substrats artificiels

\*Station de Dampjoux considérée sans sa retenue

	Brémencourt	HR*	Dampjoux	Courcelles
<b>Nombre de substrats retenus :</b>	10	9	9	10
<b>Nombre de classe de hauteur:</b>	5	5	5	5
<b>Nombre de classe de vitesse:</b>	5	5	5	4
<b>Nombre de pôle :</b>	130	95	99	102
<b>Attractivité</b>	21.8	29.1	31.7	38.2
<b>Note IAM</b>	<b>5450</b>	<b>6545</b>	<b>7128</b>	<b>7641</b>
<b>IAM/IAMréf</b>	41%	45%	49%	55%
<b>Diversité</b>	1.47	1.45	1.12	1.35
<b>Régularité</b>	0.70	0.74	0.56	0.67
<b>Classe de qualité</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne</b>

Figure 9 : Évaluation de la qualité physique des trois stations à l'aide l'indice d'attractivité morphodynamique et des descripteurs synthétiques usuels

Le calcul de la note IAM des trois stations positionne les stations dans une plage assez réduite. Aucune des stations ne dépasse 55% du référentiel (fonction de la largeur moyenne propre de chacune des stations).

#### *Description sommaire des stations/liens avec les indices*

Parmi les trois stations étudiées, la station de Brémencourt a la morphologie la plus naturelle et sans doute la plus forte énergie. Des dalles forment des banquettes, tantôt en rive droite à l'amont, tantôt en rive gauche à l'aval, et limitent globalement le score d'attractivité de la station (score dalle=1). En revanche, elles façonnent un lit d'étiage plutôt courant (V2 au minimum sur plus des deux tiers du linéaire) avec des caches éparses au niveau des tombants abrupts. Les cinq classes de vitesses sont représentées avec plus de 18% de la représentativité pour les trois classes les plus rapides. Toutes les classes de profondeurs sont représentées et sont compétées par quelques profonds. La note IAM reste moyenne avec l'indice de Diversité le plus important des trois stations.

La station de Villars-Sous-Dampjoux comprend trois zones distinctes. La zone amont correspond à une zone à écoulement lentique se terminant par la plus importante fosse du secteur. (*Gouffre de Gougey*, 8m). Un spectaculaire affleurement de dalle marque la transition vers la seconde zone à rhéologie plus intéressante. Le secteur intermédiaire se caractérise par l'importante représentativité des dalles aux extradors (et bloquant l'incision) tandis que les galets ou galets/graviers occupent les intrados. Quelques rares blocs, posés sur les dalles, apportent un peu de diversité et font le lien avec une activité ancienne de flottage de bois (Gibert 1933). Un bras secondaire (*les ilotes*) pourrait accroître l'attractivité de la station, mais est régulièrement dénoyé en partie centrale (selon le débit turbiné à la centrale hydroélectrique de Dampjoux). L'aval de la station sous influence du barrage de Pont-de-Roide (plan d'eau à rhéologie nulle) est peu intéressante avec des berges abruptes et un pôle profond dépassant 95% de la superficie de la zone. La complémentarité des zones de la station de Villars-Sous-Dampjoux et les bois morts de la retenue (3.5% des 5.8% de BRA), produit néanmoins une note IAM moyenne restant loin du potentiel d'un épiptamon de 50m de largeur moyenne.

### **Comparaison directe des deux stations du Doubs :**

L'application stricte du protocole IAM ne permet pas de différencier nettement les deux stations de Dampjoux (hors retenue) et de Brémencourt. Les dalles, substrats les plus représentés sur les deux stations atteignent respectivement 35.8% et 34.8% pour les deux stations. Les substrats les plus représentés sont ensuite les galets pour Dampjoux (28.3%) et le mélange galets-graviers pour la station de Brémencourt (34.1%) , c'est à dire des substrats assez proche ou n'impliquant que peu de différence pour les chondrostomes.

**→La qualité habitacionnelle, approchée par l'IAM ne permet donc pas d'expliquer directement l'absence de toxostome sur la station de Dampjoux.**

La station de Courcelles-lès-Montbéliard contraste avec les deux stations du Doubs par l'abondance de ses substrats végétaux. Différents taxons occupent l'espace fluvial et colonisent des secteurs à rhéologie variée. Les renoncules occupent les parties courantes tandis que les myriophylles, nénuphars et potamots se partagent les zones plus lenticques. Les zones courantes les plus importantes sont liées au seuil et au radier du pont à l'amont, à un affleurement de dalle très diatomique à l'aval. La note IAM classe cette station comme la meilleure des trois stations étudiées, tout en restant moyenne devant la référence.

### **V.D.2 Confrontation des peuplements piscicoles en place à la capacité d'accueil de chacune des stations**

Depuis 2011, l'ensemble du cours du Doubs, de son cours médian à son cours basal a été prospecté selon la même stratégie d'échantillonnage. Chacune des stations a été confrontée à un peuplement de référence établi en fonction de son type écologique et des références historiques. En dehors de toute perturbation majeure de qualité d'eau, c'est la qualité habitacionnelle qui conditionne la quantité de poisson présent sur une station (numérique et pondérale). La qualité du peuplement piscicole peut ainsi être approchée par l'écart entre le peuplement en place et le peuplement de référence, codé sous forme de cote d'abondance. La qualité de l'habitat peut être approchée par le rapport IAM/IAMréf.

Le graphique ci-dessous reprend l'ensemble des données validées (proportion des abondances et Note IAM(François Degiorgi et al. 2013; F. Degiorgi 2016)). Les types écologiques sont compris entre B7 (station de Molay) et B9 (station de Molay). A noter que le rapport IAM/IAMref peut être sous-estimé pour les stations jurassiennes, en raison du score d'Attractivité du pôle profond fixé à 0 (contre 30 pour les stations du Doubs médian).

**Σ des abondances des espèces recensées/  
 peuplement de référence exprimés en %**

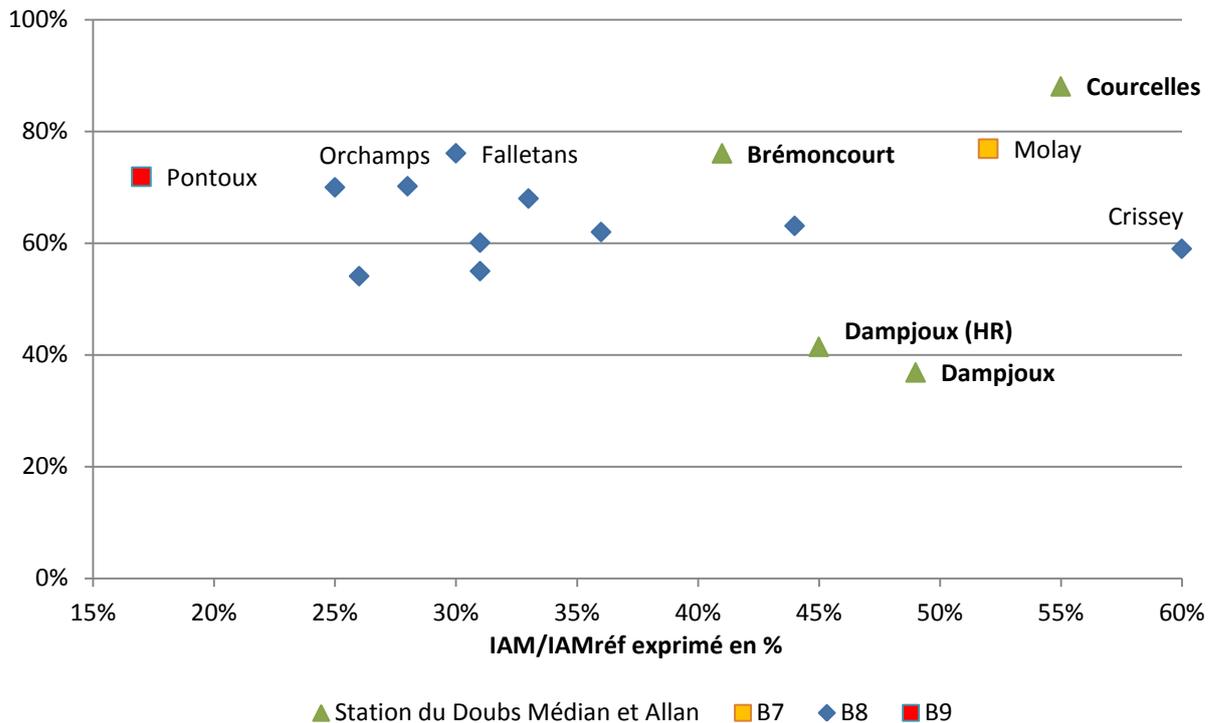


Figure 10 : Comparaison de l'intégrité des peuplements en place et du potentiel habitationnelle de chaque station

La confrontation de l'image fournie par les cotes d'abondances synthétiques à la qualité habitacionnelle des stations permet de confirmer le diagnostic relatif à l'état des peuplements. La station de Courcelles (non navigable) est référentielle du point de vue de son peuplement global sans pour autant avoir la meilleur qualité habitacionnelle jamais investigué. La station de Brémoncourt se positionne parmi les meilleures stations et resterait à comparer à d'autres stations du même type écologique avec un peuplement fonctionnel en salmonidés. Enfin, le diagnostic confirme un net déficit piscicole pour la station de Dampjoux qu'elle soit considérée avec ou sans sa retenue, et qui n'est pas imputable à la qualité habitacionnelle de la station.

→ **La qualité habitacionnelle approchée par l'IAM ne permet pas d'expliquer la répartition actuelle du Toxostome. Elle permet d'exclure la qualité habitacionnelle comme responsable de la tristesse du peuplement observé à Dampjoux.**

### V.D.3 Recherche de pôles d'attraction pour le Toxostome/confrontation aux cartographies

	Éco-stade	Effectifs	Substrat/Support	Hauteur	Vitesse
<b>Brémoncourt</b>	Juvenile	1	PRF	H6	V1
	Adulte	1	BRA	H4	V1
<b>Courcelles</b>	Adulte	1	HYI	H4	V1
<b>Longevelle (hiver)</b>	Juvenile	1	PRF	H6	V1
	Sub-adulte	1	BRA	H5	V1
	Sub-adulte	2	PRF	H6	V1

Figure 11 : Effectifs des captures de Toxostome au filet sur le Doubs moyen en 2015 , sur le Doubs médian et l'Allan en 2016, par pôle et par écostade

Les captures de Toxostome au filet ne peuvent pas être converties en CPUE par pôle. Ce mode d'échantillonnage "passif" permet d'attraper les poissons en déplacement, entre deux pôles attractifs pour l'espèce, ou sur un pôle très peu attractif, mais situé entre deux pôles qui le sont. Les captures réalisées au filet à l'automne 2015 sont néanmoins intéressante dans le sens où ,à station rigoureusement identique, les chondrostomes ont été capturés en eau froide uniquement. La réalisation de deux campagnes filets (eau chaude/eau froide) semble donc pertinente non seulement dans l'étude des carnassiers, plus mobile en eau froide (Degiorgi et Raymond, 2000), mais également dans l'étude des populations de chondrostrome, pouvant rejoindre des secteurs plus profond et moins courant à l'automne.

	Éco-stade	Effectifs	CPUE kg/Ha	CPUE Ind/1000m <sup>2</sup>	Substrat/Support	Hauteur	Vitesse
<b>Brémoncourt</b>	Juvenile	1	0.9	47	FIN	H3	V1
	Adulte	1	10.1	9	BRA	H4	V1
	Adulte	2	15.7	12	BLO	H4	V1
<b>Courcelles (sondage)</b>	Juvenile	1	0.3	7.6	HYI	H3	V1
	Adulte	2	/	/	GGR	H2-H3	V2

Figure 12 : Effectifs et rendement de capture de Toxostome à l'électricité sur le Doubs médian et l'Allan en 2016, par pôle et par écostade

Les ECD montrent des captures de Toxostome sur des substrats plus diversifiés. La faiblesse des effectifs capturés nous amène à interpréter avec prudence les rendements CPUE par pôle aussi bien numériques que pondéraux. Un juvénile a été capturé sur un fond nu à Brémoncourt, substrat minoritaire, tandis que celui de l'Allan a été capturé sur un herbier, au contraire très représenté sur la station. Les adultes à Brémoncourt ont été capturés parmi les cinq pôles les plus poissonneux en terme de biomasse.

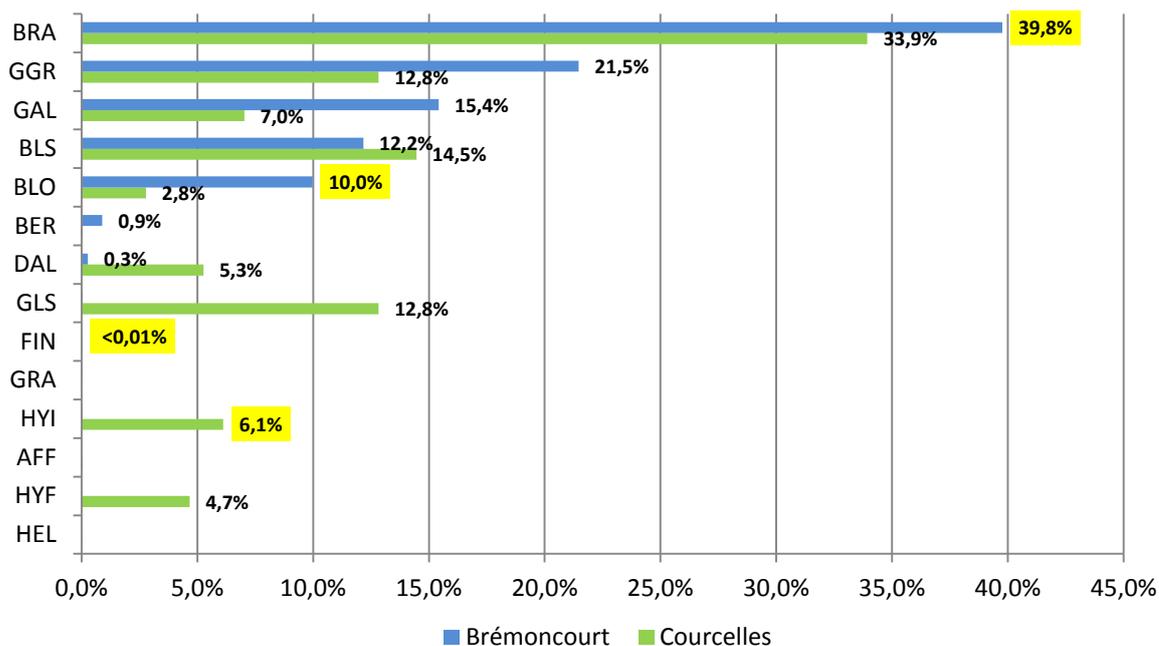


Figure 13 : Proportion relative des biomasses capturées à l'électricité par station et par pôle, les valeurs surlignées en jaune indiquent les pôles où ont été capturés les toxostomes

Station	Substrat	Nombre de points	Surface cumulée	Surface représentée par le pôle* sur la station	Proportion relative pêchée
<b>Brémoucourt</b>	BRA#	12	90	688	13%
	BLO#	12	162	576	28%
	FIN#	4	21	21	100%
	HYI			ABSENT	
<b>Dampjoux</b>	BRA	12	184	2400	7.6%
	BLO	6	86	912	9.4%
	FIN	3	30	187	16%
	HYI	3	30	579	5%
<b>Courcelles</b>	BRA	8	106	1069	10%
	BLO(art)	4	66	613	11%
	HYI#	9	132	12489	1%
	FIN	1	4	472	1%

Tableau 9 : Comparaison de l'effort de pêche réalisé par pôle susceptible d'accueillir du Toxostome, station par station,  
 \* Pôle prospectable à l'électricité, hauteurs d'eau H1-H2-H3 comprenant toutes les classes de vitesse recensées  
 # indique les pôles où ont été capturés les toxostomes

→Devant le faible effectif capturé et devant l'hétérogénéité des points de captures et surtout des stations, il est difficile d'affecter directement la présence ou l'absence du toxostome (à l'échelle stationnelle) à la présence d'un ou des pôles précis. Ceci est d'autant plus valable que les pôles où le Toxostome a été recensé ont tous été prospectés lorsqu'il était présent sur la station.

## V.E ANALYSE DE LA QUALITE GENERALE DE L'HYDROSISTEME : APPROCHE PAR LES COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES

### V.E.1 Sur les 8 prélèvements IBGN

	Brémoncourt	Dampjoux	Courcelles
<b>8 placettes</b>			
<b>IBGN(/20)</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
Variété taxonomique	24	33	35
Taxon indicateur (GI)	Leuctridae (7)	Leuctridae (7)	Leuctridae (7)
<b>Robustesse(/20)</b>			
<b>Robustesse(/20)</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>13</b>
Taxon indicateur (GI)	Lepidostomatidae(8)	Sericostomatidae(6)	Polycentropodidae(4)
<b>CB2(/20)</b>			
<b>CB2(/20)</b>	<b>13</b>	<b>14.5</b>	<b>14</b>
Indice variété (/10)	5.3	7.3	7.5
Indice nature (/10)	7.5	7.3	6.7
<b>Coeff Morphodynamique</b>			
<b>Coeff Morphodynamique</b>	15.8	13.4	15.8
<b>20 placettes</b>			
<b>Abondance</b>	<b>9923</b>	<b>5654</b>	<b>19370</b>
<b>Variété générique</b>	42	49	47
<b>% polluo-résistant, saprobiontes, ubiquistes</b>	57%	47%	95%
<b>% toxico-sensible</b>	35%	49%	11%

Tableau 10 : Synthèse des principaux indices calculés à partir des prélèvements de faune benthique réalisés en Juillet 2016

#### **IBGN et Robustesse**

Le calcul des indices IBGN sur les 3 stations montre des écarts compris entre 4 et 7 points par rapport à la référence (20/20). Le groupe indicateur correspond aux *Leuctridae*, représentés par *Leuctra* et *Euleuctra* pour les deux stations du Doubs, *Leuctra* sur la station de l'Allan (8 prélèvements). Le calcul de robustesse sanctionne les notes IBGN de 1 point pour les 2 stations du Doubs tandis qu'elle fait perdre 3 points à la station de l'Allan.

La "meilleure" des trois stations approchées du point de vue de la faune benthique est la station de Dampjoux, station où aucun chondrostome n'a été échantillonné. La station "intermédiaire" est celle de l'Allan, où la variété des habitats conduit à une variété taxonomique comparable à celle de Dampjoux. Enfin, la plus mauvaise des trois stations, pourtant la plus peuplée en Toxostome est celle possédant les plus faibles indices.

### **CB2 et capacité habitationnelle**

Le CB2 de la station de Brémoucourt semble indiquer un peuplement plus influencé par la qualité de l'habitat que par la qualité d'eau en comparaison des autres stations. L'indice morphodynamique nuance cette tendance en montrant une capacité d'accueil à Brémoucourt supérieur à la meilleure des 3 stations (IBGN et Robustesse) et identique à la station de l'Allan.

Les stations de Dampjoux et de Courcelles, distantes d'un demi-point, ont des indices variétés supérieurs ou égaux à l'indice nature. Leurs typologies plus basales permettent sans doute le développement d'une faune plus diversifiée tandis que la qualité d'eau est nettement moins bonne sur la station de l'Allan.

### **V.E.2 Sur les 20 prélèvements**

#### **Abondance, proportion de polluo-résistant, saprobiontes, ubiquistes et toxico-sensible**

L'analyse de l'abondance (sur 20 prélèvements) de chacune des stations apporte un complément d'information intéressant.

La station de Brémoucourt, avec un peu moins de 10 000 individus au m<sup>2</sup> reste loin de la référence des 15 000 à 25 000 individus au m<sup>2</sup>. La proportion de polluo-résistant, saprobiontes ubiquistes (les éphéméroptères *Serratella* et *Baetis*, *Hydropsychidae*, *Chironomidae*, *Simuliidae*, *Gammaridae*, *Asellidae*, vers) concorde avec la fourchette de référence (50-70%).

La station de Dampjoux, est la moins peuplée avec un peu plus de 5600 individus au m<sup>2</sup>. Son peuplement est composé de 47% de taxons polluants résistants, nous permettant de la considérer comme subnormale. La proportion de taxons réputés sensibles aux toxiques, car réalisant l'ensemble de leur cycle biologique dans l'eau (*Gammaridae* et *Elmidae*) atteint la plus forte proportion des trois stations.

La station de Courcelles atteint les abondances de référence. Son peuplement est par contre déséquilibré et exclusivement composé par les taxons polluo-résistants (95%). La moitié de l'abondance a été prélevée sur une seule placette, qui même exclue de l'analyse conduit à une représentation quasi exclusive des polluo-résistants (90%). La densité de toxico-sensible ne donne pas une meilleure image de la station avec quelques 10% de *Gammaridae* et *Elmidae*.

## Composition comparée du peuplement des trois stations

### Plécoptère :

Le point commun entre les trois stations reste **l'absence des taxons les plus sensibles**. Les plécoptères ne sont représentés que par Leuctridae, famille la moins sensible et échantillonné au moins jusqu'en 1992 sur le cours moyen du Doubs (Fruget, Dessaix, et Plenet 1996). Les abondances sont très variables d'une station à l'autre avec une abondance de 2 à Courcelles contre 4 pour les deux stations du Doubs.

### Trichoptère :

Les trichoptères sensibles ne sont pas mieux représentés. Sur la station de Brémoucourt, les Philopotamidae (*Chimara*, 3 individus) ne sont représentés que sur une placette (bryophytes, V4) tandis que quelques fourreaux de *Goeridae* ont été écartés (vide) lors des du tri. Les *Lepidostomatidae*, un peu moins sensibles, sont abondants (classe 4) et reflète sans doute davantage le potentiel de la station (Taxon indicateur pour la Robustesse).

Sur la station de Dampjoux, les trichoptères les plus sensibles appartiennent à la famille des *Lepidostomatidae* et des *Sericostomatidae*. Ils atteignent respectivement les classes abondances 1 et 2.

La station de l'Allan n'héberge pour ainsi dire pas de trichoptère sensible

### Ephéméroptère :

C'est l'ordre le plus représenté dans les trois prélèvements.

Parmi les taxons inventoriés, les *Heptageniidae* sont les plus sensibles et n'ont été échantillonnés que sur les stations du Doubs. La station de Dampjoux se distingue par ailleurs par une abondance deux fois plus importante. Les *Ephemeridae* suivent la même tendance concernant leurs abondances respectives, tandis qu'une autre famille de fousseurs, les *Potamanthidae*, sont absent à Brémoucourt, mais présent en abondance respective 2 et 3 à Dampjoux et Courcelles.

Les *Ephemerellidae* (*Serratella*) atteignent la classe d'abondance 4 pour toutes les stations. Le peuplement en Baetidae est similaire sur les 3 stations (abondance 2), tandis que le peuplement en *Caenidae* est plus contrasté, abondance 2,4, 5 respectivement sur les stations de Brémoucourt, Dampjoux et Courcelles

### **Interprétation**

La station de Brémencourt possède les indices les plus bas malgré une abondance moyenne et un peuplement peu diversifié, mais relativement équilibré. Ces caractéristiques sont à rapprocher d'une dégradation de la qualité des eaux et d'une dégradation de la qualité des sédiments. Les substrats déposés, ou moins courants, et a fortiori les sables, présentent une abondance faible. Cette caractéristique peut être imputée à un déplacement de faune vers des pôles plus courants qui a priori seraient moins favorables.

La station de Dampjoux possède les indices les plus élevés grâce à une diversité plus importante. Cette diversité est à nuancer par la sensibilité des principaux taxons supplémentaires et surtout leurs origines. *Pacifastacus*, *Dreissena*, *Potamopyrgus* sont les plus représentatifs puisque tous les trois exotiques.

→La comparaison des stations du Doubs permet d'écarter un problème majeur de qualité d'eau. La faible abondance nous amène néanmoins à émettre d'autres hypothèses : fonctionnement hydrologique, transport sédimentaire en lien avec la retenue de Dampjoux.

La station de Courcelles est la plus eutrophe des trois stations considérées avec une nette dominance des organismes filtreurs de matières en suspension (*Simuliidae*, *Hydropsychidae*). La proximité de l'Agglomération du Pays de Montbéliard, ses 184 déversoirs d'orage et un taux de collecte de ses eaux usées oscillant entre 51 et 57% depuis 2010, sont assez d'explicatif des abondances observées (Rapport sur le prix et la qualité des services publics d'eau potable et d'assainissement, Pays de Montbéliard Agglomération, (Pays de Montbéliard Agglomération 2013)

### **V.E.3 Analyse de la qualité trophique en lien avec deux pôles réputés attractifs pour les chondrostomes : approche par les communautés macrobenthiques**

A défaut d'acquisition de données spécifiques sur le peuplement diatomique des stations considérées, il est possible d'approcher ce paramètre par la comparaison interstationnelle et interhabitationnelle du peuplement benthique diatomivore.

Pour cette analyse, nous proposons de retenir :

- *Serratella*
- *Baetis*
- *Heptageniidae*
- *Psychomyiidae*

L'abondance des quatre taxons est comparée par méso-habitat. Les radiers du Doubs couvrent deux classes granulométriques et deux vitesses (4 prélèvements). Le radier de l'Allan couvre une seule classe granulométrique et les deux même classe de vitesse que sur le Doubs (4 prélèvements).

Les dalles du Doubs, pour être comparables, nous ont conduits à écarter le prélèvement V1 à Brémoucourt, et le prélèvement en V4 à Dampjoux. Deux prélèvements sont donc conservés par station.

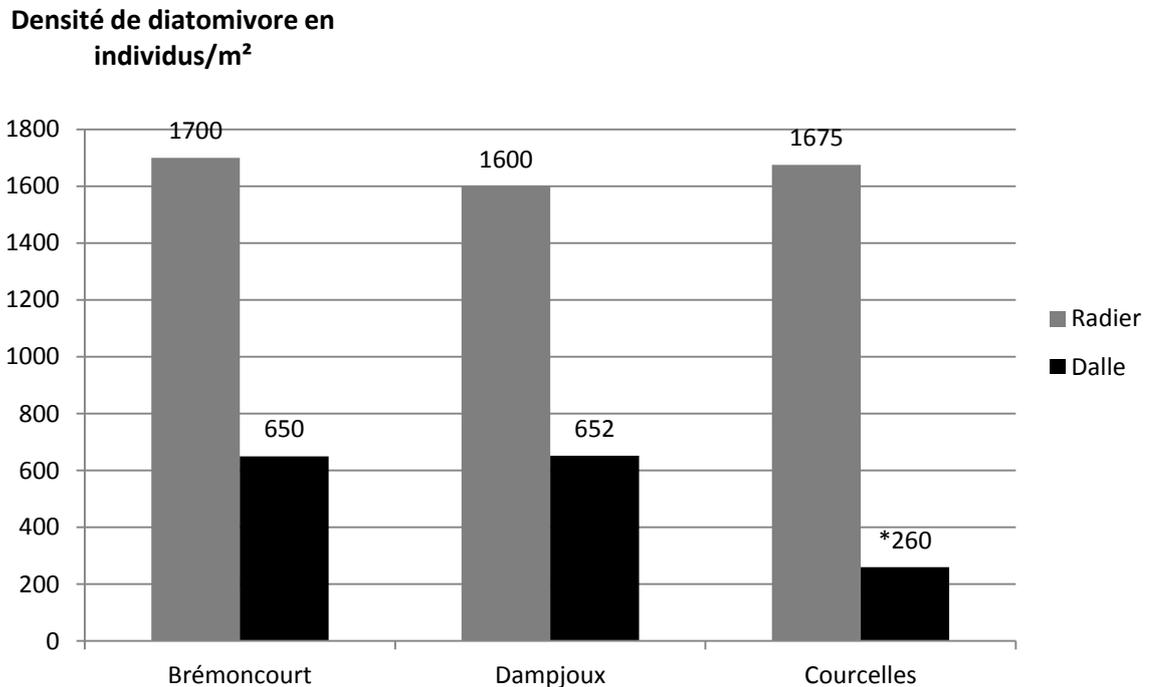


Figure 14 : Comparaison interstationnelle et interhabitationnelle des densités macrobenthiques diatomivores

\*La densité faunistique des dalles de la station de Courcelles n'est pas comparable aux autres stations. Un seul prélèvement a été réalisé sur ce substrat et dans une classe de vitesse non comparable aux autres stations. Par ailleurs, les dalles du Doubs sont incrustées de tuffs, créant de nombreuses micro anfractuosités très favorables à l'implantation d'une faune benthique à l'opposé de celles de l'Allan, très lisse et surtout très diatomique.

Les populations benthiques diatomivores de chacune des stations montrent une relative constance. Les radiers baignés par des vitesses comprises entre 5 et 75cm/s présentent des densités proches de 1650 individus au m<sup>2</sup>, valeur près de trois fois s aux dalles des même stations baignées des mêmes courants.

Ce constat amène deux pistes de réflexion :

- D'une part, les peuplements de ces deux types de méso-habitats, très représentés sur chacune des stations du Doubs, sont comparables et ne permettent pas d'expliquer la répartition actuelle du toxostome
- D'autre part, le rapport entre l'attractivité des dalles (1) et des galets (50, 25 ou 10, selon l'hétérogénéité granulométrique), serait sans doute à reconsidérer dans l'étude de la qualité habitationnelle des stations pour les chondrostomes.

## V.E.4 Confrontation des peuplements benthiques des deux stations du Doubs par un indice de sensibilité aux altérations de Débit, l'ISBAD

Les données collectées en 2016 permettent à compléter la chronique de données proposées par Degiorgi et al (2009) dans l'étude de la sensibilité des macro-invertébrés du Doubs Franco-Suisse.

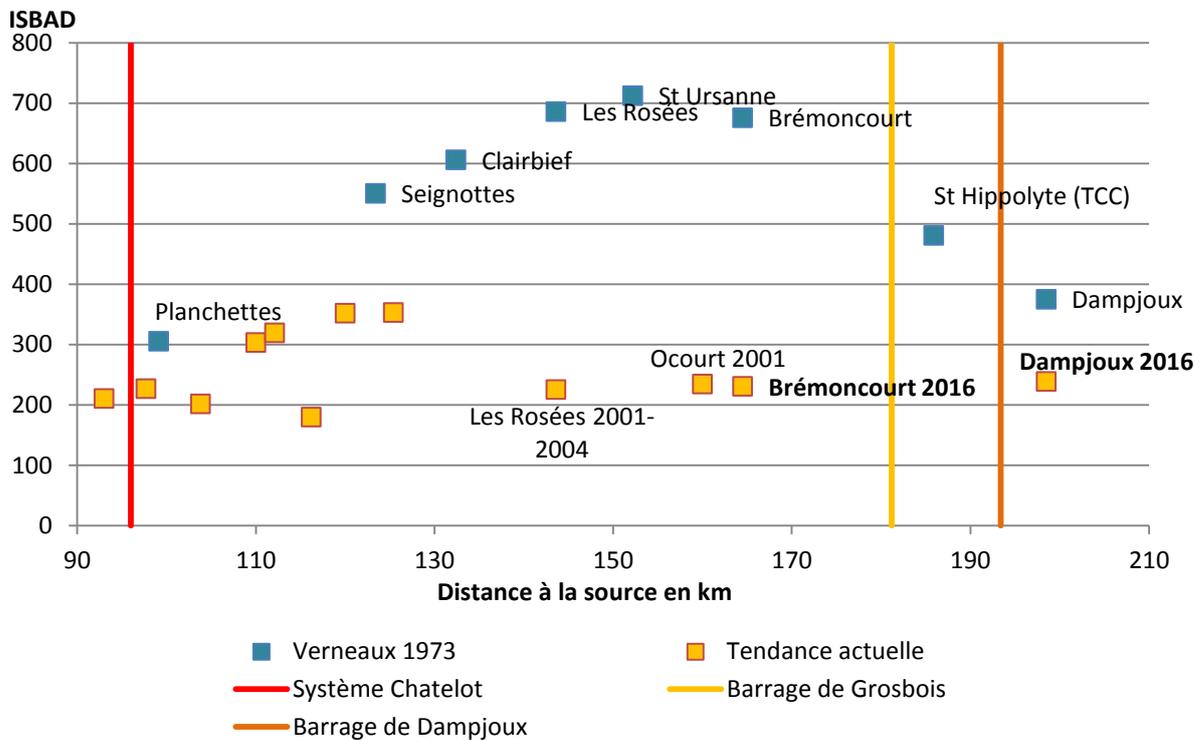


Figure 15 : Evolution longitudinale de l'indice de sensibilité benthique aux altérations de débit récente et ancienne

Les données acquises par Verneaux montraient une altération des peuplements benthiques nettes à l'aval du Système Châtelot. Le peuplement benthique des stations aval regagnait ensuite progressivement des taxons sensibles aux altérations hydrologiques. A l'aval de St Ursanne, l'indice diminuait légèrement en lien avec l'activité du barrage hydro-électrique de Bellefontaine (Suisse) puis fortement à l'amont de St Hippolyte (court-circuit de Grosbois) et plus encore à l'aval de Dampjoux.

L'indice de sensibilité benthiques aux altérations de débit répond donc à la fois à une hydrologie perturbée de type "éclusées" mais également à une hydrologie contrôlée de type "débit réservé imposé".

L'indice de sensibilité actuelle montre une très nette altération en comparaison à la situation des années 70, que l'on considère les stations amont TCC Chatelot à Ocourt, prélevées entre 2001 et 2004 ou les stations de Brémoucourt et de Dampjoux prélevées en 2016.

La généralisation de la dégradation de la qualité des eaux sur l'ensemble du bassin versant nous amène cependant à comparer les ISBAD en ne considérant que les taxons communs

aux deux périodes échantillonnées. Ceci permet de dissocier l'effet de la dégradation généralisée de la qualité des eaux, responsable de la perte des taxons les plus sensibles, de la probable dégradation hydrologique.

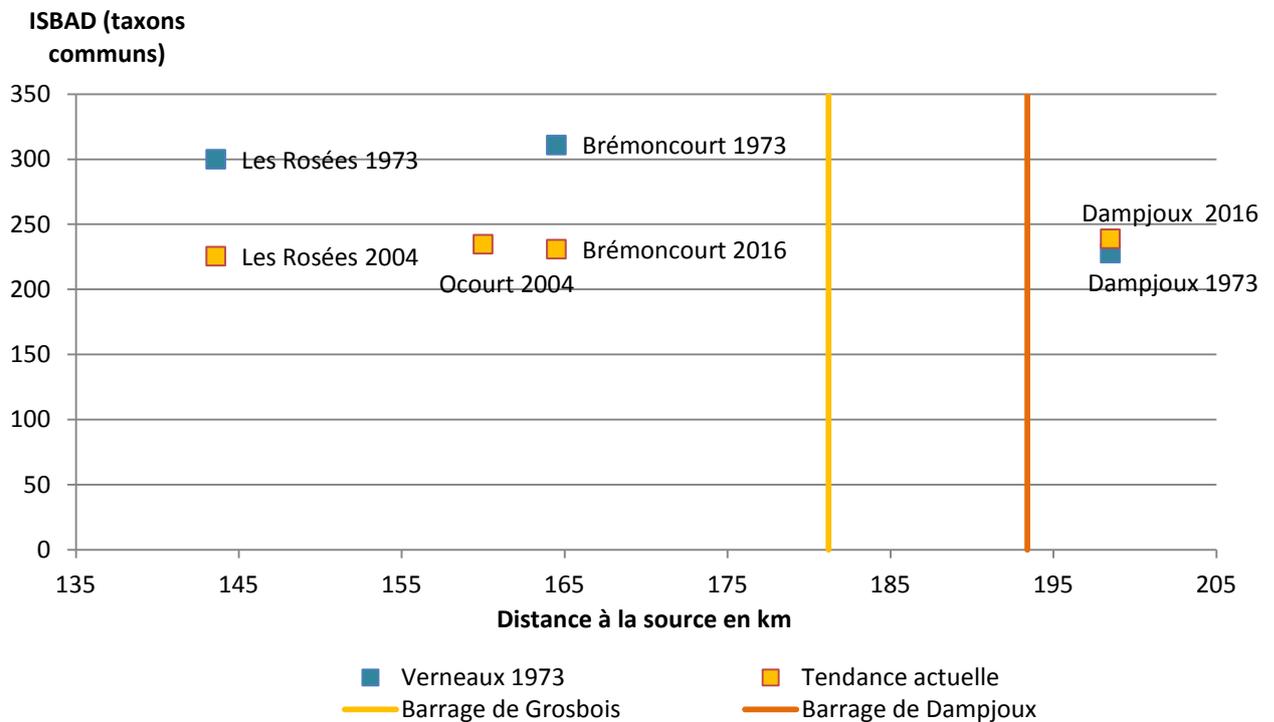


Figure 16 : Evolution de l'indice de sensibilité benthique aux altérations de débit de 3 stations du Doubs, calculés sur la base des taxons communs

L'ISBAD calculé sur la base des taxons communs semble confirmer une dégradation des conditions hydrologique depuis les années 1970 pour les deux stations situées en amont du complexe de barrage du Doubs médian.

Pour de Dampjoux, l'ISBAD actuel est sensiblement égal à celui des années 1970. Il n'est par conséquent pas démontrable que la dégradation présumée des conditions hydrologiques à l'aval de Dampjoux, soit d'avantage responsable que la dégradation de la qualité des eaux.

**L'indice de sensibilité benthique aux altérations de débits ne permet pas confirmer ni de réfuter l'hypothèse d'une altération des peuplement benthiques uniquement due à l'hydrologie. Cet indice expérimental permet néanmoins de constater une altération des peuplements benthiques imputable à l'action synergique de la dégradation de la qualité des eaux et des perturbations hydrologiques. Ces éclusées étaient sans doute d'amplitudes et de fréquences bien différentes à celles actuellement imposées, qui du fait de l'augmentation récentes des débits réservés (1/10eme du module au 1er Janvier 2014) sont sans doute moins fréquente, mais aurait plus d'effet en lien avec une qualité d'eau dégradée.**

## V.F MISE EN EVIDENCE SIMPLIFIEE DES PERTURBATIONS HYDROLOGIQUES SUR LE SECTEUR D'ETUDE

### V.F.1 Du système Chatelôt-Refrain-Goule à Brémencourt (Etude Courret, 2014)

Les précédentes études réalisées sur le secteur du Doubs Franco-Suisse mettent en évidence une perturbation hydrologique se propageant vers l'aval et décelable (au moins) jusqu'à la station hydrologique de Glère (indice de perturbation 2/5). Les années les plus perturbées, 2007 à 2010, le score de perturbation enregistré à Glère, se rapproche de ceux de Goumois, pourtant distant d'une trentaine de km.

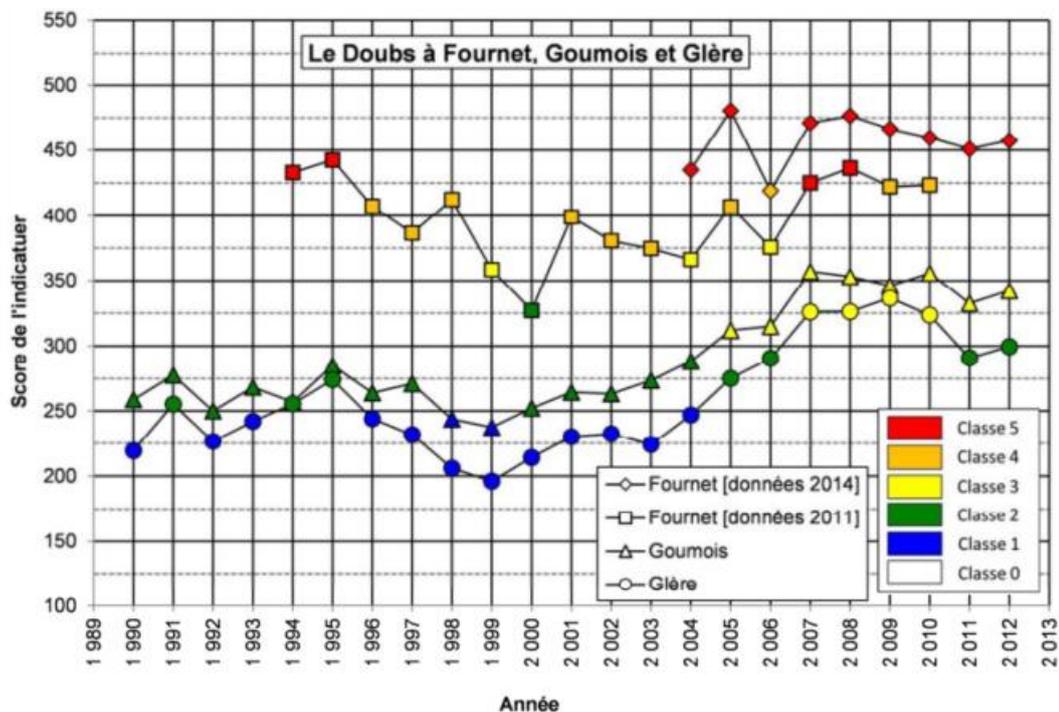


Figure 17 :Variation interannuelle et interstationnelle de l'intensité de perturbation hydrologique (tiré de Courret, 2014)

La station référentielle en terme de toxostome est donc bien soumise à une perturbation hydrologique pouvant être une des causes expliquant la faiblesse des effectifs. Les études réalisées sur ce secteur ne permettent pas de comparaison directe avec l'hydrologie de la station de Dampjoux.

## V.F.2 De Brémencourt à Dampjoux

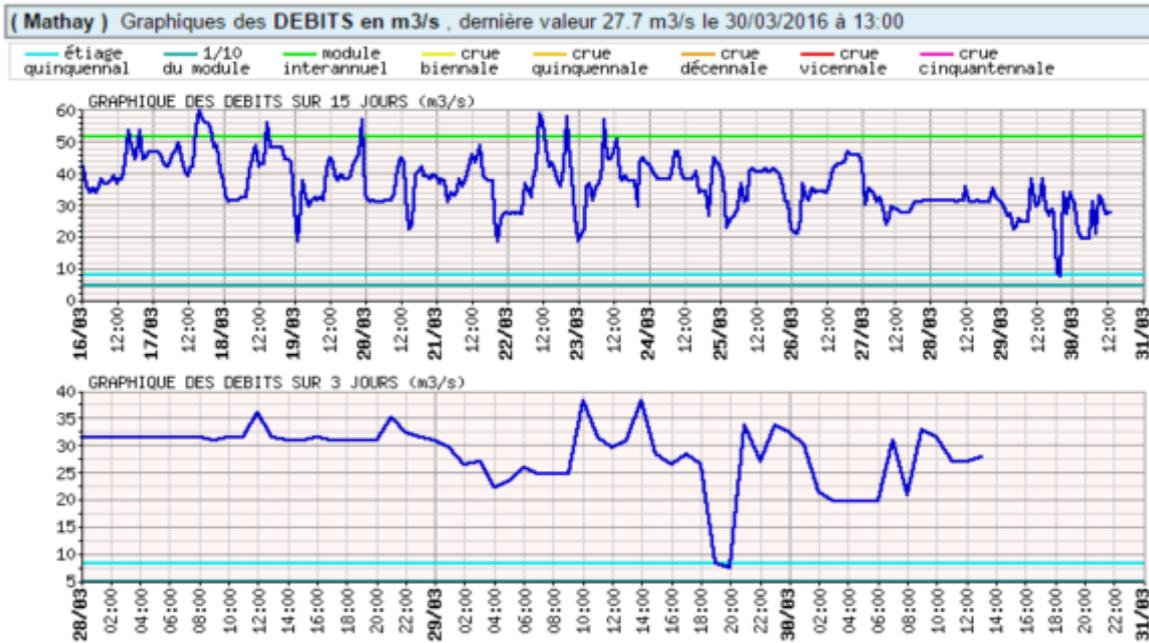


Figure 18 : Débit enregistré à Mathay du 28/03/2016 au 31/03/2016

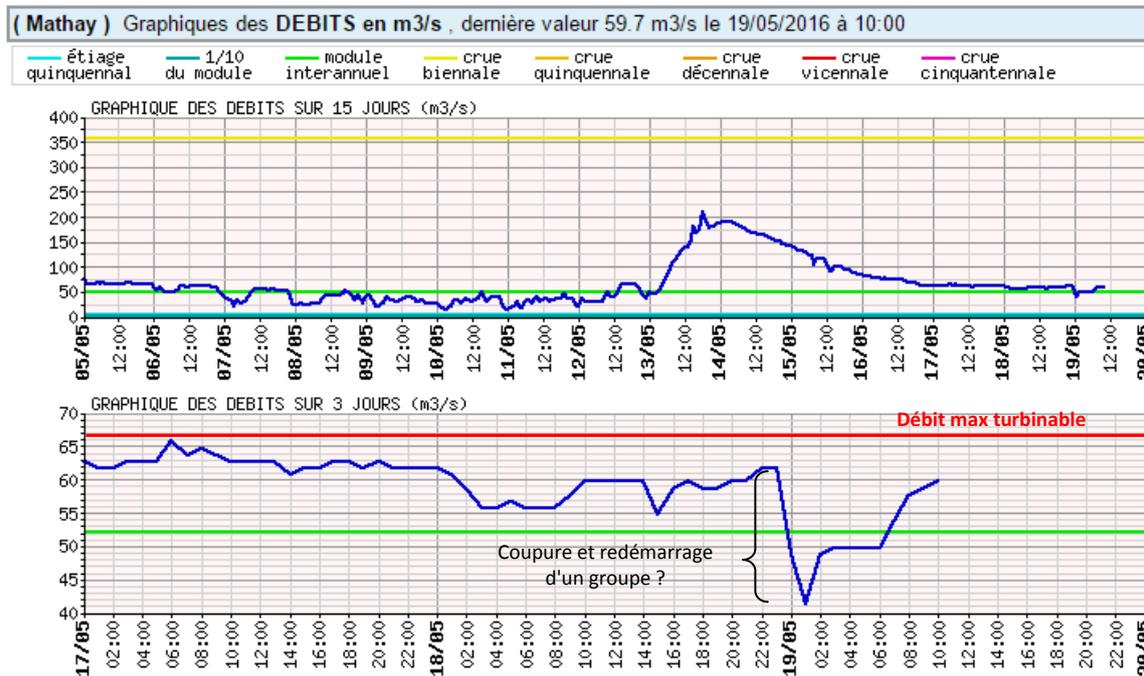


Figure 19 : Débit enregistré à Mathay du 05/05/2016 au 20/05/2016

Les hydrogrammes ci-dessus (extrait rdbrmc.com/hydroreel2) du 20/05/2015 mettent en évidence de brusques variations de débit que l'on considère des chroniques débits oscillant en-dessous du module ou proche de cette valeurs.

Ces deux chroniques n'illustrent pas des phénomènes isolés mais bien la réalité hydrologique du secteur. Un gradient record a par exemple été enregistré record le 14/04/2016 faisant passer le débit de 44 à 31m<sup>3</sup>/s en 18 minutes (soit un gradient de plus de 51m<sup>3</sup>/s/h). Des variations similaires mais de moindre amplitude ont par ailleurs été constaté lors des différentes campagnes de terrain en Juillet et Septembre 2016 (pêche ECD,levé IAM, pêche exhaustive à Mandeure)

Brémencourt		Dampjoux (données Mathay)		
Gamme de Variation	Gradient de baisse* (m <sup>3</sup> /s/h)	Soit en % du module	Gradient de baisse* (m <sup>3</sup> /s/h)	Soit en % du module
[100-50]%	-1.3	4.0	-12	23.0
[50-25]%	-1.5	4.6	-17	33.4
[25-15]%	-0.2	0.5	-8	14.5

\*Valeur de gradient non dépassée par 90% des baisses

Dans un cours d'eau exempte de perturbation hydrologique :

- les gradients de baisse (exprimé en m<sup>3</sup>/s/h ou en % du module) sont d'autant plus faible que la gamme de variation de débit considérée est faible  
→ "la fin de la décrue est plus lente que le début"
- pour un même cours d'eau, les gradients de baisse (exprimés en % du module) sont plus faibles à l'aval qu'à l'amont  
→ "la décrue est plus lente sur les grands cours d'eau que sur les petits"

La description sommaire des caractéristiques hydrologiques du Doubs approchée par les stations ne respecte pas ces deux principes. Pour la station de Brémencourt, les gradients sont sensiblement les mêmes pour la gamme 100-50% et la gamme 50-25%. du module. Ils chutent pour la gamme 25-15% et se rapprochent des gradients de baisse les plus rapides possibles naturellement (environ 0.20% pour un cours d'eau ayant un module compris en 30 et 50m<sup>3</sup>/s).

Pour la station de Dampjoux, les gradients de variation à la baisse sont largement plus rapides que ceux de Brémencourt, que l'on considère le gradient exprimé en m<sup>3</sup>/s/h ou en pourcentage du module. Au contraire de la station de Brémencourt, ces gradients restent important pour la gamme 25-15% du module. Cette caractéristique est à rapprocher de l'équipement en place sur le barrage de Dampjoux, 3 groupes kaplan de 1800W (Base de Données EAF, Reilé, 2009) qui avec un débit maximal turbinable proche de 22m<sup>3</sup>/s ne permettent pas, sauf preuve du contraire, des coupures progressives.

→La gestion des barrages hydroélectriques en amont de la station de Brémencourt impose une hydrologie perturbée à la meilleure des stations à Toxostome étudiées. Toutefois, cette perturbation semble s'atténuer pour les plus bas débits, conditions les plus limitantes pour la faune piscicole. Au contraire, la station de Dampjoux présente une hydrologie perturbée quelque soit la gamme de débit considérée.

Des investigations complémentaires permettraient d'approcher la sensibilité de chacune des stations à ces incessantes et rapides variations de débits. La station de Brémencourt, par sa configuration (banquettes formées par les dalles) pourrait par exemple être moins sensible aux phénomènes d'exondation des zones réellement exploitées (zone de repos, nutrition, reproduction) par les chondrostomes que celles de Dampjoux (lame d'eau plus étalée dans les zones "courantes"). La réalisation d'IAM réalisé à différents débits permettrait d'approcher ces phénomènes.

## VI. DISCUSSION GENERALE

L'actualisation de l'aire de répartition actuelle du Toxostome sur les bassins versants du Doubs et de l'Allan a permis de mettre en évidence une réduction drastique des linéaires autrefois colonisés. En 40 ans, la dégradation générale du Doubs a eu raison de plus de 70% de l'aire de répartition du Toxostome.

Le croisement des données benthos et de la qualité habitationnelle des stations a permis de mettre en évidence une certaine "attractivité" des dalles pour les macro-invertébrés diatomivores et pouvant être extrapoler pour les chondrostomes.

L'application des diverses méthodes de diagnostic écologique n'a pas permis de mettre précisément en avant les facteurs expliquant la présence actuelle du Toxostome ou sa disparition. Il a cependant permis d'écarter la qualité habitationnelle globale, même si elle est loin d'être référentielle sur le secteur considéré. Cette qualité habitationnelle moyenne, pourrait en revanche expliquer la faiblesse des effectifs sur les secteurs où le toxostome est encore présent.

La qualité générale des stations étudiées, approchées par les communautés benthiques n'a pas non plus permis de mettre en évidence une différence majeure de qualité d'eau sur le Doubs entre les deux stations considérées. L'application du protocole MAG20 a néanmoins permis de mettre une évidence une érosion des abondances entre l'amont du système Vaufrey-Grosbois-Dampjoux et son aval immédiat. La faiblesse des abondances constatées pourrait être expliquée par l'exacerbation du drift des macro-invertébrés benthiques lors des variations de débits. Bacchi et al 2011 ont montré que les variations de débit intensifiaient le comportement de dérive des macro-invertébrés qui ne serait ici pas compensé par l'amont (proximité du barrage ?).

L'artificialisation des débits a conduit à une modification du peuplement benthique vers des taxons moins sensibles aux variations de débits (hausse, baisse, voir exondation). L'application de l'ISBAD ne permet pas de dissocier ces deux stations en 2016, mais a permis de montrer une nette diminution de la sensibilité globale du peuplement benthique depuis les années 70. L'ISBAB calculé sur la base des taxons communs ne permet pas d'incriminer à part entière les altérations de régime hydrologique comme responsable des peuplements actuelles. Il ne permet pas de hiérarchiser et de dissocier la composante hydrologique de la dégradation de la qualité des eaux. Il serait néanmoins intéressant de pouvoir comparer l'hydrologie imposée à ces mêmes stations dans les années 70 aux hydrologies plus contemporaine.

D'autres pistes restent à explorer. La sensibilité des stations aux éclusées dépend par exemple de la configuration des stations, paramètres qui n'est pas approchée directement

par l'IAM. La station de Brémencourt semble ainsi moins sensible aux variations de débit par la présence de dalles ménageant un lit d'étiage.

Cette étude a permis d'étendre la répartition du Toxostome sur l'axe Allan, pourtant la station à la qualité d'eau la plus dégradée des trois stations. Ceci n'est pas un résultat surprenant et avait par exemple déjà été constaté sur un bras secondaire Garonne à Toulouse (Hutagalung et al. 1997). L'année 2016 étant assez exceptionnelle au niveau de son hydrologie, la présence du Toxostome sur la basse vallée de l'Allan devra être confirmée lors des années sèches (concentration des polluants) et permettra de confirmer que la présence du Toxostome est bien pérenne et non le résultat (colonisation récente ?) d'une année hydrologique exceptionnelle.

La qualité des eaux et des sédiments n'a pas été traitée au cours de ce stage. L'implantation récente de la station de suivi de qualité des eaux d'Ocourt devrait permettre de fixer les premières limites du complexe paramétrique dans lequel le Toxostome est capable d'évoluer.

## CONCLUSION GENERALE

Les investigations menées dans le cadre de ce stage ont permis de préciser la répartition actuelle du Toxostome et de confirmer le déficit présumé. Les conditions hydro-climatiques du printemps 2016 n'ont néanmoins pas permis de parcourir exhaustivement l'ensemble du linéaire du Doubs, ni de l'Allan.

Le génome de chacun des individus capturés au cours des opérations 2016 sera analysé de manière à valider l'identification spécifique et le degré d'introgression génétique. La présence du Hotu sur chacune des stations où le Toxostome a été recensé, semble confirmer des exigences écologiques proches. L'introgression génétique n'est pas obligatoire et n'a par exemple pas été mise en évidence sur le Verdon où les populations sont en contact depuis plusieurs décennies. A la recherche des facteurs conditionnant la présence du Toxostome s'ajouterait la recherche des facteurs conditionnant le déclenchement de l'hybridation; en d'autres termes, savoir si ce sont uniquement des paramètres endogènes (compatibilité des génomes) ou si ce sont les conditions environnementales qui conditionne la présence d'hybride au sein des populations. Dans les deux cas, la décompartmentation des populations de chondrostomes permettrait de réduire le risque d'introgression génétique en étendant les linéaires colonisés. Des mesures sans regrets tel que le dérasement des seuils de Moulin du Doubs et de Bellefontaine associés à une restauration géomorphologique complète permettraient par exemple d'étendre l'aire de répartition du Toxostome sur une dizaine de kilomètres tout en profitant à l'ensemble des espèces présentes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aquarius. 2011. « Pêches d'inventaire 2011 dans le Doubs Jurassien ».
- — —. 2014. « Monitoring du Toxostome-Rapport de Suivi-Années 2011, 2012, 2013 ».
- Bacchi, M. 2011. « Impacts de la gestion par éclusées des aménagements hydroélectriques de la Dordogne et la Maronne corrézienne sur la macrofaune benthique ».
- Campy, M., et A. Thévenin. 1978. « La basse terrasse du Doubs dans la région de Pont de Roide : esquisse chronologique et néotectonique dans le Jura septentrional ». *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire* 15 (4): 155- 60. doi:10.3406/quate.1978.1335.
- Corse, E. 2010. « Le "barcoding alimentaire": développement d'un nouvel outil d'écologie moléculaire pour les milieux d'eau douce. Exemple au travers de l'étude de la zone hybride Durance entre les deux Chondrostomes français. »
- Costa, R. M. S., F. Martínez-Capel, R. Muñoz-Mas, J. D. Alcaraz-Hernández, et V. Garófano-Gómez. 2012. « Habitat Suitability Modeling at Mesohabitat Scale and Effects of Dam Operation on the Endangered Júcar Nase, *Parachondrostoma Arrigonis* (River Cabriel, Spain) : Effect of Dam Operation ». *River Research and Applications* 28 (6): 740- 52. doi:10.1002/rra.1598.
- Costedoat, C., N. Pech, R. Chappaz, M.D. Salducci, P. Lim, et A. Gilles. 2004. « Étude de l'hybridation introgressive entre *Chondrostoma t. toxostoma* et *Chondrostoma n. nasus* (Téléostéen, Cyprinidae) en utilisant une approche multiple ». *Cybium* 28 (1suppl): 51–61.
- Courret, D. 2010. « Etude des gradients des variations de débit naturelles en vue de la fixation des critères pour le repérage des éclusées hydroélectriques ». Rapport GHAPPE RA. 09. 04.
- — —. 2014. « Problématique des impacts de la gestion par éclusées des aménagements hydroélectriques sur les populations de poissons. Caractérisation des régimes d'éclusées et du niveau de perturbation hydrologique ».
- Courret, D., M. Chanseau, J-M. Lascaux, et M. Larinier. 2012. « Impacts écologiques des éclusées hydroélectriques. Caractérisation des régimes d'éclusées et Retour d'expérience sur la Maronne ». *La Houille Blanche*, n° 1(février): 8- 14. doi:10.1051/lhb/2012001.
- Daniel, M. Inconnue. « Le Doubs, rivière comtoise ».
- Degiorgi, F. 2013. « Potentiels piscicoles, ressources halieutiques et qualité du Doubs entre Fraisans et Dole ». v8.
- — —. 2016. « Potentiels piscicoles et qualité physique du Doubs entre Dole et Verdun-sur-le-Doubs ».
- Degiorgi, F., et J-C. Raymond. 2000. *Guide technique : Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante*.
- .Dubut, V., M. Sinama, J-F. Martin, E. Megléczy, J. Fernandez, R. Chappaz, A. Gilles, et C. Costedoat. 2010. « Cross-species amplification of 41 microsatellites in European cyprinids: A tool for evolutionary, population genetics and hybridization studies ». <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.666.7160>.
- Fruget, J-F, J Dessaix, et S Plenet. 1996. « Macroinvertebrate communities of the Doubs river prior to completion of the Rhin-Rhône connection ».
- Gibert, A. 1933. « Notes au sujet de l'ancien flottage du bois sur le Doubs ». *Revue de géographie alpine* 21 (2): 433- 46. doi:10.3406/rga.1933.5361.

- Hivet, M. 2006. « *Serratella ignita* : un petit éphéméroptère très répandu ». *Insectes*, n° n°142: 3.
- Hutagalung, R. A., P. Lim, A. Belaud, et T. Lagarrigue. 1997. « Effets globaux d'une agglomération sur la typologie ichtyenne d'un fleuve : cas de la Garonne à Toulouse (France) ». *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 33 (4): 263- 79. doi:10.1051/limn/1997025.
- Kirchhofer, A., et D. Hefti, éd. 1996. *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe*. Basel: Birkhäuser Basel. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-0348-9014-4>.
- Leprieur, Fabien, et Christian Rossignon. 2003. « Etude de l'ichtyofaune lacustre par mise en oeuvre des filets verticaux ».
- ONEMA. 2007. « Réseau hydrobiologique et piscicole-Bassin Rhône Méditerranée Corse- Synthèse des données de 1995 à 2004 ».
- Pays de Montbéliard Agglomération. 2013. « Rapport sur le prix et la qualité des services publics d'eau potable et d'assainissement 2013 ».
- Petit, F., A. Ungaro, J-F. Martin, B. Barrascud, R. Chappaz, et N. Pech. 2015. « Compatibilité génomique et implication dans la réorganisation du transcriptome des hybrides de deux espèces de cyprinidés ».
- Sinama, M. 2013. « Cinétique spatiale et temporelle de zoneshybrides. Unicité et diversité au sein du modèle Chondrostomes(Teleostei, Cyprinidés), Application pour la conservation d'espèces d'intérêt patrimonial ».
- Tachet, H., P. Richoux, M. Bournaud, et P. Usseglio-Polatera. 2010. *Invertébrés d'eau douce, Systématique, Biologie, Ecologie*.
- Tissot, L., et Y. Souchon. 2010. « Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen ». *Hydroécologie Appliquée* 17: 17- 76. doi:10.1051/hydro/2010004.
- Verneaux, J. 1973. « Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs: essai de biotypologie ». pays inconnu: Université de Franche-comté. UFR des sciences et techniques.
- Waringer, J, et W Graf. 1997. *Atlas des larves de Trichoptères-Larves d'Autriche et de ses pays limitrophes*.
- Zbinden, S., et K.-J. Maier. 1996. « Contribution to the knowledge of the distribution and spawning grounds of *Chondrostoma nasus* and *Chondrostoma toxostoma* (Pisces, Cyprinidae) in Switzerland ». In *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe*, édité par A. Kirchhofer et D. Hefti, 287-97. Basel: Birkhäuser Basel. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-9014-4\\_28](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-9014-4_28).
- Zelinka, M. 1977. « The production of Ephemeroptera in running waters ». *Hydrobiologia* 56 (2): 121–125.

## ANNEXES

### Annexe 1

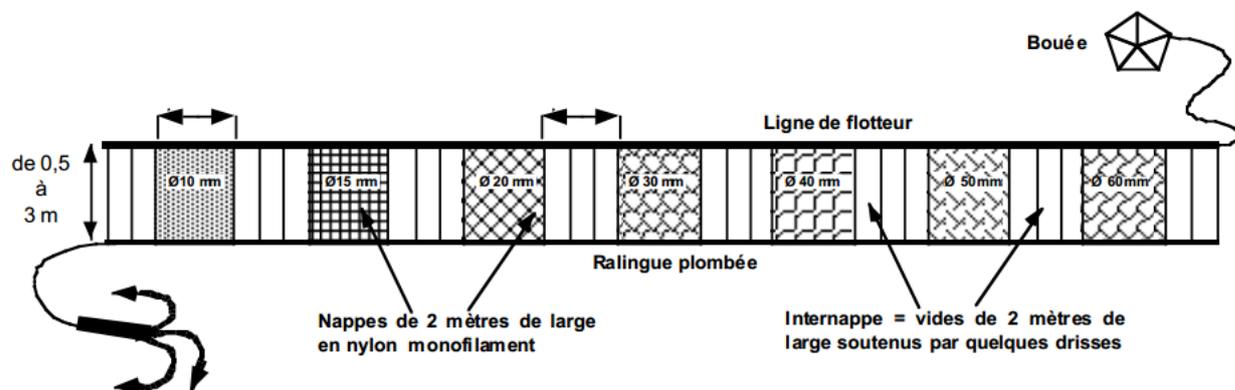


Schéma d'une araignée verticale multi-maillles, tiré de Degiorgi et Raymond (2000)

### Annexe 2

Stratégie	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	SPP	SPP	Complète (1passage)	SPP	SPP	SPP	SPP	SPP	SPP
Surface prospectée (m <sup>2</sup> )	937.5	1262.5	2000	962.5	/	937.5	937.5	937.5	937.5
Temps de pêche (min)			65	115	/	31	35	39	42
Largeur			10	15.3	/	14.5	14.5	14	13.8
ABL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BAF	X	X	X		X	X		X	X
BOU									X
BRB		X	X	X	X	X	X	X	X
BRE	X				X			X	X
BRO									X
CHA	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CHE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GOU	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GRE	X	X		X		X		X	X
HOT					X	X	X	X	X
LOF	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PCH				X					
PER	X	X	X	X		X	X	X	
PES	X	X							
ROT								X	X
SAN	X		X					X	
SIL	X		X	X	X	X	X	X	X
SPI	X	X	X		X	X	X	X	X
TOX			X						
TRF	X	X	X		X			X	
VAI				X				X	
VAN	X		X		X	X	X		X
Nombre d'espèces	16	13	15	12	14	14	12	18	18

## Annexe 3

CPUE	Pêches électriques par pôles Ind/1000m <sup>2</sup> prospectés				Pêches au filet Ind/1000m <sup>2</sup> de filet			
	Doubs			Allan	Doubs			Allan
Esp/Station	Brémencourt	HR*	Dampjoux	Courcelles	Brémencourt	HR*	Dampjoux	Courcelles
ABL	0.4			106	3			121
BAF	28	4	3	56	29	39	24	19
BLN	4	0.4	0.3		3	13	6	
BOU				61				12
BRB				31				65
BRE				21				
BRO				1				
CCO-CMI				2				
CHA	9	13	7	3				
CHE	20	17	18	183	11	4	5	22
EPI				<0.1			14	
GAR	309	1.2	1	329	220	22		264
GOU	102	4	9	214	97	60	24	370
GRE		0.4	1	1		30	52	62
HOT	7			58	9			16
HOX	0.1							
LOF	12	139	76	53				
LPP	0.1							
OBR	14	3.4	2			9	3	
OCL				2				
PER	1			3	9		3	47
PES				5				3
PFL		15.2	9				20	
PSR				2				3
ROT				10				
SAN								6
SIL				6				3
SPI	0.3	1.6	1	230	34			12
TAC		0.4	0.3				5	
TAN	0.1		0.2	1				3
TOX	1			2	6			3
TRF	12	10.2	9	1				
VAI	234	218	172	188				
VAN	16	0.4	1	27	14			9
<b>Total</b>	<b>789</b>	<b>428</b>	<b>309</b>	<b>1595</b>	<b>434</b>	<b>177</b>	<b>155</b>	<b>1040</b>

Tableau 11 : Rendements numériques des pêches électriques en bateau et aux filets réalisés du 25/07 au 12/08/2016

\*Station de Dampjoux considérée le retenue créée par l'Usine hydroélectrique de Pont-de-Roide

CPUE	Pêches électriques par pôles kg/ha prospectés					Pêches au filet kg/1000m <sup>2</sup> de filet				
	Doubs			Allan		Doubs			Allan	
Esp/St	Brémondcourt	HR*	Dampjoux	Courcelles	Max#	Brémondcourt	HR*	Dampjoux	Courcelles	Max#
ABL	0.1			16.9	26.1	0.06			1.61	7.60
BAF	122.8	19.3	15.3	305.6	122.3	27.01	42.00	29.18	25.91	15.80
BLN	0.3	<0.1	<0.1				0.38	0.16		
BOU				1.4	23.0				0.05	1.20
BRB				2.6	35.1				3.36	36.40
BRE				0.7	119.0	5.24				19.30
BRO				5.7						
CCO-CMI				109.6	873.6					
CHA	0.6	0.7	0.4	0.2						
CHE	32.0	19.4	15.8	173.5	192.7	3.53	2.24	0.83	12.13	9.00
EPI				<0.01						
GAR	53.9	<0.1	0.8	56.2	119.8	13.77	2.89	1.55	6.57	11.30
GOU	4.9	0.2	0.5	14.8	21.5	1.00	0.51	0.19	2.47	2.10
GRE		<0.1	0.1	0.1	2.0		0.62	0.91	1.37	1.00
HOT	25.6			166.6	103.3	6.31			7.75	40.6
HOX	0.2									
LOF	0.4	3.3	1.8	1.5	1.0					
LPP	<0.1									
OBR	36.0	2.0	1.1				3.34	1.21		
OCL				0.2	0.6					
PER	2.4			1.7	22.9	0.74		2.18	7.69	8.12
PES				0.6	2.5				0.03	0.06
PFL		2.8	1.6					0.95		
PSR				0.1	3.0				0.02	0.20
ROT				0.5	139.7					
SAN									0.57	5.88
SIL				299.2	889.0				4.50	42.0
SPI	<0.1	<0.1	<0.1	16.6	19.9	0.20			0.08	0.70
TAC		1.6	1.3			0.73		2.21		
TAN	0.1	<0.1	<0.1	12.7	34.4				3.82	1.89
TOX	0.8			0.1		0.73			0.26	
TRF	28.6	41.3	32.7	2.2						
VAI	3.6	4.1	3.1	2.6	5.0					
VAN	9.4	1.1	1.2	2.6	4.0	0.64			0.21	1.40
<b>Total</b>	<b>323.5</b>	<b>95.8</b>	<b>75.7</b>	<b>1206.6</b>		<b>59.2</b>	<b>52.0</b>	<b>39.4</b>	<b>78.4</b>	

Tableau 12 : Rendements numériques des pêches électriques en bateau et aux filets réalisés du 25/07 au 12/08/2016:

#Rendements maximaux observés lors de l'étude du Doubs basal en appliquant un protocole rigoureusement identique (F. Degiorgi 2013; F. Degiorgi 2016)

\*Station de Dampjoux considérée sans le retenue créée par l'Usine hydroélectrique de Pont-de-Roide

### Annexe 4 : Liste faunistique du Doubs à Brémencourt(Mag20)

Cours d'eau : Doubs		Station : Brémencourt		Date : 11/07/2016		N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	Total
CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	S	DAL	CHV	ALG	BRY	SAB	BLO	BRY	GRA	DAL	DAL	LIT	GRA	BLO	BLO	GAL	GAL	BLO	BLO	GAL	BLO	20 placettes	8 placettes		
				V	V3	V1	V3	V5	V1	V1	V4	V3	V1	V5	V1	V5	V3	V5	V3	V4	V3	V3	V3	V3	Taxons	Tax IBGN		
				H	H3	H3	H2	H3	H3	H3	H2	H3	H4	H4	H5	H5	H5	H5										
INSECTES	PLECOPTERES	Leuctridae	Leuctra				1				2	34	1		1	4	15	9	20	4	16	12	4					
			Euleuctra								13	3			1	8	7	18	23	21	4	21	54	11				
	EPHEMEROPTERES	Baetidae	Baetis		6	4	1	14				44	5	1	3	29	51	21	35	58	57	8	2	6	123	118		
		Caenidae	Caenis		1	5						14		1		17	2	1					2	2	184			
		Ephemeridae	Ephemera						1			2						3							345	90		
		Ephemereillidae	Serratella		23	22	26	28				13	36	1	22	12	55	63	28	25	45	60	60	32	34	45	22	
		Heptageniidae	Ecdyonurus														2			1			1	1	1	6	1	
	TRICHOPTERES	Hydropsychidae	Hydropsyche		4		4	18				58		2			8		13	11	33	6	7	5	617	224		
			Cheumatopsyche		1		2	6				16			1		3		1			1	1	1	5	1		
			Ind (nymphe)					2											1			1			172	50		
		Philopotamidae	Chimara								1		3												32			
		Hydroptilidae	Hydroptila																						8			
		Lepidostomatidae	Lepidostoma				23	4	9				2			1	23	2						7	1	3		
		Leptoceridae	Mystacides										1													4	86	
			Oecetis															1								6		
			Ceraclea										3													7		
			Setodes										2	5	1			3	2		1				3	3	50	
			Athripsodes										1					2	1		5	6		3	2	4	75	
			Ind (nymphe)										7					1							1		5	
			Limnephilidae	Limnephilinae											1												1	
		Psychomyiidae	Psychomyia pusilla											1												99	5	
		Polycentropodidae	Polycentropus										3													9	1	
		Cyrnus										1													1			
	Rhyacophilidae	Rhyacophila																							124	19		
	COLEOPTERES	Elmidae	Elmis		8	2	4	449				12				10		27	7	11	9	33	1	2	1093	932		
			Esalus		6	1	9	19	2		14	13	211	5	14	2	34	21	14	59	44	10	12	4	14	508		
			Limnius		20	13	79	23	7		70	9	8	37	26	6		3	7	2	2	2	6	4	64	388		
			Oulimnius		1	5	4	4			14										1			1		30		
			Riolus		20	2	3	4				33	8		21	11			1	3	1	1	3	5	1	41	158	
	ODONATES	Calopterygidae	Calopteryx																						17	17		
		Gomphidae	Onychogomphus																						1			
	DIPTERES	Chironomidae		206	2	492	515				29	265	3	61	226	6	36	314	34	87	221	64	29	49	71	2710	1268	
		Simuliidae					54	2				52					4			12	9	148	1			282	66	
		Empididae		9		6	1				28			5	18	1		8	1				1	1	3	82	9	
		Limoniidae		308	2	9	4				4	5	2	137	148	3	14	108	40	33	31	20	41	83	185	1177	92	
		Athericidae																								1		
		Ceratopogonidae																							1			
	CRUSTACÉS	ISOPODES	Asellidae	Asellus			5																		5	5		
		AMPHIPODES	Gammaridae	Gammarus	16	695	44	102			87	47	4	6	17	105	28	33	27	13	6	9	21	49	36	1345	977	
	MOLLUSQUES	BIVALVES	Sphaeriidae	Pisidium			2										3								5	5		
	VERS	ACHETES	Erpobdellidae	Erpobdella										1			2								5	3		
		OLIGOCHETES			3	3	3	3	4	6	38	4	2	2			5	8	5	5	13	3	10	1	118	25		
		TRICLADES	Planariidae	Polycelis			6					19						1	2					2		30	6	
	HYDRACARIENS				3						2	1			5										14			

Abundance	656	853	704	1265	16	345	1165	285	336	506	229	238	639	231	360	511	515	212	332	525	9923	4081
Abundance relative	6,6%	8,6%	7,1%	12,7%	0,2%	3,5%	11,7%	2,9%	3,4%	5,1%	2,3%	2,4%	6,4%	2,3%	3,6%	5,1%	5,2%	2,1%	3,3%	5,3%	100,0%	
Variété	19	22	19	18	5	20	22	14	15	17	16	18	20	20	18	19	18	20	24	24	42	24
Variété relative	45,2%	52,4%	45,2%	42,9%	11,9%	47,6%	52,4%	33,3%	35,7%	40,5%	38,1%	42,9%	47,6%	47,6%	42,9%	45,2%	42,9%	47,6%	57,1%	57,1%	100,0%	

### Annexe 5 : Liste faunistique du Doubs à Villars-Sous-Dampjoux (MAG20)

Cours d'eau : Doubs		Station : Villars-Sous-Dampjoux		Date : 13/07/2016		N° S V H		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	Total				
CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	H2	H2	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H2	V1	V1	V1	V1	V3	V3	Taxons	Tax IBGN				
				V5	V3	V1	V3	V5	V5	V1	V1	V4	V5	V5	V1	V1	V5	V3	V3	V3	V1	V1	V1	V1	V3	V3	20 placettes	8 placettes					
INSECTES	PLECOPTERES	Leuctridae	Leuctra	1			2								2		61	26	19	66		1			2	2	16	198	94				
			Euleuctra															1		3	3					6	4	5	22				
	EPHEMEROPTERES	Baetidae	Baetis	1	2		6	36	14	4	4	14				56	51			38				1		5	1	47	301	71			
			Procladius																						1				1	220	187		
			Caenis			7	3					41	135								3			5	3		6	13	4	21	15		
		Ephemerellidae	Serratella			3						10									4				1		2	1	45	644	222		
			Ephemerella			5	97	20	35	13	24	19	67	35	31	15	2				2		11	67	1		53	35	4	12	4		
		Heptageniidae	Ecdyonurus			1															2			1			1	1	4	1	1	1	
			Rhyacogenia																		1									1	14	11	
	TRICHOPTERES	Potamanthidae	Potamanthus								2	7											1	1			1	2	2	14	11		
			Hydropsyche		18	1	13	69	6	17		7	31	31	26	11	17						1				1	2	15	266	38		
			Cheumatopsyche												1		1													2			
		Hydroptilidae	Hydroptila																									1					
			Lepidostomatidae	Lepidostoma									1				1							1						2			
		Leptoceridae	Oecetis	Oecetis								1																					
				Ceraclea			1	2																									
				Setodes																													
			Athripsodes	Athripsodes			1	2				7	19																4	4	5	1	5
				Ind (nymph)			1																										
			Limnephilidae	Anabolia									1																				
				Polycentropodidae	Polycentropus			6					1									2								1			
		Psychomyiidae	Psychomyia pusilla			1		4	1					2							1												
			Tinodes			1																											
		Rhyacophilidae	Rhyacophila		5	1		5	5	4		2	4	6	19	7	3	9	1											2			
	Sericostomatidae	Sericostoma																															
	COLEOPTERES	Elmidae	Elmis	461	162		42	29	18		2	15	40	13		10	4		1	2						5	3	5	7	7			
			Esolus			1	18	2	2	2			3	41	55	47	78			23						3	4	10	305	469			
			Limnius		39	11	34	18	3	7	5	4	4	2	8	6	2	7	6		7	14				7	14	13	266				
			Oulimnius		4	4						2	2				1		1		4					1	1	1	20				
			Riolus		42	31	10	33	4	1	2			3	6	3	4			2		2				5	7	1	156				
		Hydraenidae	Hydraena		8	3				1						1																	
		Dytiscidae	Oreodytes																														
	Scirtidae	Scirtes																															
	ODONATES	Calopterygidae	Calopteryx								1	3																					
	DIPTERES	Chironomidae	Chironomus	10	29	3	15	2	11		22	33	7	9	2	2	1	21	7	17	48					7	2	248	132				
			Simuliidae		43	10	4	7	1				11	8	8	1	84	1											181	96			
		Empididae		4	2	5	1	1					2															15	2				
		Limoniidae			3	1	20	47	21	8	12	36	9	11	8	4											27	48	8	264	36		
		Tipulidae		1			1																						2				
	CRUSTACÉS	ISOPODES	Asellidae	Asellus																									5	5			
		AMPHIPODES	Gammaridae	Gammarus	34	39	74	18		6	13	281	4	1		4	3	246								22	71	11	1207	966			
		DECAPODES	Astacidae	Pacifastacus leniusculus			1																						2				
	MOLLUSQUES	BIVALVES	Sphaeriidae	Pisidium							7	3																	18	13			
			Dreissenidae	Dreissena			1	17	2								2												29	3			
		GASTEROPODES	Hydrobiidae	Potamopyrgus																									4	3			
VERS	ACHETES	Glossiphoniidae	Glossiphonia																1									1	2				
			Helobdella stagnalis																									1					
	OLIGOCHETES									3	17	3																221	195				
TRICLADES	Planariidae	Polycelis																									3	3					
HYDRACARIENS				7	1	1											1									1		11	7				
Abondance				731	399	165	370	181	139	154	555	155	296	221	158	275	452	63	499	58	149	225	189			5654	2649						
Abondance relative				12,9%	7,1%	2,9%	6,5%	3,2%	2,5%	2,7%	9,8%	2,7%	5,2%	3,9%	2,8%	4,9%	8,0%	1,1%	8,8%	1,0%	2,6%	4,0%	3,3%			100,0%							
Variété				16	18	20	18	13	16	20	19	13	16	18	22	19	11	11	19	5	18	20	21			49	33						
Variété relative				32,7%	36,7%	40,8%	36,7%	26,5%	32,7%	40,8%	38,8%	26,5%	32,7%	36,7%	44,9%	38,8%	22,4%	22,4%	38,8%	10,2%	36,7%	40,8%	42,9%			100,0%							



## Annexe 5 : Détail des principaux indices

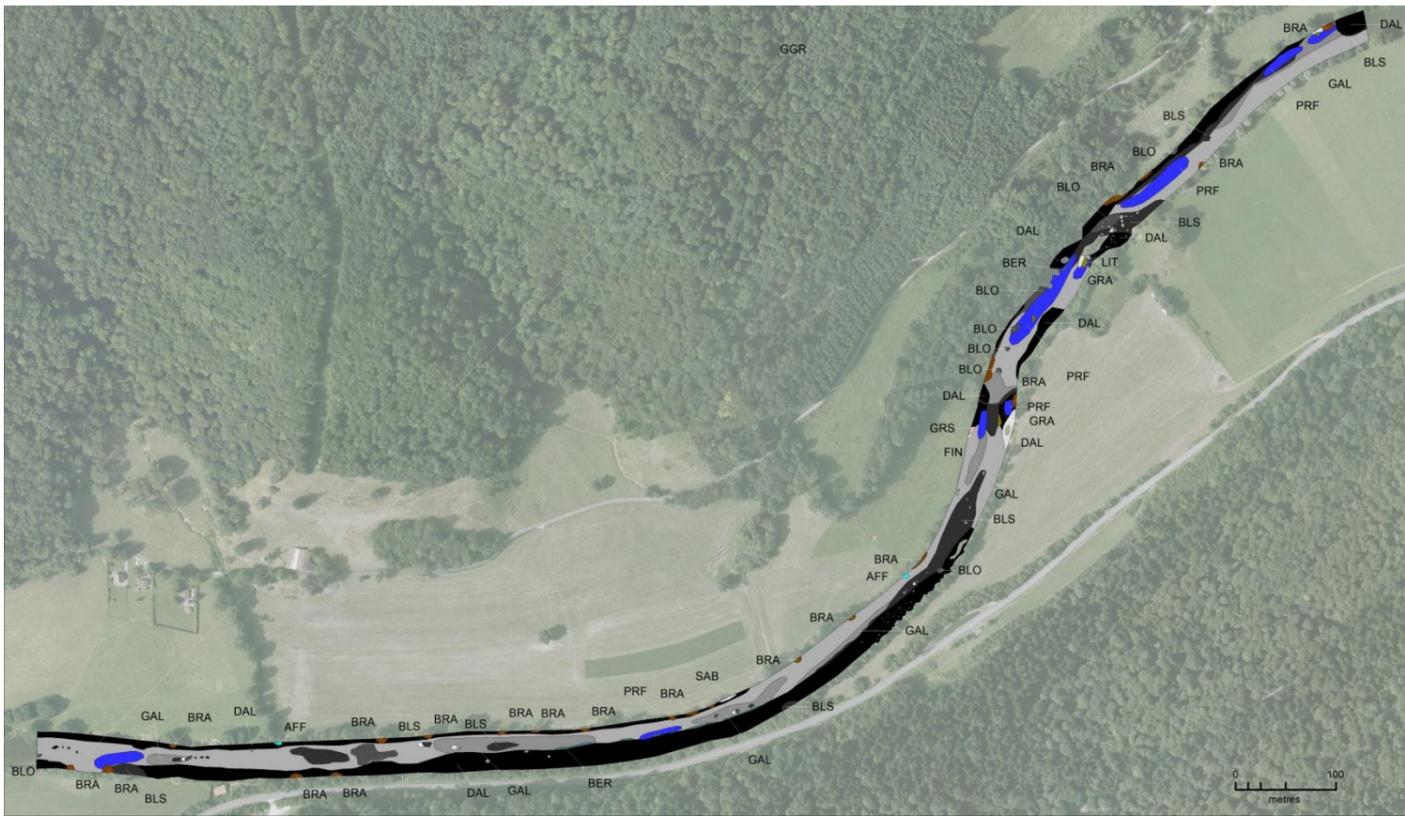
### Indices des peuplements de macrobenthos du Doubs et de l'Allan en Juillet 2016

	Brémencourt 2016	Dampjoux 2016	Courcelles 2016
<b>Calcul IBGN sur les 8 prélèvements de la norme :</b>			
Variété taxonomique :	24	33	35
Taxon indicateur (GI) :	<i>Leuctridae</i> 7	<i>Leuctridae</i> 7	<i>Leuctridae</i> 7
<b>IBGN (/20) :</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
<b>Calcul de robustesse :</b>			
Taxon indicateur (GI) :	<i>Lepidostomatidae</i> 8	<i>Sericostomatidae</i> 6	<i>Polycentropodidae</i> 4
<b>Robustesse IBGN' (/20) :</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>13</b>
<b>Calcul Cb2 sur les 8 prélèvements de la norme :</b>			
Variété taxonomique :	24	33	34
Indice variété Iv (/10) :	<b>5,3</b>	<b>7,3</b>	<b>7,5</b>
Nombre total de taxons indicateurs n :	21	26	24
Nombre de taxons indicateurs retenus k :	6	7	6
kTaxons indicateurs (i) :	<i>Empididae</i> 7 <i>Lepidostomatidae</i> 7 <i>Leuctridae</i> 6 <i>Psychomyidae</i> 6 <i>Rhyacophilidae</i> 6 <i>Elmidae</i> 5	<i>Heptageniidae</i> 7 <i>Sericostomatidae</i> 7 <i>Leuctridae</i> 6 <i>Polycentropodidae</i> 6 <i>Rhyacophilidae</i> 6 <i>Elmidae</i> 5 <i>Hydraenidae</i> 5	<i>Leuctridae</i> 6 <i>Polycentropodidae</i> 6 <i>Psychomyidae</i> 6 <i>Rhyacophilidae</i> 6 <i>Elmidae</i> 5 <i>Aphelocheiridae</i> 4
Indice nature In (/10) :	<b>7,5</b>	<b>7,3</b>	<b>6,7</b>
Iv + In :	12,8	14,6	14,2
<b>Cb2 (/20) (Iv+In±0,25):</b>	<b>13,0</b>	<b>14,5</b>	<b>14,0</b>
<b>SUR LES 20 PRÉLÈVEMENTS :</b>			
Abondance :	<b>9 923</b>	<b>5 654</b>	<b>19 370</b>
Variété générique :	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>47</b>
Ubiquistes saprobiontes et/ou polluo-résistants %	<b>57%</b>	<b>47%</b>	<b>95%</b>
<b>SUR LES 8 PRÉLÈVEMENTS :</b>			
Abondance :	<b>4081</b>	<b>2649</b>	<b>6048</b>
Variété générique :	<b>34</b>	<b>45</b>	<b>41</b>

## Annexe 6 : Indice de sensibilité des principaux taxons (TEP) utilisés dans le calcul de l'ISBAD

<i>Chloroperla</i>	4,0	<i>Limnephilus</i>	7,0
<i>Siphonoperla</i>	3,2	<i>Melampophylax</i>	6,0
<i>Euleuctra</i>	3,9	<i>Potamophylax</i>	7,0
<i>Leuctra</i>	4,6	<i>Odontocerum</i>	3,8
<i>Amphinemura</i>	5,0	<i>Chimarra</i>	2,2
<i>Nemoura</i>	5,0	<i>Philopotamus</i>	2,2
<i>Protonemura</i>	5,0	<i>Wormaldia</i>	2,6
<i>Perla</i>	4,0	<i>Phryganea</i>	7,0
<i>Dinocras</i>	4,0	<i>Cyrnus</i>	8,5
<i>Besdolus</i>	3,0	<i>Neureclepsis</i>	7,0
<i>Perlodes</i>	4,0	<i>Polycentropus</i>	7,5
<i>Isoperla</i>	4,4	<i>Plectrocnemia</i>	8,5
<i>Brachyptera</i>	3,3	<i>Holocentropus</i>	8,5
<i>Taeniopteryx</i>	5,0	<i>Lype</i>	3,0
<i>Brachycentrus</i>	2,6	<i>Metalype</i>	3,6
<i>Micrasema</i>	4,0	<i>Psychomyia pusilla</i>	3,0
<i>Ecnomus</i>	7,0	<i>Tinodes</i>	3,0
<i>Agapetus</i>	2,0	<i>Rhyacophila</i>	5,0
<i>Glossosoma</i>	2,0	<i>Notidobia</i>	6,0
<i>Silo</i>	3,1	<i>Sericostoma</i>	4,8
<i>Goera</i>	4,3	<i>Alainites</i>	5,9
<i>Lithax</i>	5,0	<i>Baetis</i>	5,4
<i>Cheumatopsyche</i>	2,2	<i>Centroptilum</i>	7,0
<i>Hydropsyche</i>	2,6	<i>Cloeon</i>	9,3
<i>Hydroptila</i>	5,0	<i>Nigrobaetis</i>	5,9
<i>Ithytrichia</i>	4,0	<i>Procloëon</i>	9,3
<i>Agraylea</i>	6,8	<i>Pseudocentroptilum</i>	8,3
<i>Lasiocephala</i>	6,0	<i>Caenis</i>	5,9
<i>Lepidostoma</i>	6,0	<i>Serratella</i>	6,3
<i>Adicella</i>	6,0	<i>Torleya</i>	4,0
<i>Athripsodes</i>	6,0	<i>Ephemera</i>	2,8
<i>Ceraclea</i>	6,0	<i>Ecdyonurus</i>	6,3
<i>Mystacides</i>	6,6	<i>Electrogena</i>	6,5
<i>Oecetis</i>	6,6	<i>Epeorus</i>	4,0
<i>Setodes</i>	6,0	<i>Heptagenia</i>	5,3
<i>Allogamus</i>	7,0	<i>Rhithrogena</i>	3,9
<i>Anabolia</i>	6,0	<i>Choroterpes</i>	6,0
<i>Chaetopterygopsis</i>	6,0	<i>Habrophlebia</i>	5,5
<i>Chaetopteryx</i>	6,0	<i>Habroleptoïdes</i>	4,3
<i>Drusus</i>	4,0	<i>Paraleptophlebia</i>	4,9
<i>Ecclisopteryx</i>	5,0	<i>Potamanthus</i>	5,1
<i>Glyphotaelius</i>	7,0	<i>Oligoneuriella</i>	5,4
<i>Halesus</i>	6,0	<i>Siphonurus</i>	9,3
<i>Hydatophylax</i>	6,0		

Annexe 6 : Cartographie IAM de la station de Brémencourt



Substrats/Supports:

BRA	(1.5%)
BER	(0.4%)
BLO	(2.2%)
GAL	(9%)
BLS	(10%)
PRF	(7%)
GGR	(34%)
GRA	(0.6%)
LIT	(0.2%)
GRS	(<0.1%)
SAB	(0.2%)
FIN	(<0.1%)
DAL	(35%)
AFF	(<0.1%)



Classes de vitesses :

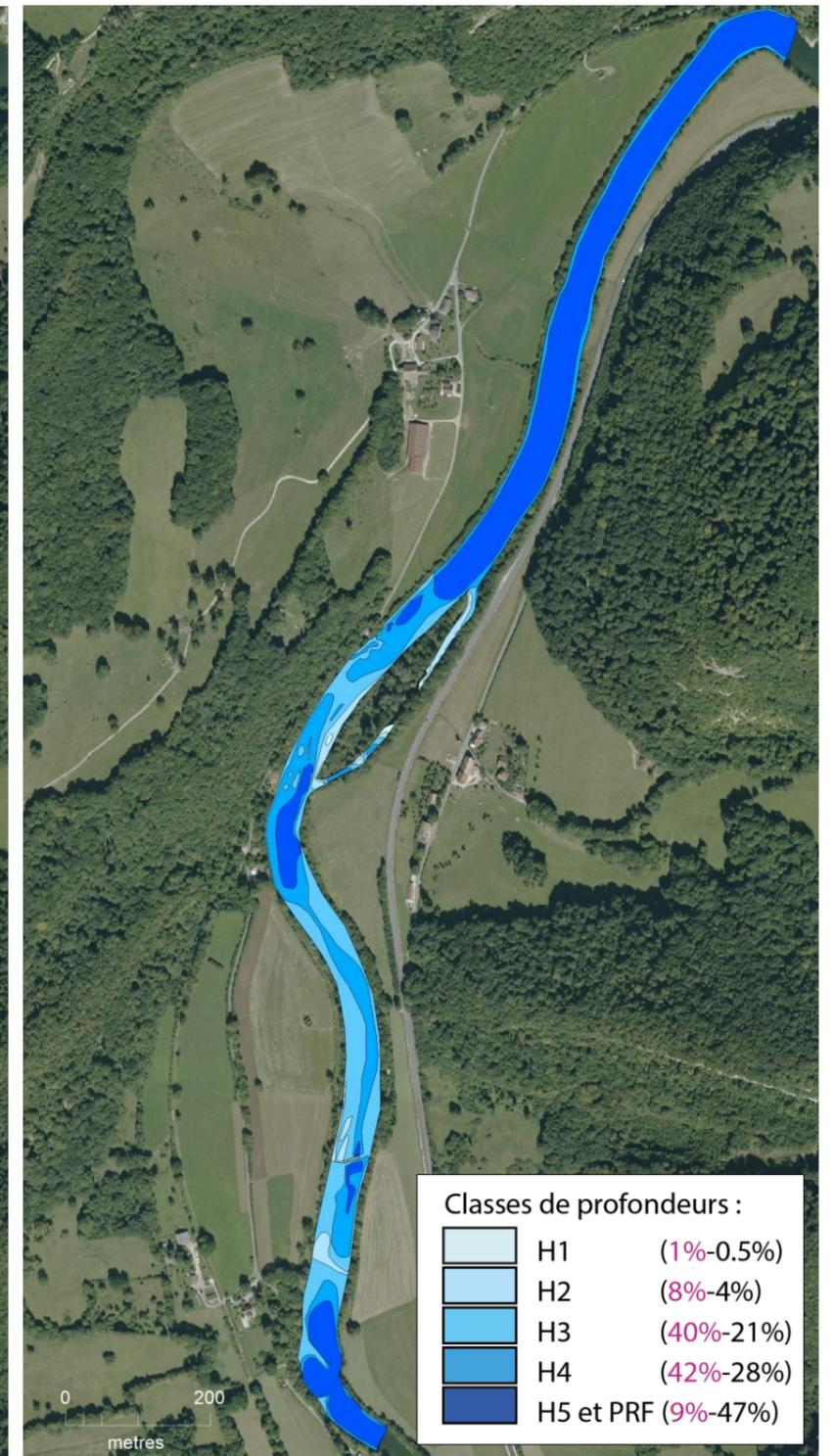
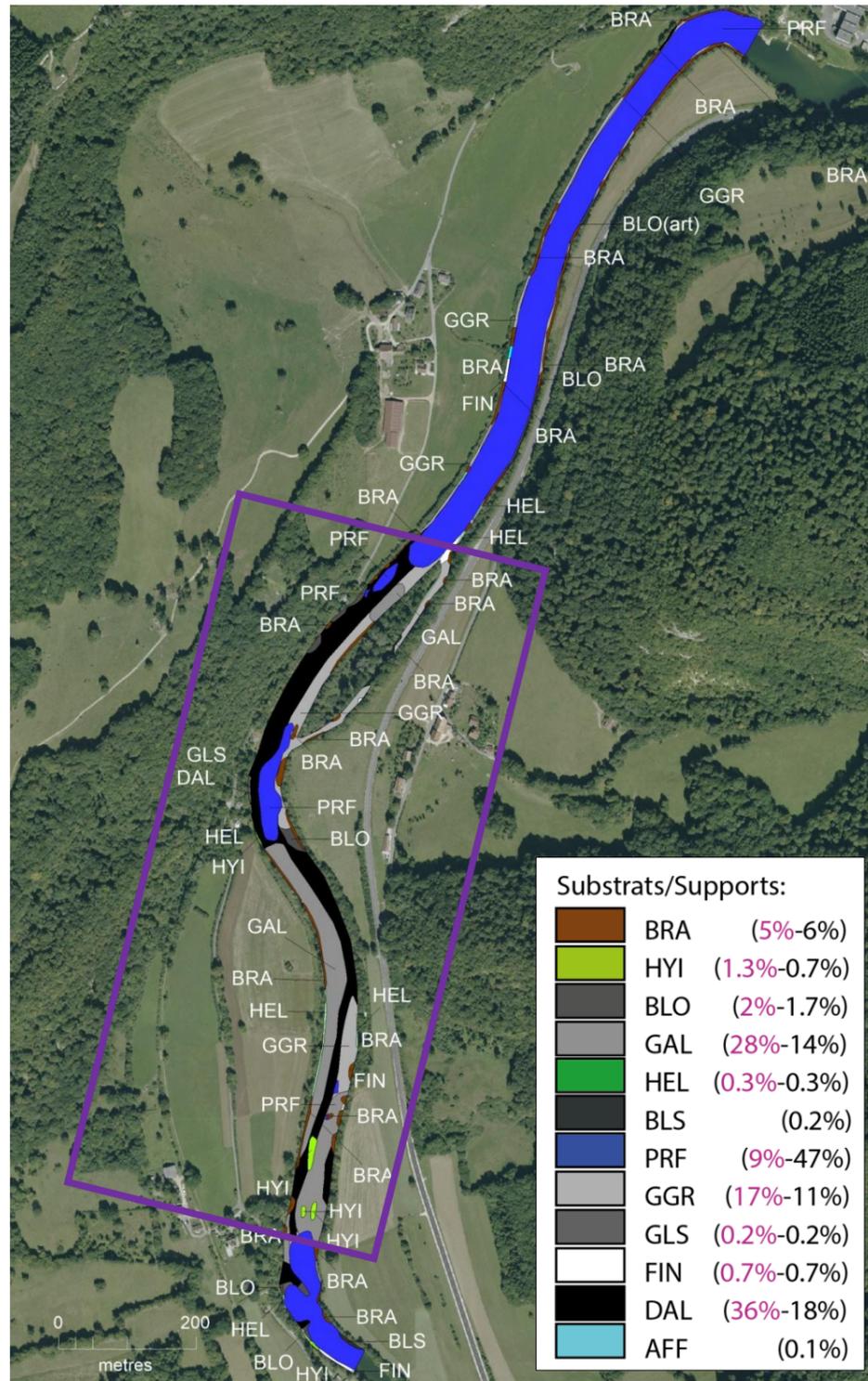
V1	(48%)
V2	(33%)
V3	(16%)
V4	(1.8%)
V5	(0.2%)



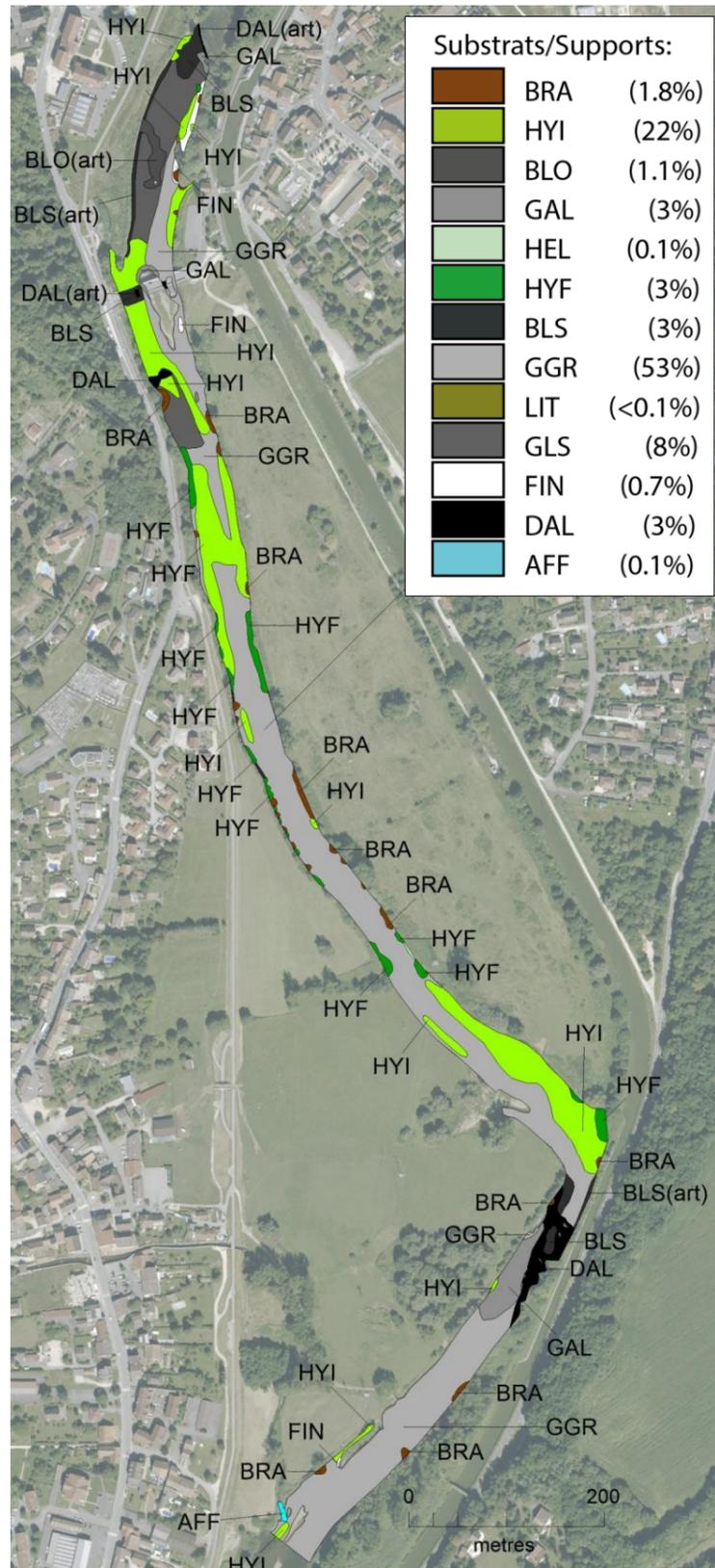
Classes de profondeurs :

H1	(1.2%)
H2	(26%)
H3	(31%)
H4	(36%)
H5 et PRF	(7%)

Annexe 6 : Cartographie IAM de la Station de Dampjoux, Sous-station "hors retenue"



Annexe 7 : Cartographie IAM de la station de Courcelles-lès-Montbéliard





### Détail IAM stations de Villars-Sous-Dampjoux, hors retenue

<b>Doubs</b>	<b>Villars-sous-Dampjoux HR</b>	Lm (m) :	50
Date :	25/07/2016	Opérateurs :	GP/JP/TH

Substrats	m <sup>2</sup>	%	si	Attractivité	si*attract.
DAL	19942,58	35,79%	0,36	1	0,36
GAL	15769,38014	28,30%	0,28	50	14,15
GGR	9504,929775	17,06%	0,17	25	4,26
PRF	5169,018458	9,28%	0,09	30	2,78
BRA	2907,255473	5,22%	0,05	100	5,22
BLO	1062,502331	1,91%	0,02	60	1,14
HYI	698,3585	1,25%	0,01	80	1,00
FIN	388,1717048	0,70%	0,01	4	0,03
HEL	169,8398	0,30%	0,00	40	0,12
GLS	112,3413	0,20%	0,00	10	0,02
Somme	55724,38	100,00%	1,00		<b>29,09</b>

Nb substrats différents : 9 **Bonus source : 1**  
 Nb classes hauteurs : 5  
 Nb classes vitesses : 5

<b>INDICE D'ATTRACTIVITE MORPHODYNAMIQUE</b>	<b>6 545</b>
--	--------------

<b>IAM référence</b>	<b>14492</b>
----------------------	--------------

Hauteurs	m <sup>2</sup>	%
Classe 1	561,70	1,01%
Classe 2	4425,42	7,94%
Classe 3	22063,22	39,59%
Classe 4	23484,12	42,14%
Classe 5	5189,92	9,31%
Somme	55724,38	100,00%

IAM calc /  
IAM réf : **45%**  
**Moyen**

Nb de pôles : 95

Diversité Pôles : 1,45

Vitesses	m <sup>2</sup>	%
Classe 1	20495,73	36,78%
Classe 2	24031,70	43,13%
Classe 3	9904,66	17,77%
Classe 4	1123,47	2,02%
Classe 5	168,81	0,30%
Somme	55724,38	100,00%

Régularité : **0,74**



### Détail IAM stations de Courcelles-lès-Montbéliard

<b>Allan</b>	<b>Courcelles</b>	Lm (m) :	40
Date :	08/08/2016	Opérateurs :	JP/GP/TG

Substrats	m <sup>2</sup>	%	si	Attractivité	si*attract.
GGR	39303,79	53,22%	0,53	25	13,31
HYI	16391,73906	22,20%	0,22	80	17,76
GLS	6146,26206	8,32%	0,08	10	0,83
BLS	2535,43538	3,43%	0,03	30	1,03
GAL	2360,14298	3,20%	0,03	50	1,60
DAL	2135,01301	2,89%	0,03	1	0,03
HYF	2027,68766	2,75%	0,03	40	1,10
BRA	1356,4256	1,84%	0,02	100	1,84
BLO(art)	816,44397	1,11%	0,01	60	0,66
FIN	497,84562	0,67%	0,01	4	0,03
DAL(art)	117,44404	0,16%	0,00	1	0,00
AFF	98,82039	0,13%	0,00	0	0,00
HEL	39,9433	0,05%	0,00	40	0,02
LIT	23,17637	0,03%	0,00	10	0,00
Somme	73850,16	100,00%	1,00		<b>38,20</b>

Nb substrats différents : 10  
 Nb classes hauteurs : 5  
 Nb classes vitesses : 4

**Bonus source : 1**

**INDICE D'ATTRACTIVITE MORPHODYNAMIQUE 7 641**

**IAM référence 13780**

Hauteurs	m <sup>2</sup>	%
Classe 1	1477,22	2,00%
Classe 2	13183,27	17,85%
Classe 3	33680,67	45,61%
Classe 4	22645,18	30,66%
Classe 5	2863,83	3,88%
Somme	73850,16	100,00%

IAM calc /  
IAM réf :

**55%**  
**Moyen**

**Nb de pôles : 102**

**Diversité Pôles : 1,35**

Vitesses	m <sup>2</sup>	%
Classe 1	57694,06	78,12%
Classe 2	11337,43	15,35%
Classe 3	4569,25	6,19%
Classe 4	249,42	0,34%
Classe 5	0,00	0,00%
Somme	73850,16	100,00%

**Régularité : 0,67**