



LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS

SITUATION DE LA POPULATION ;
DIAGNOSTIC QUALITATIF DE L'HABITAT DE
L'APRON ;
PLAN DE SAUVEGARDE DE L'ESPECE.

RESUME

L'apron du Rhône (Zingel asper), poisson archaïque et emblématique du Doubs Suisse est, comme de nombreuses autres espèces inféodées à cet hydrosystème, en danger d'extinction. Ce rapport propose dans un premier temps, une vue d'ensemble de la situation actuelle de ce poisson dans la mythique rivière du Doubs. Il s'attache dans un second temps à la compréhension des phénomènes causals et facteurs aggravants la lente et progressive extinction de cet espèce dans le but de soutenir des mesures de conservation prévues ou nouvelles, propres à l'apron et au Doubs.

Maxime BOISMARTEL, M.Sc Environnement
Étude du Projet Doubs 2016 Pro Natura Suisse.

Mandant : Pro Natura.

Rédacteur : Maxime BOISMARTEL.

Responsable technique de l'étude : Maxime BOISMARTEL.

Relecteur : Jean-Louis WALTHER.

Photographie de couverture : Florian BONNAIRE, commune du Clos-du-Doubs, 2012.

Référence à citer :

BOISMARTEL M., 2016. *La population d'apron dans le Doubs : situation, diagnostic habitat et plan de sauvegarde*, 58p. Projet Doubs 2016 Pro Natura.

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	5
I. Situation de l’apron dans le Doubs	6
1. Synthèse des données historiques sur la population d’apron dans le doubs.....	6
a. Le suivi quantitatif.....	7
b. Le suivi qualitatif.....	8
c. Le suivi génétique.....	9
d. Le suivi pathologique.....	10
e. Les données sur son habitat.....	11
2. Mesures actuelles de sauvegarde de l’espèce dans le Doubs.....	15
a. Création d’un groupe binational	15
b. Le plan d’action du groupe binational.....	15
c. Le statut suisse de protection de l’espèce	15
d. Plainte déposée par trois Ong suisses pour la sauvegarde de l’espèce	16
e. Création d’un plan d’action national en faveur du Doubs par l’ofev	17
f. Les mesures locales de protection	17
g. Liens avec le plan national apron français	18
II. Diagnostic de la qualité d’habitat de l’apron dans le Doubs.....	19
1. Cadre méthodologique.....	19
2. Définition des stations d’étude	20
3. Étude de la qualité de l’habitat aquatique	24
a. Méthode.....	24
b. Données historiques.....	27
c. Conditions d’échantillonnage.....	27

4. Résultats	28
a. La Charbonnière	28
b. Tariche	31
c. Ravines.....	34
d. analyse de la qualité d’habitat des trois stations.....	37
5. Thermographie des stations.....	40
a. Méthode	40
b. Résultats	42
c. Analyse de la thermographie	43
III. Plan de sauvegarde de l’apron dans le Doubs.....	45
Conclusion	55
Bibliographie.....	56

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1 : histogramme des observations d'aprons dans le Doubs</i>	7
<i>Figure 2 : apron du Rhône observé en 2009 au Clos du Doubs</i>	7
<i>Figure 3 : carte de localisation d'aprons suite au plus grand dénombrement d'individus de 2012</i>	8
<i>Figure 4 : apron atteint de la Saprolégniose, retrouvé mort au Clos-du-Doubs, le 14 avril 2015</i>	11
<i>Figure 5 : Schéma du cycle de vie de l'apron et types d'habitats préférentiels</i>	14
<i>Figure 6 : carte de localisation des trois stations d'étude</i>	20
<i>Figure 7 : carte et photo aérienne de localisation de la station La Charbonnière</i>	21
<i>Figure 8 : carte et photo aérienne de localisation de la station Tariche</i>	22
<i>Figure 9 : carte et photo aérienne de localisation de la station Ravines</i>	23
<i>Figure 10 : classes des hauteurs et des vitesses d'eau</i>	25
<i>Figure 11 : catégorie de substrat et indice d'attractivité respectif</i>	25
<i>Figure 12 : valeurs expérimentales de référence de l'IAM en fonction de la largeur moyenne du lit mineur</i>	26
<i>Figure 13 : données historiques de mesures de capacités habitationnelles</i>	27
<i>Figure 14 : carte IAM des classes des vitesses de la station amont</i>	28
<i>Figure 15 : carte IAM des hauteurs d'eau de la station amont</i>	28
<i>Figure 16 : carte IAM des substrats naturels de la station amont</i>	29
<i>Figure 17 : carte IAM des substrats colmatés de la station amont</i>	29
<i>Figure 18 : carte IAM des pôles d'attraction de la station amont (hors colmatage)</i>	30
<i>Figure 19 : recouvrement des substrats naturels et du colmatage de la station amont (%)</i>	30
<i>Figure 20 : carte IAM des classes des vitesses de la station médiane</i>	31
<i>Figure 21 : carte IAM des hauteurs d'eau de la station médiane</i>	31
<i>Figure 22 : carte IAM des substrats naturels de la station médiane</i>	32
<i>Figure 23 : carte IAM des substrats colmatés de la station médiane</i>	32
<i>Figure 24 : carte IAM des pôles d'attraction de la station médiane (hors colmatage)</i>	33
<i>Figure 25 : recouvrement des substrats naturels et du colmatage de la station médiane (%)</i>	33
<i>Figure 26 Carte IAM des classes de vitesse de la station aval</i>	34
<i>Figure 27 : carte IAM des hauteurs d'eau de la station aval</i>	34
<i>Figure 28 : carte IAM des substrats naturels de la station aval</i>	35
<i>Figure 29 : carte IAM des substrats colmatés de la station aval</i>	35
<i>Figure 30 : carte IAM des pôles d'attraction de la station aval (hors colmatage)</i>	36
<i>Figure 31 : recouvrement des substrats naturels et du colmatage de la station aval (%)</i>	36
<i>Figure 32 : caractéristiques des stations et scores obtenus</i>	37
<i>Figure 33 : cycle thermique annuel optimal pour la qualité de la reproduction de l'apron</i>	40
<i>Figure 34 : photo du dispositif bloc-sonde thermique</i>	41
<i>Figure 35 : graphe des températures d'eau du Doubs entre Soubey et Ocourt, de juin 2014 à mi-février 2015</i> ...	42
<i>Figure 36 : variations des températures d'eau sur les trois stations d'étude, de juillet 2015 à juillet 2016</i>	42
<i>Figure 37 : apron juvénile (cliché ©BEJEAN)</i>	45

INTRODUCTION

Suite au développement de l'épuration depuis cinquante ans, la qualité des eaux suisses s'est fortement améliorée (EAWAG, compte-rendu de la journée d'info 2015). Or, aujourd'hui, on se retrouve dans une situation à la fois paradoxale et antinomique. En effet, alors que de nombreux efforts de traitements de l'eau se poursuivent, la situation n'a jamais été aussi critique pour la biodiversité inféodée aux milieux aquatiques. Le cas de la rivière Doubs illustre parfaitement cette situation.

Depuis la fin des années 2000, les mortalités massives de poissons dans le tronçon frontalier et suisse du Doubs (MALAVAUX, 2011) ne sont que la résultante biologique observable de dysfonctionnements chimiques et physiques de cette rivière. L'étude sur les micropolluants dans les eaux du Doubs réalisée par ENVIREAU (Profil de micropolluants le long du Doubs entre Morteau et Ocourt, 2016) dans le cadre du Projet Doubs de Pro Natura confirme la pollution de l'eau du Doubs par de nombreuses molécules polluantes provenant de l'agriculture, de la sylviculture, de l'industrie ou encore des ménages du bassin versant.

Truite fario, ombre commun, chabot, brochet pour ne citer que ces espèces, se raréfient dans le Doubs en attestent les rapports de successifs de mortalités des gardes pêches locaux (MALAVAUX, 2011). De nombreux travaux scientifiques spécifiques au Doubs existent depuis les années 80 et dénoncent l'altération de la qualité de l'eau, de la qualité (et fragmentation) de l'habitat piscicole ou encore du régime hydrologique artificialisé, causes principales dénoncées comme les plus dégradantes pour la qualité biologique de cette rivière.

Le Doubs, cours d'eau emblématique du massif du Jura entre France et Suisse est également une des dernières rivières abritant l'espèce *Zingel asper*, l'apron du Rhône encore appelé localement "Roi du Doubs". Cette population d'apron est considérée comme une unité de conservation à part entière car unique en Suisse. Ce poisson est inscrit depuis les années 1990 comme espèce en danger critique d'extinction sur la liste rouge mondiale des espèces menacées par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), se compte en faible effectif depuis 2000 et n'échappe pas aux derniers événements pathologiques piscicoles du Doubs. En effet, le FIWI (Fisch- und Wildtiermedizin Institut) a été mandaté par l'Office cantonal de l'environnement jurassien en 2015, suite à la découverte de T. ARNET d'un apron mort. L'examen du FIWI révèle la présence de la Saprologniose sur ce poisson, pathologie responsable de mortalités piscicole massives depuis 2009 dans le Doubs. Cette nouvelle s'avère être une donnée lourde de conséquence possible sur la survie de cette unique population d'apron en Suisse.

Cette rivière et ce poisson font l'objet de constats actuels particulièrement peu optimistes pour l'avenir. La sauvegarde de l'apron est une priorité d'action de Pro Natura qui veut comprendre précisément comment cette espèce comme d'autres inféodées au corridor fluvial du Doubs peuvent être sauvées.

L'objet de ce rapport est basé sur cette problématique générale en tentant d'examiner de près la qualité de l'habitat aquatique de l'apron, un des facteurs potentiels parmi d'autres susceptible de provoquer la dégradation de la population de cette espèce dans le Doubs.

En effet, travailler sur la qualité d'habitat permet d'interpréter les interactions entre la qualité physique du milieu aquatique, nécessaire à l'espèce, et les exigences physico-biologiques de celle-ci (reproduction, croissance, maturité, nourriture, quiétude, performance du système immunitaire, ...).

Il a été choisi d'entreprendre ce diagnostic qualitatif de l'habitat de l'apron car il n'a pas encore été réalisé concernant la population du Doubs et il peut permettre de comprendre pourquoi l'apron ne se retrouve qu'en sous-effectif depuis plusieurs années dans le Doubs. Ce diagnostic aboutit à l'amorce d'un plan de sauvegarde de la population d'apron, avec la singularité d'être adapté aux problématiques recensées préalablement.

I. SITUATION DE L'APRON DANS LE DOUBS

1. SYNTHÈSE DES DONNÉES HISTORIQUES SUR LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS

L'apron, percidé endémique au bassin rhodanien, est en voie d'extinction de par sa répartition géographique très restreinte (PROLONGE-CHEVALIER, 2007). Il n'occuperait, aujourd'hui, plus que 240 kms de cours d'eau soit 11 % de sa distribution observée en 1900 selon le Bilan des populations d'Apron-Life apron II, 2009.

Au vu des connaissances acquises depuis les années 1990 par l'Office de l'Environnement du Canton du Jura et les autorités françaises, la population d'apron connue dans le Doubs se situe sur le tronçon du canton du Jura appelé « la boucle suisse du Doubs ».

D'après le site du plan national d'actions français (<http://www.aprondurhone.fr/index.php/sa-repartition-passee-et-actuelle>), la présence de l'apron dans le Doubs était connue depuis sa confluence avec la Saône jusqu'à Goumois (VERNEAUX 1973). Il aurait disparu du cours moyen après la seconde guerre mondiale et la dernière capture remonte à 1936 à Osselle (VERNEAUX 1973).

Dans ce contexte historique, l'apron occupait approximativement un secteur de 330 km des 453 km totaux du Doubs. Les comptages les plus exhaustifs des quinze dernières années, réalisés par BONNAIRE (Centre nature Les Cerlatez, 2012), montrent que la population d'apron dans le Doubs s'étendait en 2012 sur 11 km linéaires au niveau de la commune du Clos-du-Doubs dans le canton du Jura. Si on se réfère aux données du linéaire historique de présence de l'apron dans le Doubs, cela correspondrait alors à une occupation en 2012 de 3,3% du linéaire historique, soit également une hypothèse de régression de 96,7%.

a. LE SUIVI QUANTITATIF

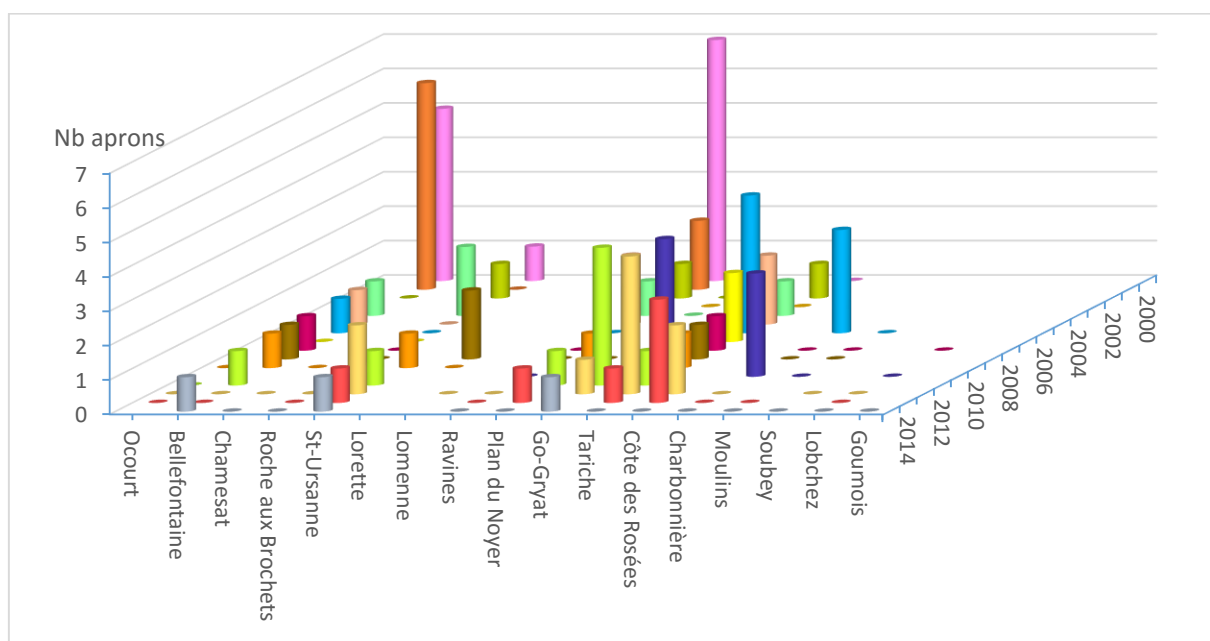


Figure 1 : histogramme des observations d'aprons dans le Doubs d'après les données AQUARIUS de 2000 à 2015

Les observations d'apron dans le Doubs réalisées par AQUARIUS pendant les quinze dernières années se caractérisent par une hétérogénéité des résultats. Plusieurs sites de prospections ont été supprimés des comptages alors que d'autres sites apparaissent d'une année sur l'autre. Sur ces quinze années, le changement du nombre de site d'observation provoque un effet sur la robustesse du protocole, ce dernier ayant pour objectif de réaliser un suivi quantitatif fiable de la population d'apron.

Ce constat se majore par une méthode évolutive ainsi que des conditions thermiques et hydrologiques différentes d'une année à l'autre lors des prospections (Monitoring de l'apron - rapport de suivi, AQUARIUS, 2015).

À noter également que les données de suivi de la population d'apron dans le Doubs par le Centre Nature Les Cerlatez (52 aporns observés en 2012, 23 en 2009) manquent à ce graphique et engendrent des contraintes supplémentaires à l'analyse de la population car elles constituent à elles-seules, des records d'observation non égalés pendant ces quinze dernières années. D'un point de vue scientifique, l'ensemble de ces données et leur méthode d'obtention rendent difficilement exploitable ces résultats, notamment en termes de dynamique de population.



Figure 2 : apron du Rhône observé en 2009 au Clos du Doubs (BOISMARTEL, 2009).

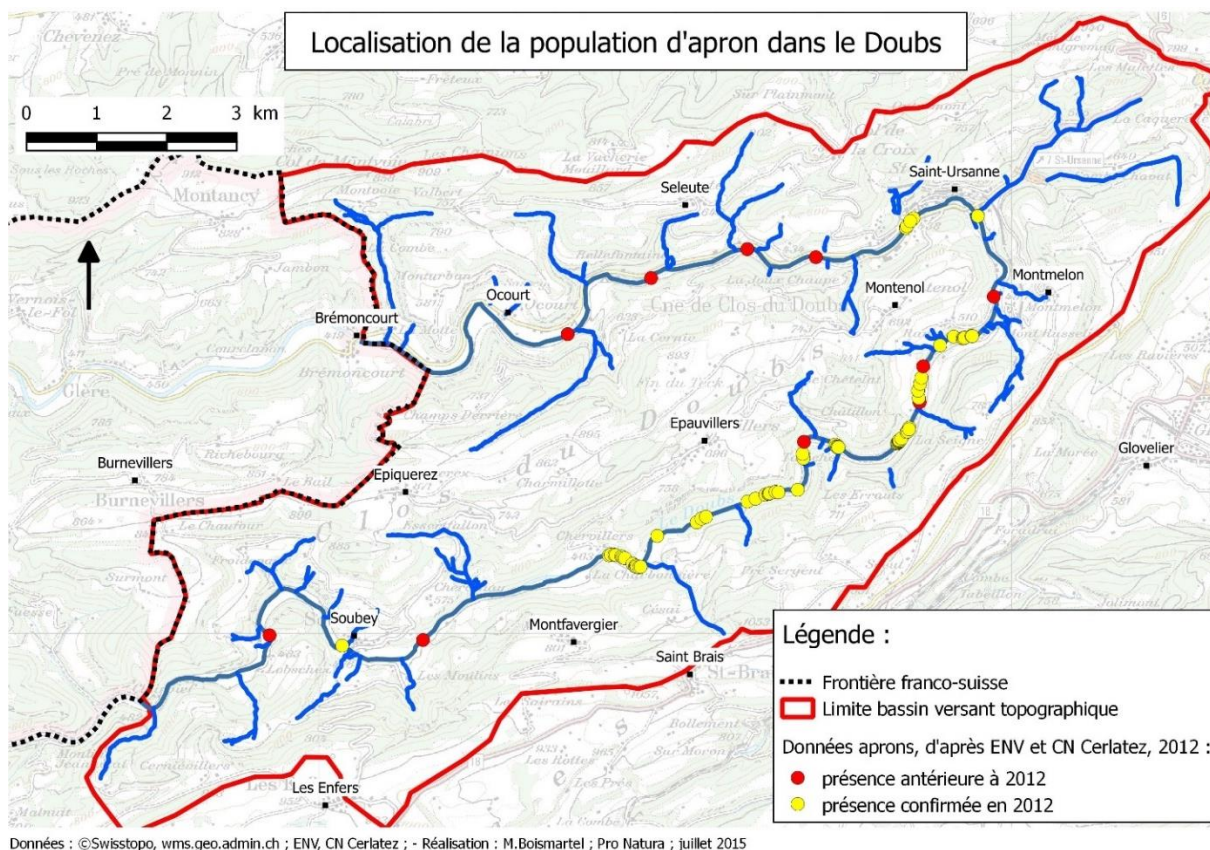


Figure 3 : carte de localisation d'aprons suite au plus grand dénombrement d'individus de 2012 par F. BONNAIRE

Il est à noter que Bonnaire indique l'absence d'apron dans le secteur aval entre Ocourt et St Ursanne en 2012. L'historique des prospections (figure 1) révèle la présence d'un reliquat de population entre les années 2000 à 2015 dans cette zone (1 individu observé par AQUARIUS en 2010 et 2015 en dessous du seuil de Bellefontaine). Ce constat appelle à la prudence d'analyse sur le linéaire occupé par l'espèce dans la boucle jurassienne du Doubs.

b. LE SUIVI QUALITATIF

Beaucoup d'études sur le suivi quantitatif d'apron dans le Doubs montrent des fluctuations peu significatives de la population sur des tronçons reconnus historiquement et abritant ce poisson entre 2000 et 2015. En conséquence, le suivi qualitatif, c'est-à-dire le suivi sur la viabilité de la population d'apron dans le Doubs est difficile à établir avec ces connaissances antérieures ou actuelles.

L'analyse de la viabilité de la population d'apron est multifactorielle mais elle peut reposer sur des indicateurs simples qui n'ont pas été déterminés dans les précédents protocoles de comptages comme la définition de la densité de la population, l'analyse des cohortes de classes de tailles observées, ou des plus complexes comme la variabilité génétique de la population ou encore les atteintes pathologiques.

Pour les deux premiers indicateurs cités, si on souhaite estimer au plus près l'état de la population, il faudrait envisager un monitoring sur les 30 km linéaires du Doubs jurassien au complet, avec des débits inférieurs à 8m³/s pour une accessibilité et visibilité adéquates.

Selon les nombreuses études du Plan d'actions français, une population d'apron est naturellement peu dense (<http://www.aprondurhone.fr/index.php/son-alimentation>). D'après les travaux de GEORGET, retrouver 10 aprons sur 100 mètres de cours d'eau est reconnu comme une densité témoignant d'un bon état d'une population d'apron donnée.

La plupart des comptages annuels dans le Doubs ont montré des effectifs relictuels et si on rapporte le meilleur comptage depuis 15 ans de 52 aprons observés en 2012 (BONNAIRE, 2012) sur un linéaire de 11km alors la densité était de 0,47 ind/100m linaires. Même après les encouragements hypothétiques d'un comptage supérieur aux autres années, cette densité démontre à elle-seule que la population d'apron dans le Doubs, n'est pas en bon état depuis que les suivis sont réalisés. Penser que l'apron est en effectif suffisant dans le Doubs pour reconstituer une population viable à long terme est parfaitement incertain.

Par ailleurs, aucunes investigations passées démontrent que la population d'apron dans le Doubs est capable de se maintenir avec un brassage génétique suffisant.

Aujourd'hui, si on se tient seulement aux arguments précédents basés sur des chiffres peu robustes, alors le raisonnement revenant à penser que la meilleure façon de maintenir l'espèce consiste à augmenter son aire de répartition en restaurant ses conditions d'habitats, n'est peut-être pas suffisant à long terme pour la sauvegarde de la population d'apron dans le Doubs.

C. LE SUIVI GÉNÉTIQUE

Dans le cadre du plan français d'action en faveur de l'apron du Rhône (2012-2016), l'Université de Marseille a réalisé un suivi génétique des différentes populations connues. L'utilité de ce travail était de préciser le degré de différenciation génétique des populations d'apron rémanentes au bassin du Rhône. Cette étude a notamment confirmé la richesse génétique de la population de la Durance ce qui laisserait supposer qu'elle est le berceau de l'espèce à partir duquel l'apron a colonisé le bassin du Rhône après le dernier Maximum Glaciaire il y a environ 10 000 ans (d'après le rapport 2013-2014, PNA apron du Rhône – Action 7 : études génétiques ; DUBUT, 2014).

L'échantillonnage sur la population d'apron du Doubs a été réalisé sur 3 années de 2012 à 2014 car étant donné les faibles effectifs observés, l'objectif de capturer entre 25 et 30 individus pour une analyse génétique robuste (notamment pour évaluer l'effet de la fragmentation de l'habitat) n'a pu être atteint en une seule campagne de prospection. Ce sont finalement 16 individus qui ont été soumis au prélèvement. Cette analyse confirme que la diversité génétique de la population d'apron du Doubs est la plus faible de toutes les populations d'aprons connues et étudiées (comm. Perso. M. GEORGET, 2015). Elle confirme également l'homogénéité de la structure génétique de la population d'apron du Doubs. Ces résultats contrastent avec l'impact marqué sur la structure génétique des foyers de populations d'aprons déconnectés par certains ouvrages dans le bassin de l'Ardèche (DUBUT *et al.* 2013).

La fragmentation de l'habitat a isolé des groupes d'aprons au sein de la population initiale, autrefois capables d'échanger des individus et maintenir une diversité génétique à la population. Aujourd'hui les échanges naturels entre la population du Doubs avec une autre (la plus proche étant celle de la Loue) sont totalement impossibles par la pollution et les barrages infranchissables.

L'appauvrissement génétique d'une population a également des conséquences sur l'adaptation de l'espèce aux nouvelles pathologies et face à des perturbations/modifications de leur habitat. Ce phénomène s'aggrave par le caractère intrinsèque limité de la dispersion de l'apron, en raison de distances de déplacement modestes de la majorité des individus d'une population (Rapport de la France au secrétariat de la Convention de Berne ; Menaces pour l'apron du Rhône (*zingel asper*) dans le Doubs (France) et dans les cantons du Jura et de Neuchâtel (suisse), février 2012).

Comme déjà évoqué précédemment, la population d'apron du Doubs présente également les plus faibles effectifs des populations d'aprons inventoriées à ce jour. Le suivi sur la diversité génétique dans le Doubs confirme l'hypothèse qu'une extinction de l'apron en Suisse doit être envisagée en raison d'une très faible diversité génétique de la population si aucun mélange génétique extérieur à cette population ne peut être réalisé naturellement. L'introduction d'aprons dans le Doubs doit être étudiée pour maintenir la diversité génétique de la population existante nécessaire à la sauvegarde de l'espèce. Ce travail n'exclut en aucun cas les actions prévues et en cours concernant l'amélioration de la qualité d'eau et le régime hydrologique artificialisé du Doubs.

d. LE SUIVI PATHOLOGIQUE

Les pathologies piscicoles sont de plus en plus au cœur de la recherche scientifique après les apparitions récentes de mortalités massives de poissons dans les cours d'eaux suisses et français.

Alors que quelques pathologies connues dans les rivières suisses, comme la maladie rénale proliférative, faisaient déjà l'objet de cas avérés de mortalités notamment sur la truite fario, c'est réellement à partir de l'été 2009 que des épisodes de mortalités accrues des poissons (truites fario, ombres, chevesnes, barbeaux, perches, brochets, ...) se succèdent dans le Doubs. Ces poissons morts présentaient tous des « mycoses » saprophytes.

La maladie attribuée à ces mortalités est la saprolégiose, par le développement du parasite du genre *Saprolegnia* dans la chair des poissons, maladie bien connue des pisciculteurs professionnels. Ce champignon vit naturellement dans le Doubs comme dans la plupart des rivières, mais n'a pas de caractère pathogène, du moins lorsque les poissons sont en bonne santé. Il existe donc des facteurs conférant au champignon permissivité et pathogénicité (L'ammoniaque des lisiers, « suspect numéro 1" dans l'enquête sur l'assassin des rivières Doubs, Loue, Bienne, Cusancin et Dessoubre », D. PRUNEAU, 2016).

L'hypothèse de l'introduction d'une souche virulente « récente » de *S. parasitica* s.l. dans le Doubs a été formulée par l'Université de Neuchâtel (Clonalité de *Saprolegnia parasitica*, le parasite des poissons du Doubs, PAUL & BELBARHI, 2012) sans toutefois apporter de réelles garanties sur la véracité de cette hypothèse. Il est en effet précisé dans ce rapport que « peu d'efforts ont été fournis pour obtenir plus de souches de la population de *Saprolegnia* sp et donc que toutes les interprétations de ce rapport sont à prendre avec prudence, les souches étant trop peu nombreuses ».

Par ailleurs, *saprolegnia parasitica* a été détectée dans de nombreux cours d'eau suisses d'après les connaissances actuelles du FIWI (2009-2015). Cette pathologie piscicole est connue en 2015 dans les cantons de Genève, Tessin, Bâle campagne, Neuchâtel, Jura, Turgovie, Zurich, Argovie, Schaffhouse, St-Gall, Grisons et Obwald (FIWI, 2015. Maladies des salmonidés).

Jusqu'en 2015, la population d'apron du Doubs n'a pas fait l'objet de suivi pathologique spécifique. Ce n'est qu'après la découverte d'un apron mort au mois d'avril 2015 par T. ARNET, qu'une analyse du FIWI (Centre pour la médecine des poissons et des animaux sauvages de Berne) mandaté par l'Office de l'Environnement du Canton du Jura, renseigne la détection de la saprolégniose sur cet individu mort.

L'apron du Rhône comme la truite fario, l'ombre commun, le brochet, le barbeau fluviatile, la loche franche ou encore le chabot, est donc touché par la saprolégniose dans le Doubs. Cette donnée de 2015 constitue le premier constat de mortalité d'apron dans le Doubs avec détection de la saprolégniose et interpelle sur l'influence de cette pathologie piscicole sur la qualité de la population d'apron encore présente dans le Doubs en 2016. L'hypothèse de corrélation entre les faibles effectifs d'aprons observés et la saprolégniose dans le Doubs doit dorénavant être considérée dans la démarche de sauvegarde de l'espèce.



Figure 4 : apron atteint de la Saprolégniose, retrouvé mort au Clos-du-Doubs, le 14 avril 2015 par T. ARNET (clichés : ©T. ARNET, 2015)

e. LES DONNÉES SUR SON HABITAT

Au cours de sa vie, et en fonction de son activité journalière ou saisonnière, l'apron va occuper successivement et temporairement plusieurs types d'habitats afin d'accomplir son cycle biologique. L'habitat, par définition le milieu géographique propre à la vie d'une espèce, sera défini ici comme l'ensemble des biotopes nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique de l'apron. Il a une dimension spatio-temporelle, lié pour partie à la variabilité du milieu, aux exigences biologiques de l'apron et à son environnement immédiat à la fois biotique et abiotique. Ces facteurs conditionnent la distribution actuelle de l'apron dans le Doubs.

Le Doubs frontalier et suisse est caractérisé par une faible variabilité hydromorphologique (spatiale et temporelle) en raison des fluctuations artificialisées des débits. La nature et l'étendue des surfaces utilisables par les poissons sont peu modifiées d'une année à l'autre.

Parmi les nombreux paramètres pouvant caractériser l'habitat, il faut considérer qu'un apron, à chacune des étapes de son existence, doit faire face à trois exigences fondamentales :

- se protéger des contraintes du milieu (courant, oxygène, température, etc.) ainsi que des prédateurs et éventuellement des compétiteurs, de manière à assurer sa survie ;
- se nourrir dans les meilleures conditions afin d'assurer sa croissance et sa maturation sachant que les besoins alimentaires varient au cours de son développement ;
- se reproduire à l'état adulte, de manière à assurer la survie de l'espèce. Le poisson est ainsi amené à se déplacer (migrations) dans la rivière pour trouver les conditions favorables à l'incubation des œufs.

L'apron, comme toutes les espèces de poissons, va rechercher en permanence le compromis, de manière à optimiser les trois exigences de base mentionnées ci-dessus. À titre d'exemple, les compromis peuvent être de quitter l'abri pour se nourrir en s'exposant aux prédateurs, ou de migrer pour se reproduire dans des zones pauvres en ressources alimentaires mais favorables au développement des œufs et des larves.

L'apron du Rhône affectionne les rivières présentant des milieux diversifiés. Selon les études du Plan National d'Action sur l'apron en France (GEORGET, 2016), l'apron vit dans les tronçons alternant des zones de courants (radiers, chenal lotique) et des zones plus profondes et plus calmes (fosses, chenaux lenticques). Dans le Doubs, l'apron se retrouve dans la zone à barbeau supérieure (*Barbus fluviatilis*) selon la typologie de HUET (1949). Cette zone abrite généralement des cyprinidés d'eaux vives (blageon, chevaine, spirilin, barbeau, goujon, hotu...). Ce secteur est souvent propice à la baignade ou au canoë (cas du Doubs).

Concernant son alimentation, elle varie selon deux périodes saisonnières. En été il se nourrit principalement d'éphémères (Baetidae, > 50%) et de trichoptères (Hydropsychidae, > 15%), alors qu'en hiver il s'attaquera principalement aux larves de diptères (Chironomidae et Simuliidae) (source : <http://www.aprondurhone.fr/index.php/son-alimentation>). L'apron est exigeant sur la qualité de son alimentation et cette exigence est une caractéristique fondamentale sur la qualité de son habitat car cette espèce est territoriale et benthique. L'apron ne fait naturellement pas de grand trajet pour se nourrir.

Concernant la qualité d'eau, selon GEORGET (2010), l'apron est la première espèce à avoir disparu suite à des pollutions physico-chimiques de l'eau dans le Guier. L'apron est sensible aux pollutions chimiques d'origine industrielle, domestique ou agricole. VERNEAUX (1981) attribue à l'espèce une note de polluosensibilité de 3,5 (gamme de 3 à 10), après *Salvelinus fontinalis* et *Thymallus thymallus*.

Les travaux de BEJEAN (2012) montrent que cette espèce semble sensible aux excès (même faibles) de matières organiques (supporte jusqu'à 0,5 mg/l de nitrites mesuré en bassin artificiel). Un surplus durable peut favoriser le développement de mycoses au niveau des branchies et meurt par asphyxie.

Cette sensibilité est amplifiée pendant la période de reproduction ou la majorité de la mortalité est attribuable aux mycoses en captivité (BEJEAN, 2012). Ce poisson, comme la plupart des espèces piscicoles, baisse son niveau d'immunité aux pathologies pendant la période printanière de reproduction.

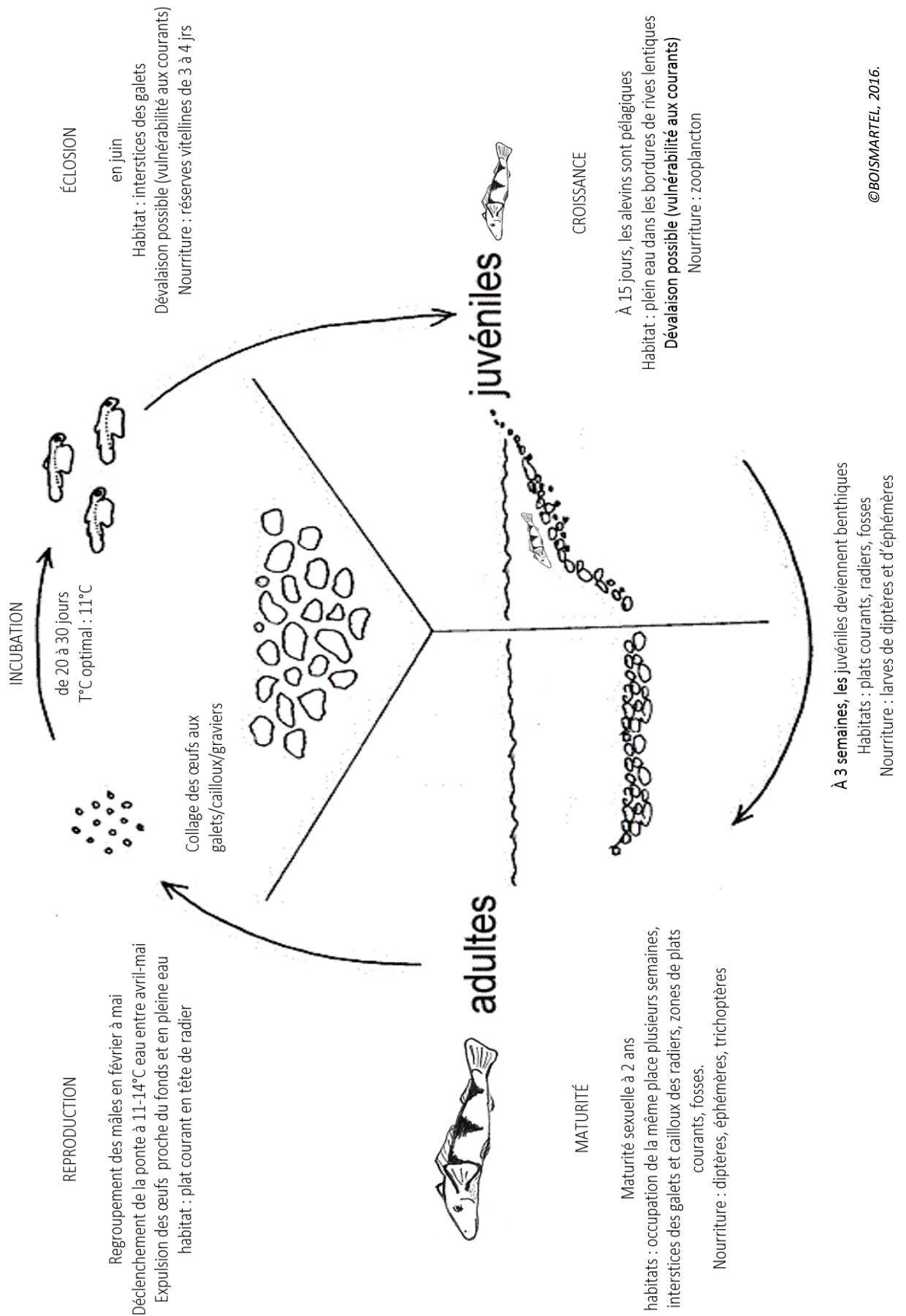
En ce qui concerne la reproduction de l'apron, aucune bibliographie ne mentionne d'observation de ponte dans le Doubs, ni même de rassemblements post-reproduction de géniteurs dans des zones de courants en mars et avril. Un apron vit en moyenne 3-5 ans (l'âge de 9 ans a été atteint en captivité) et se reproduit en moyenne 2-3 fois. La reproduction a lieu une fois par an, de février à avril en général, dans des eaux de 11°C à 14°C (BEJEAN, 2015). Les frayères sont situées sur des radiers avec une hauteur d'eau de 30 à 50cm (BEJEAN, 2015). Les femelles, qui arrivent plus tard, vont alors pondre sur un substrat composé principalement de graviers propres dans la majorité des cas (quelques pontes sont retrouvées dans la zone de courant faible) (BEJEAN, 2015). Une partie des œufs peut être emportée par le courant et se redéposer plus loin, ils collent sur le substrat rapidement (BEJEAN, 2015). La vitesse du courant est comprise entre 0.6 et 1.5m/s (BEJEAN, 2015). Les aprons ont une ponte composée d'un petit nombre d'œufs, mais de grande taille (stratégie « K ») ce qui favorise la survie des jeunes par leur taille.

Selon BEJEAN (2015), les femelles peuvent produire entre 300 et 3000 ovules, ce nombre étant fonction de la masse du poisson et de la qualité thermique de la vernalisation et de la gamétogénèse. Les pontes peuvent s'échelonner de fin février à mi-mai à des températures comprises entre 8 et 12°C, cependant l'activité maximale est observée durant les mois de mars-avril avec des températures de 10 à 11°C. Les mâles occupent en permanence la frayère de début février à fin mai, alors que les femelles ne s'y rendent que pour frayer.

L'apron a naturellement un recrutement annuel qui peut être très variable d'une année à l'autre. Ainsi, compte tenu de la faible espérance de vie de l'apron qui ne dépasse pas en moyenne 3-5 ans, une année de reproduction manquée a des répercussions immédiates sur la pyramide des âges, deux ou trois échecs annuels successifs peuvent être irrémédiables pour la survie de la population.

Alors que 70 % des aprons observés en 2009 étaient de jeunes individus 1+ (un an plus un hiver, taille comprise entre 5 et 10 cm) probablement en majorité issus des bonnes reproductions de l'année 2008 (BOISMARTEL, 2009), l'étude BONNAIRE (2012) mentionne un seul jeune individu (1+) observé pour 98 % d'aprons adultes observés (taille entre 15 et 23 cm) et BOISMARTEL (2009). La population a été considérée comme vieillissante par BONNAIRE (2012). Cette tendance inversée par rapport à 2009 renseigne sur une reproduction faible des deux voire trois années précédentes à 2012. L'hypothèse sur les fluctuations de la qualité de la reproduction se pose donc aux vues des résultats 2012.

La diversité des types d'habitats nécessaires à la vie de l'apron rend le diagnostic qualité de son habitat, complexe et multifactoriel. Ses exigences vis-à-vis de la diversité de milieux qu'il affectionne selon le stade de son développement, leurs connexions, leur qualité d'accueil et la ressource alimentaire disponible, témoignent également que le maintien de cette espèce piscicole sollicite un fonctionnement optimal du cours d'eau. Les travaux de recherche de J. LABONNE (2002) révèlent également l'importance de la dispersion dans le maintien des populations existantes. La viabilité de la population d'apron dans le Doubs dépend également du taux de dispersion des individus. Par conséquent, la sauvegarde de l'espèce repose sur des habitats, diversifiés, connectés, mais aussi en quantité et qualité suffisante pour assurer les exigences de vie de l'espèce.



©BOISMARTEL, 2016.

Figure 5 : Schéma du cycle de vie de l'apron et types d'habitats préférés

2. MESURES ACTUELLES DE SAUVEGARDE DE L'ESPÈCE DANS LE DOUBS

a. LE STATUT SUISSE DE PROTECTION DE L'ESPÈCE

L'UICN définit le statut de l'apron du Rhône « en danger critique d'extinction » mais ce statut ne constitue pas en soi un règlement d'application à sa sauvegarde. L'apron a un niveau de protection réglementaire international défini par la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Conseil du 19 septembre 1979). Il est inscrit à l'annexe II et III de cette convention.

L'apron est également inscrit aux annexes II et IV de la directive de l'Union européenne 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que des espèces sauvages faunistiques et floristiques en conséquence de quoi l'apron est une espèce d'intérêt européen strictement protégée, comme son habitat. D'après cette directive, l'apron fait partie des espèces qui « nécessite la désignation de zones spéciales de conservation » (annexe II), et « nécessite une protection stricte » (annexe IV).

En Suisse, l'Ordonnance du 24 novembre 1993, relative à la loi fédérale sur la pêche (OLFP), classe l'apron comme poisson menacé et strictement protégé (inscrit en annexe I).

b. CRÉATION D'UN GROUPE BINATIONAL

Bien que l'apron n'est pas présent sur le Doubs frontalier (présence aval), la thématique de sauvegarde de l'espèce a eu pour effet de créer la « plateforme Doubs » en 2009, réunions entre ONG et acteurs de la protection du Doubs. Ces échanges ont produit une organisation précise entre les acteurs et par conséquent la création du « groupe binational pour l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques du Doubs franco-suisse ».

La problématique générale de dégradation de l'hydrosystème Doubs frontalier est centrale dans ce groupe. Ce dernier a défini des objectifs et des priorités d'actions sur les thèmes de la dégradation de la qualité des eaux du Doubs, la production hydroélectrique, la gestion des seuils et barrages, les mortalités piscicoles et le patrimoine socio-culturel de la vallée.

c. LE PLAN D'ACTION DU GROUPE BINATIONAL

Ce plan d'action s'articule en trois thèmes : amélioration de la qualité physico-chimique des eaux, amélioration de la qualité des milieux et suivi du Doubs. La sauvegarde de l'espèce apron n'est pas comprise dans ces thèmes bien qu'en améliorant la qualité d'eau sur le bassin versant il en résulte *ipso facto* une bonne qualité d'habitat et des conditions propices à la conservation de l'apron comme à l'ensemble de l'ichtyofaune du Doubs.

Pour améliorer la qualité d'eau du Doubs, ce plan comprend des actions de : réduction de la pollution en azote et phosphore liée à l'assainissement collectif ; réduction de la pollution en azote et phosphore liée à l'assainissement individuel ; réduction des flux de micropolluants d'origine industrielle, forestière et urbaine ; réduction de la pollution liée à l'agriculture ; réduction de la pollution liée aux sites et sols pollués ; amélioration de la connaissance sur la pollution des sédiments dans les retenues. Ce plan prévoit également des actions de restauration physique du Doubs par le rétablissement de la continuité piscicole sur certains seuils frontaliers et l'amélioration de la connectivité de quelques affluents avec le Doubs.

d. PLAINTÉ DÉPOSÉE PAR TROIS ONG SUISSES POUR LA SAUVEGARDE DE L'ESPÈCE

En juin 2011, la Fédération suisse de pêche, WWF et Pro Natura ont déposé plainte au titre de la Convention de Berne, auprès du Conseil de l'Europe à Strasbourg, afin d'accélérer l'engagement des autorités compétentes sur la sauvegarde de l'apron dans le Doubs.

Lors d'une visite de 3 jours en juillet 2013, le Professeur Philippart de l'Université de Liège, mandaté par la Convention de Berne, a rencontré ONG et autorités au bord du Doubs pour établir quelques mois plus tard (décembre 2013), une série de recommandations pour la sauvegarde de l'apron et son habitat (Recommandations n° 169-2013 du Comité permanent). Le Secrétariat de la Convention de Berne a adopté le 6 décembre 2013 ce rapport de recommandations destiné aux autorités du département du Doubs et du canton du Jura.

Parallèlement, le 8 novembre 2013 à Bellelay, les trois sections cantonales BEJUNE de Pro Natura ont préavisé positivement une proposition de mandat, pour autant que ce travail s'inscrive intégralement dans le cadre des recommandations de la Convention de Berne. Dans ce sens, Pro Natura Suisse a proposé la réalisation de deux mandats sur la qualité physico-chimique et sur la qualité d'habitat piscicole du Doubs suisse. Ce travail suit les recommandations du rapport du Conseil de l'Europe « RECOMMANDATION N° 169 (2013) SUR L'APRON DU RHONE (*ZINGEL ASPER*) DANS LE DOUBS (FRANCE) ET DANS LE CANTON DU JURA (SUISSE) », visées ci-après :

1. d'améliorer et d'assurer la mise en œuvre des mesures nécessaires pour maintenir ou restaurer, dans un état de conservation favorable, le milieu naturel et la population de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) à l'horizon 2016, dans le secteur transfrontalier du Doubs en Suisse et en France, ainsi que dans la Loue en France ;
2. d'améliorer la qualité écologique du site Emeraude CH02 - Clos du Doubs/Saint-Ursanne et des sites Natura 2000 FR4301298 - Vallée du Dessoubre, de la Réverotte et du Doubs et FR4301291 - Vallée de la Loue en faveur de l'apron et des autres espèces protégées pour lesquelles ces sites ont été classés, en préservant et en restaurant, si nécessaire, les caractéristiques du Doubs et de la Loue qui revêtent une importance majeure pour l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) et pour d'autres espèces protégées ;
7. de collecter et de synthétiser les connaissances existantes sur l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) dans le Doubs et dans la Loue ; d'améliorer les échanges d'informations aux fins d'une bonne coordination des recherches menées en France et en Suisse, en exploitant notamment les connaissances et le savoir-faire acquis dans le cadre du programme LIFE Apron ;

De renforcer les recherches coopératives transfrontalières et les travaux de terrain afin de réunir des informations génétiques sur la population et de définir une stratégie transfrontalière efficace pour la protection de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) et d'autres espèces protégées ;

8. d'instaurer un système de surveillance systématique et méthodologiquement cohérent de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) et de tous les paramètres environnementaux susceptibles d'affecter sa population ;

9. de renforcer la coopération transfrontalière en coordonnant les activités de sauvegarde de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) et d'amélioration de son habitat ;

Recommandations supplémentaires à la Suisse :

4. de promouvoir les initiatives d'éducation et d'information générale sur la nécessité de protéger l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) et les autres espèces protégées et de sauvegarder leur milieu.

L'attribution de mandats par Pro Natura s'est faite indépendamment de ces recommandations. Le but de ces travaux est de fournir un complément au travail de base des autorités. Les données émanant des mandats sont destinées non seulement à accompagner de manière critique le travail effectué par les autorités, mais aussi à alimenter en continu la plainte déposée auprès de la Convention de Berne.

e. CRÉATION D'UN PLAN D'ACTION NATIONAL EN FAVEUR DU DOUBS PAR L'OFEV

En réponse à la recommandation N° 169 du Comité permanent de la Convention de Berne de 2013, l'Office Fédéral de l'Environnement a rédigé le plan d'action national en faveur du Doubs en 2015. Ce plan reprend un certain nombre de mesures prévues pour l'amélioration de la qualité hydrologique, la qualité physique d'affluents du Doubs, la qualité d'eau domestique et industrielle et des actions de sensibilisations. L'ensemble de ces mesures sont nécessaires à l'amélioration globale de l'hydrosystème et à la population d'apron du Doubs en particulier. Ce plan ne prévoit pas d'actions spécifiques à l'apron dans le cas de mortalités par pollution accidentelle ou pathologie piscicole. Le scénario d'une extinction de la population d'apron mérite d'être envisagée compte tenu des pressions d'altérations actuelles sur le Doubs et sa biodiversité.

f. LES MESURES LOCALES DE PROTECTION

Localement, diverses mesures de sauvegarde de l'apron s'ajoutent au statut de protection européen et suisse de l'espèce. La loi sur la pêche du canton du Jura interdit la capture de ce poisson et reconnaît un tronçon au droit de St-Ursanne comme réserve permanente de pêche où l'apron semble être localement encore présent (selon le comptage BONNAIRE, 2012). Cette mesure apporte quiétude à l'espèce sur ce tronçon et ne concerne qu'une petite partie du linéaire de présence de l'apron dans le Doubs.

Dans un souci d'interconnexion entre les individus d'apron et améliorer la dynamique de la population du Doubs, une demande de permis de construire a été formulée pour assainir la franchissabilité piscicole du seuil du Moulin Grillon à St-Ursanne en 2013. Concrètement, la demande concerne la mise en œuvre d'une rampe hydraulique ajustée sur les faibles capacités natatoires de l'apron.

À ce jour, une autre option de franchissement, celle d'un ruisseau de contournement fait débat. Selon la Commission fédérale pour la protection de la nature et du paysage (CFNP), ce projet porterait atteinte au site plutôt qu'une passe à poisson, avec un problème d'emprise foncière sur une propriété privée. Le projet de passe à poissons, préavisé favorablement par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en 2015 et sous conditions par la Commission fédérale pour la protection de la nature et du paysage (CFNP), a quant à lui, été déclaré conforme à la législation et validé par l'autorité cantonale. En 2016, ces travaux n'ont toujours pas été réalisés.

g. LIENS AVEC LE PLAN NATIONAL APRON FRANÇAIS

Le premier programme Life apron de 1998 à 2001, le deuxième de 2004 à 2010 et le plan national d'actions de 2012 à 2016 (coordonnés par le Conservatoire Régional d'Espaces Naturels CREN Rhône Alpes) ont permis de :

- compléter et synthétiser les connaissances sur la biologie et l'écologie de l'apron ;
- connaître la répartition des populations d'aprons et les habitats favorables ;
- identifier les causes principales de régression et bâtir une stratégie de conservation de l'espèce ;
- assainir certains seuils infranchissables pour l'espèce ;
- mettre en œuvre des tests de reproduction artificielle ;
- réaliser des essais d'introduction de juvéniles à titre expérimental en cas d'extinction naturelle ;
- faire connaître l'espèce au grand public ;

Le plan national d'action vise à définir les actions nécessaires à la conservation et à la restauration de l'apron en France. Cet outil de protection de la biodiversité est mis en œuvre par l'état français et a été renforcé suite au Grenelle Environnement.

Les actions sur la population d'apron du Doubs suisse en relation avec ces divers programmes ont porté sur :

- les connaissances de répartition de la population ;
- les retours d'expériences de la mise en œuvre de la passe à apron dans la Loue dans une perspective d'assainissement de la franchissabilité du seuil du Moulin Grillon à St-Ursanne ;
- la collaboration à l'échantillonnage de l'étude génétique des populations d'apron du bassin rhodanien ;
- la campagne de sensibilisation au grand public de la protection de l'apron.

Des soutiens financiers sont intervenus pour certaines de ces actions de la part de l'Office Fédéral de l'Environnement notamment pour la réalisation du documentaire « apron, l'incroyable aventure d'un poisson sentinelle » de S. GARASSUS et J-Y COLLET (2014).

II. DIAGNOSTIC DE LA QUALITÉ D'HABITAT DE L'APRON DANS LE DOUBS

1. CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Dans le Doubs, la répartition actuelle de la population d'apron n'est pas aléatoire. L'étude des paramètres physiques du biotope que colonise l'apron permet de déterminer les relations entre facteurs du milieu et la présence de l'espèce. Les changements d'habitat au cours du développement de l'apron sont liés à l'évolution de ses performances en termes de capacités physiques et physiologiques.

En partant du postulat de la dégradation physique du milieu comme vecteur de disparition de l'apron, les répercussions de la dégradation éventuelle de l'habitat de l'apron dans le Doubs supposent de situer l'analyse à l'échelle du microhabitat afin de cibler quel dommage habitationnel se reporte sur quelle phase de vie potentielle.

Le microhabitat se définit comme l'endroit où le poisson trouve les conditions de température, de courant, de profondeur, de substrat, d'abri, d'alimentation qui lui sont les plus favorables pour réduire ses dépenses énergétiques, se reposer, se protéger (prédation) ou encore pour se reproduire.

Une fois cette échelle d'analyse définie, quelques protocoles d'études de l'habitat ont été étudiés. C'est l'Indice d'Attractivité Morphodynamique appelé IAM qui a été retenu pour cette analyse de qualité d'habitat aquatique. Cette méthode d'analyse de la qualité des mosaïques d'habitats aquatiques a été mise au point par la DR5 du CSP (DEGIORGI et al.,1994-1996, DEGIORGI et al., 2002) puis finalisée par le Bureau d'étude TELEOS (DEGIORGI et GRANDMOTTET, 1997-1998, DEGIORGI et al.,2002).

Ce protocole a été choisi car il permet une analyse cartographique standardisée de la qualité des mosaïques d'habitats aquatiques (substrat, vitesse, profondeur) vis à vis principalement du peuplement piscicole, à l'échelle de la station.

À qualité d'eau et niveau trophique égaux, les capacités piscicoles sont déterminées par la diversité et la qualité des combinaisons de hauteur d'eau, vitesse de courant et de substrat/support qui constituent les principaux fondements de l'habitat aquatique (DEGIORGI et al.,2002).

Remarque : la réglementation sur la pêche du canton du Jura interdisant de marcher dans la section mouillée de la rivière avant le 1^{er} juin a été respectée dans le protocole, ceci notamment afin de ne pas détruire d'éventuelles frayères de poissons.

2. DÉFINITION DES STATIONS D'ÉTUDE

Trois tronçons ont été sélectionnés après une reconnaissance terrain en période d'étiage le vendredi 5 juin 2015 (débit moyen journalier à 6,53m³/s). La définition de ces stations d'étude repose sur cinq critères principaux :

- la présence avérée d'apron en fonction des données acquises de 2009 à 2015 ;
- la possibilité d'échantillonner à pied l'ensemble des habitats aquatiques de chaque tronçon en conditions d'étiage ;
- la diversité hydromorphodynamique du Doubs la plus représentative et naturelle possible ;
- l'accessibilité ;
- le compromis de l'ensemble des critères précédemment énoncés avec l'obligation de répondre aux deux premiers et de se rapprocher au maximum du troisième.

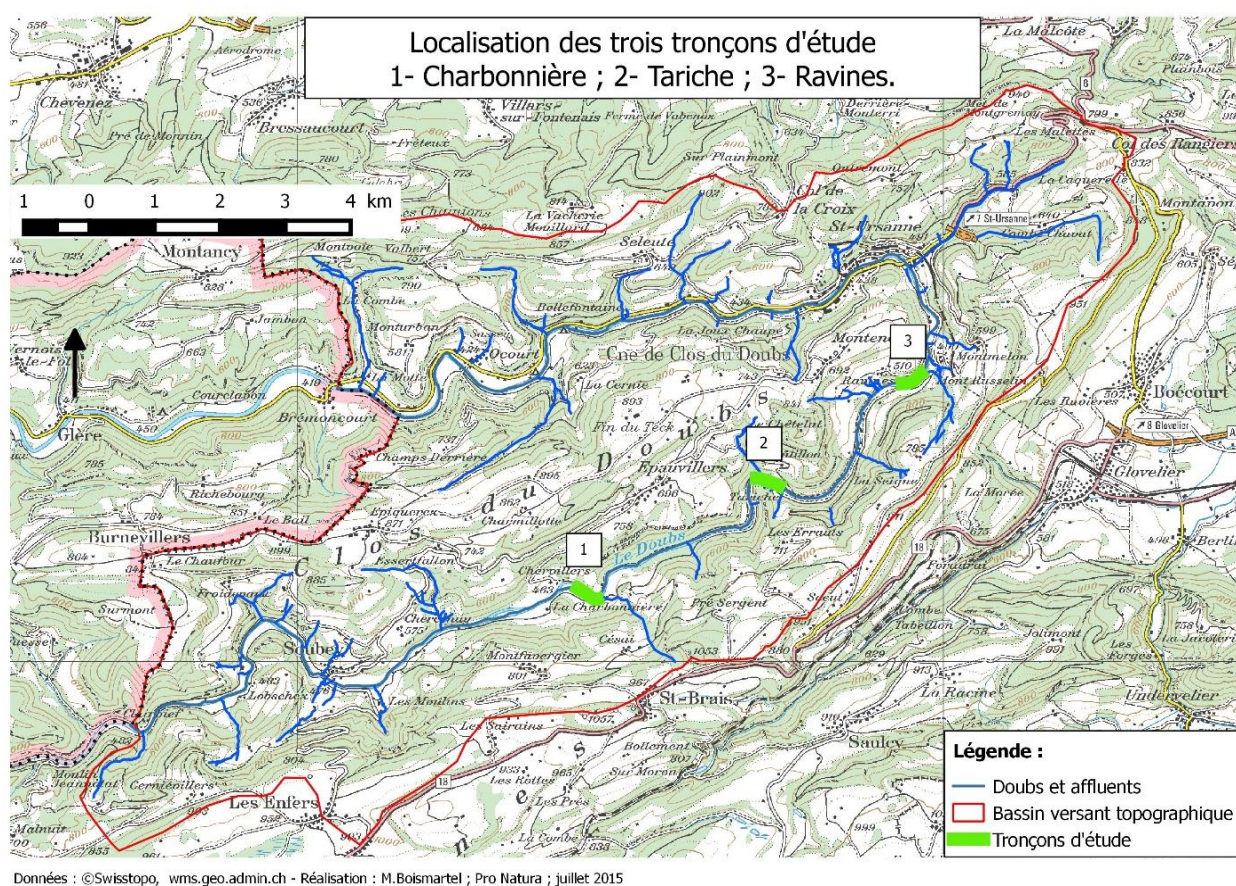


Figure 6 : carte de localisation des trois stations d'étude

Ces trois stations se situent dans la commune du Clos-du-Doubs et répondent : aux exigences d'échantillonnage, à la présence de l'apron ces dernières années, à une bonne accessibilité et une structure hydromorphodynamique des stations faiblement anthropisée.

Au niveau des trois stations retenues, le plan sectoriel des Eaux du Canton du Jura (RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA, 2010) définit une écomorphologie du Doubs de classe n°1, définissant un déficit faible de structure physique de la rivière. Ce classement confirme l'intérêt de ces stations.

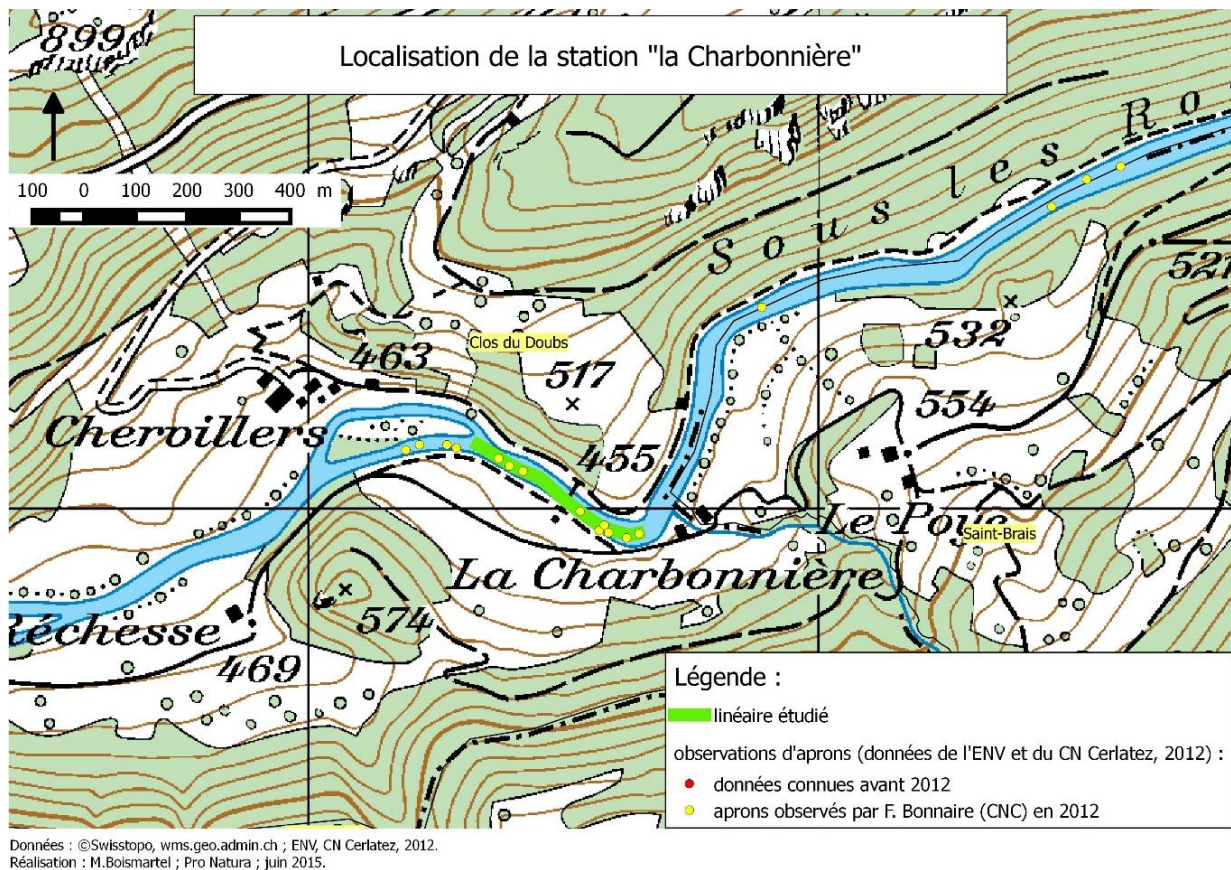


Figure 7 : carte et photo aérienne de localisation de la station La Charbonnière

Cette première station est caractérisée par une rypisylve équilibrée de part et d'autre du lit mineur du Doubs et d'une parcelle cultivée en maïs en 2015 en rive droite. La rive gauche se distingue par un environnement boisé et du pâturage. Seul élément anthropique de cette station concerne la passerelle au milieu de la station dont les pylones confèrent au site des perturbations hydromorphologiques non-discriminantes (diversification des écoulements).

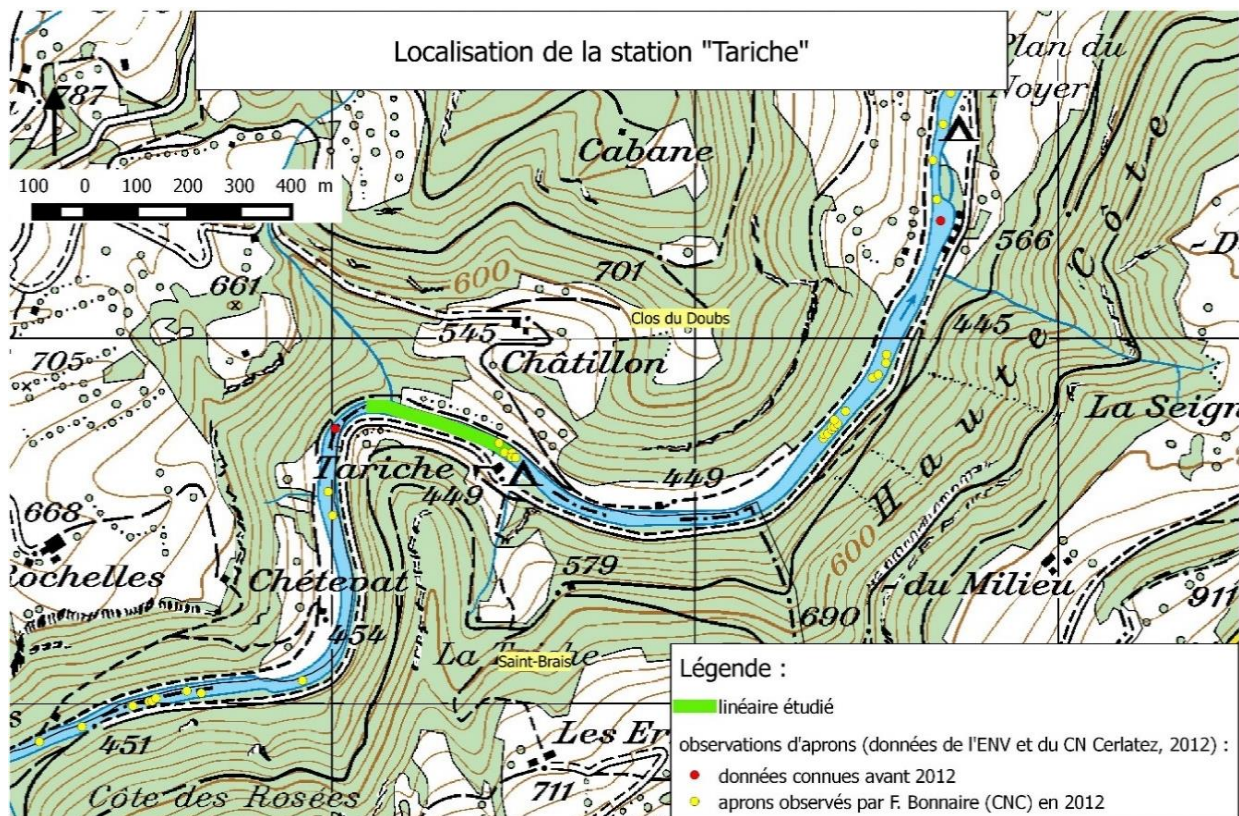


Figure 8 : carte et photo aérienne de localisation de la station Tariche

La station Tariche se situe juste en amont du camping du même nom afin d'éviter au maximum les perturbations anthropiques au droit du camp de vacances. La station reste le lieu d'une fréquentation estivale massive de canoës et de baigneurs mais ce critère a été retenu comme non-discriminant car la perturbation n'engendre pas de dégradation physique sur le tronçon retenu. L'environnement proche de la station se caractérise majoritairement par du pâturage et production de foin.

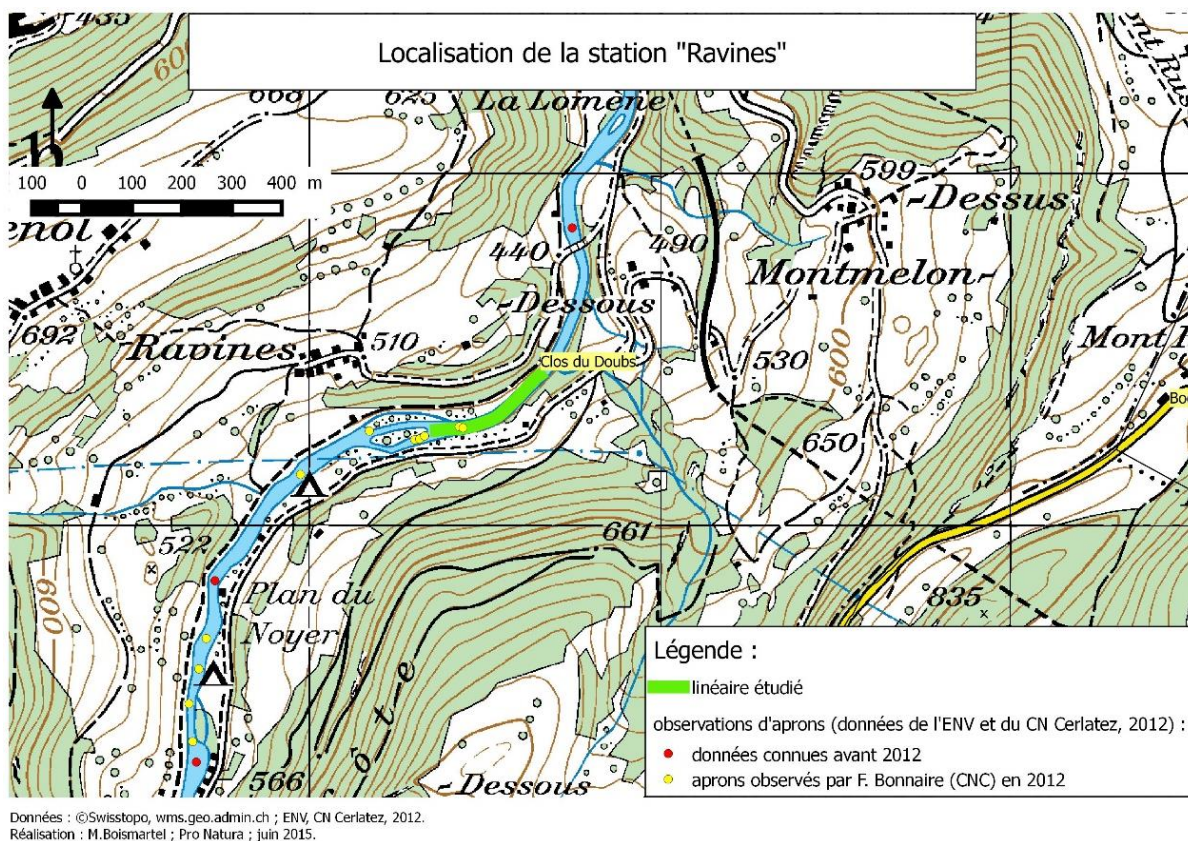


Figure 9 : carte et photo aérienne de localisation de la station Ravines

La station Ravines est la plus aval des trois. Elle se situe juste en aval du camping Plan du Noyer. Pâturage et production d'herbe d'affouragement (foins) sont les deux seuls types d'activités dans les champs aux abords de cette station. Une bande forestière constitue la rive droite et une partie de la rive gauche.

3. ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'HABITAT AQUATIQUE

a. MÉTHODE

Les combinaisons des vitesses, des hauteurs d'eau, et des substrats (ou supports végétaux) constituent les principaux critères de l'habitat aquatique. Un pôle d'attraction est défini par le triptyque substrat/vitesse/hauteur. Cette combinaison permet de définir avec précision les différents habitats piscicoles observés sur une station. Plus le nombre de pôle d'attraction est élevée, plus l'habitat piscicole est varié et hétérogène.

L'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) retenu pour ce diagnostic permet de chiffrer les capacités piscicoles associées à la structure physique des trois stations d'étude. Cet indice évalue l'attractivité globale de l'habitat pour les peuplements piscicoles. La démarche consiste à réaliser une cartographie codifiée de chacune des composantes hydromorphodynamiques et sédimentologiques, puis de considérer leurs combinaisons afin de quantifier l'hétérogénéité et l'attractivité de la station pour le poisson (TELEOS, 2002, modifié). Dans ce cas d'étude spécifique à l'apron, l'interprétation finale prendra compte des exigences physico-biologiques de l'espèce.

La hiérarchisation et la cotation de l'attractivité globale des substrats/supports ont été déterminées statistiquement sur plusieurs dizaines de rivières. Ces scores prennent en compte les exigences de l'ensemble des espèces piscicoles et intègrent donc l'ensemble des ressorts physiques nécessaires aux transferts trophiques (TELEOS, 2002). L'hospitalité d'accueil est considérée pour différents stades, différentes espèces, différentes exigences de chaque espace (nutrition, reproduction, caches/abri, circulation/transition...) (TELEOS, 2002) et n'est pas seulement spécifique à l'apron. C'est surtout la taille des anfractuosités servant de support ou de cache aux poissons (ainsi qu'à leur nourriture) qui est prise en compte (TELEOS, 2002).

Sur le terrain, des transects sont réalisés, et des mesures de profondeur et de vitesse sont effectuées de manière à encadrer les ruptures de pente du lit et les zones d'accélération du courant. Pour obtenir les données brutes à chaque station, les hauteurs et vitesses d'eau sont mesurées sur des transects à l'aide d'une jauge graduée, d'un courantomètre et d'un décimètre laser.

Les cartographies sont réalisées avec le logiciel QUANTUM-GIS, en reliant les lignes d'isovitesses et d'isop profondeurs, ainsi qu'en délimitant le recouvrement de chacun des substrats. Un géo-référencement dans un système de projection non-terrestre permet d'obtenir les surfaces de chaque composante de l'habitat avec précision (TELEOS, 2002). Les cartographies des trois descripteurs sont ensuite superposées. La combinaison d'un substrat, d'une vitesse et d'une hauteur d'eau définit alors un pôle d'attraction.

hauteur	classe	vitesse	classe
<5cm	1	<10cm/s	1
6-20cm	2	11-40cm/s	2
21-70cm	3	41-80cm/s	3
71-150cm	4	81-150cm/s	4
>150cm	5	>150cm/s	5

Figure 10 : classes des hauteurs et des vitesses d'eau (DEGIORGI et al., 2002)

Les substrats homogènes sont cartographiés à l'échelle. Seul le substrat le plus attractif est représenté par un recouvrement minimum de 25% dans la placette. Les substrats sont accompagnés de leur indice d'attractivité pour la faune piscicole, permettant ainsi de calculer un indice d'attractivité morphodynamique (IAM).

Substrat (code)	Attractivité	Remarques bibliographiques sur l'habitat de l'apron
Branchages, grosses racines (BRA)	100	juvénile stade pélagique +
Sous berges (BER)	90	juvénile stade pélagique +/-
Hydrophytes immergées (HYI)	80	juvénile stade pélagique ++
Sources, résurgences, affluents (AFF)	70	
Blocs avec cache (BLO)	60	adulte stade benthique +/-
Galets (GAL)	50	adulte stade benthique ++
Hélophytes (HEL)	40	
Chevelus racinaires, végétations rases (CHV)	40	juvénile stade pélagique +
Blocs sans anfractuosités (BLS)	30	
Galets et graviers mélangés (GGR)	25	adulte stade benthique et reproduction +++
Graviers (GRA)	20	adulte stade benthique et reproduction ++
Galets pavés (GLS)	10	adulte stade benthique +/-
Litières organiques (LIT)	10	juvénile stade pélagique ++
Sables (SAB)	8	juvénile stade pélagique +/-
Éléments fins, limons, vases (FIN)	4	
Dalles, surfaces indurées sans caches (DAL)	1	

Figure 11 : catégorie de substrat et indice d'attractivité respectif (TELEOS, 2002, modifié)

Au sujet des éléments colmatants, il n'y a pas de code habitat à proprement-dit, ceux-ci sont indiqués en substrat secondaire dans les tables cartographiques (que ce soit des algues, diatomées ou concrétions calcaires), afin de différencier les zones de sédimentation naturelle des secteurs qui voient leur habitabilité potentielle réduite par des pollutions physiques ou organiques (TELEOS, 2002).

Si du colmatage est relevé sur la station alors la carte des substrats non colmatés sera adjointe à une carte des substrats colmatés. Le code initial des substrats sera remplacé par le code DAL pour pénaliser au maximum la situation. Ainsi la cote d'attractivité est réduite à 1 contre 50 si ce sont des galets propres relevés (code DAL contre GAL). La comparaison de ces deux cartes permettra d'évaluer au mieux les effets dégradants de la pollution de l'eau sur la qualité d'habitat piscicole en particulier pour l'analyse de la qualité d'habitat de l'apron.

L'IAM 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.

Les résultats obtenus par station seront restitués synthétiquement par l'IAM suivant :

$$IAM = \left[\sum (S_i \times Attract.(subs.)) \right] \times Var(subs) \times var(h.e) \times Var(v.)$$

Où : v. : vitesse

h.e : hauteur d'eau

subs. : Substrat/support

Attract. : Attractivité des substrats/supports

S_i : proportion en surface de chaque substrat présent

- **Var = variété :**

Nombre de catégories (de substrats/supports) ou de classes (de vitesses et de profondeurs) pour chacune des composantes de la qualité des mosaïques d'habitat.

Dans le texte, $\left[\sum (S_i \times Attract.(subs.)) \right]$ sera appelé indice d'attractivité, puisqu'il dépend de l'attractivité des substrats en place et de leur surface respective.

Les valeurs de l'IAM obtenues font l'objet d'une comparaison spatiale avec l'IAM de référence déterminée pour la largeur de la station considérée. L'approche cartographique permet une appréciation fine de la qualité de l'habitat, notamment sa capacité d'accueil pour l'apron, comme tout autre poisson.

Largeur (m)	0.5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	40
IAM optimal	1600	2400	3600	6200	7720	8800	9750	10400	11470	12060	13550

Figure 12 : valeurs expérimentales de référence de l'IAM en fonction de la largeur moyenne du lit mineur

b. DONNÉES HISTORIQUES

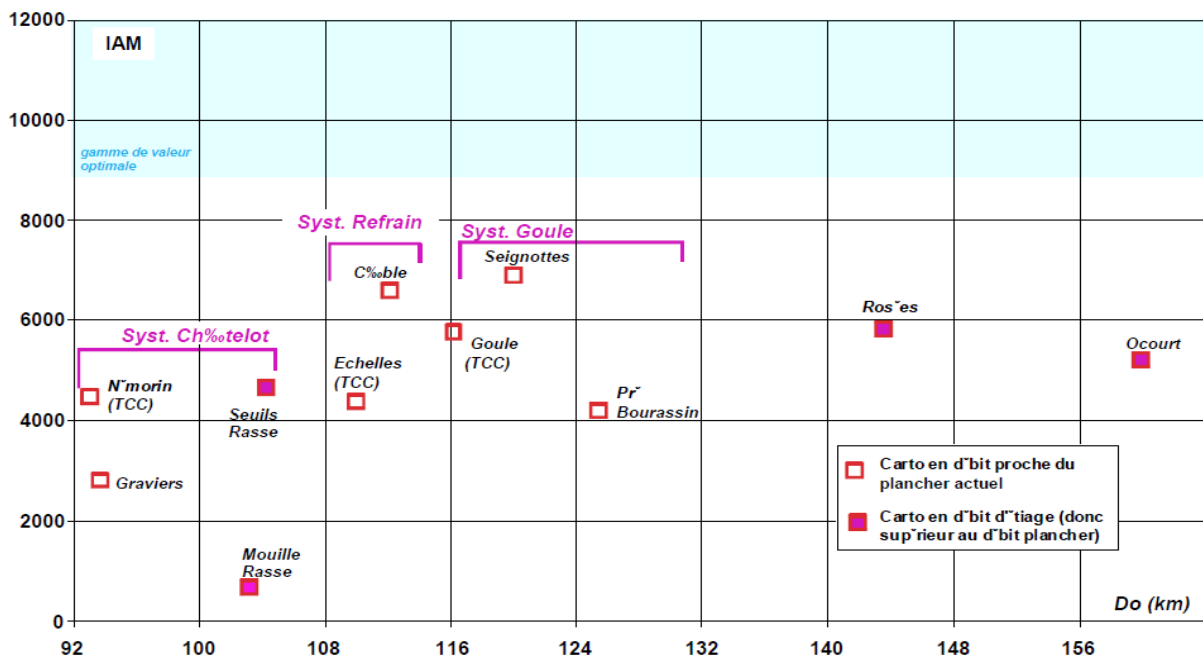


Figure 13 : données historiques de mesures de capacités habitationnelles (Uni. Franche Comté, TELEOS, 2005)

Bien que ce diagnostic TELEOS de 2005 n'ait pas été réalisé sur la boucle jurassienne du Doubs, ces données renseignent de l'altération physique du tronçon frontalier juste en amont du tronçon d'étude dix ans auparavant.

Par ailleurs, ces données historiques sont significatives car l'hydromorphodynamie, la sédimentologie et la distribution spécifique du périmètre d'étude restent influencées par le fonctionnement global du tronçon frontalier amont.

Ces données historiques TELEOS montraient en 2005 une réduction de 25 à 65% des capacités habitationnelles optimales du Doubs franco-suisse, plus exactement sur des stations se retrouvant respectivement en aval du Châtelot, du Refrain et de la Goule.

c. CONDITIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

Les relevés IAM ont eu lieu le lundi 31 août 2015 en conditions favorables d'échantillonnage : étiage extrême (débit à 3,30m³/s et turbidité nulle). Les exigences protocolaires étaient réunies pour diagnostiquer la qualité d'habitat piscicole des trois stations retenues. La clarté et les basses eaux ont favorisé la précision de lecture des substrats et ont même permis d'observer un apron adulte à la station Ravines.

Réaliser l'échantillonnage dans ces conditions représente un intérêt majeur sur le plan méthodologique car ces conditions estivales, ciblées dans cette étude, apportent les données les plus défavorables de l'année sur le plan physique (colmatage, débits et vitesses faibles, températures d'eau élevées) et, par conséquent, sur le plan biologique.

4. RÉSULTATS

a. LA CHARBONNIÈRE

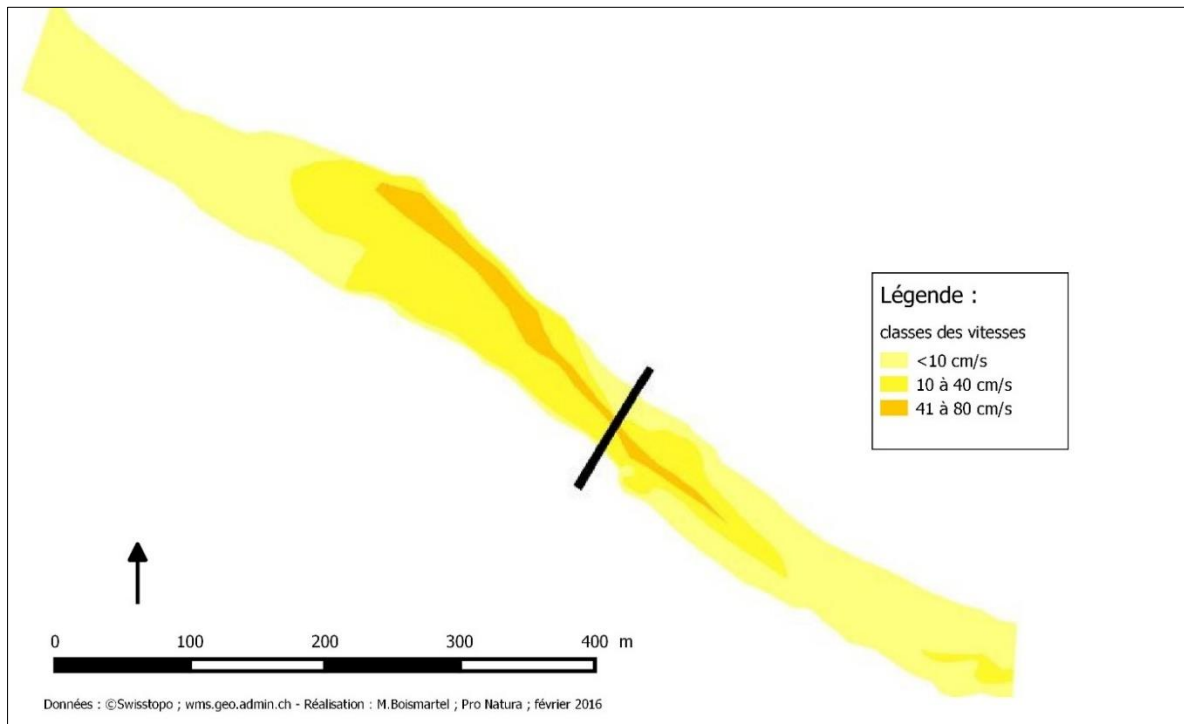


Figure 14 : carte IAM des classes des vitesses de la station amont

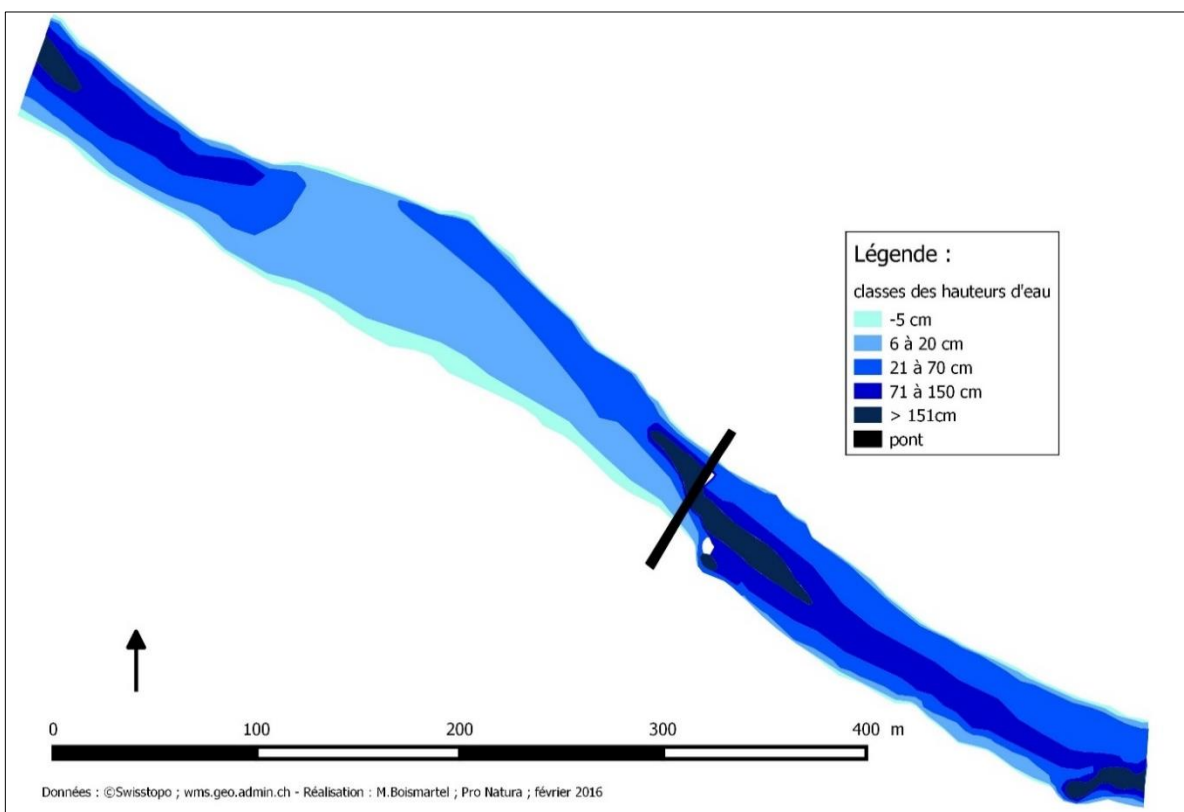


Figure 15 : carte IAM des hauteurs d'eau de la station amont

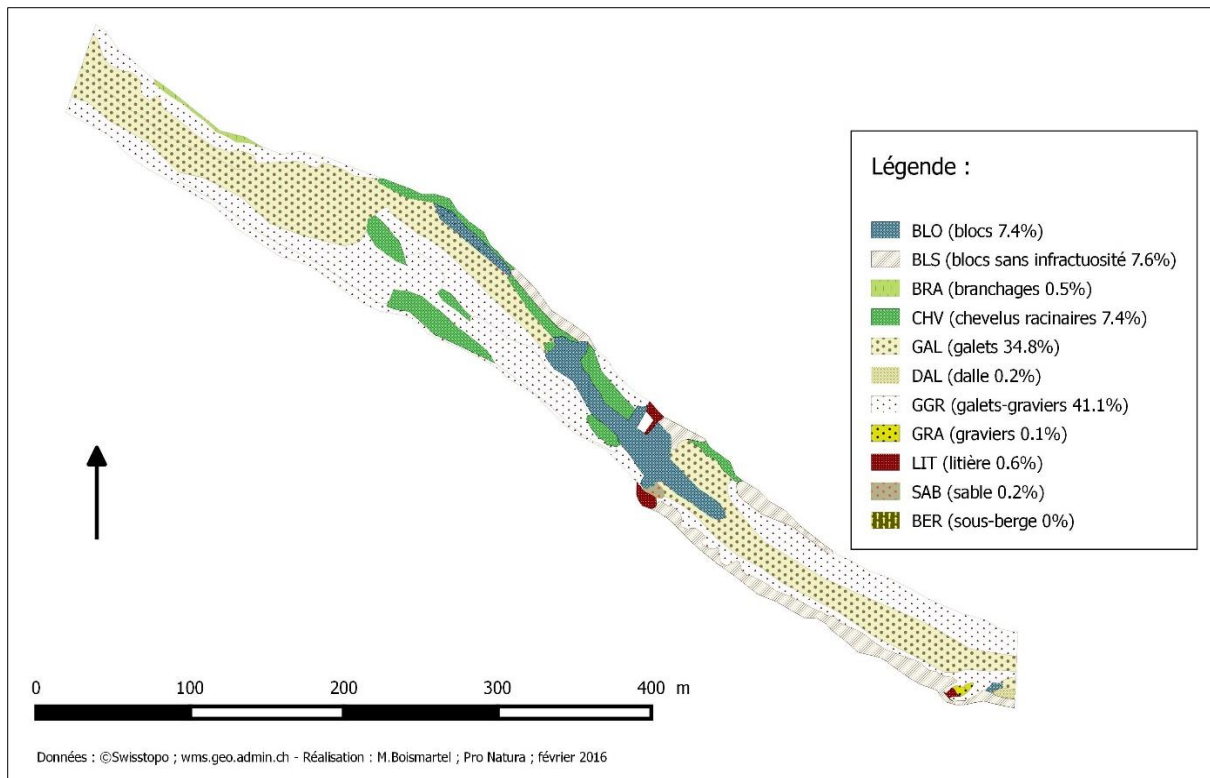


Figure 16 : carte IAM des substrats naturels de la station amont

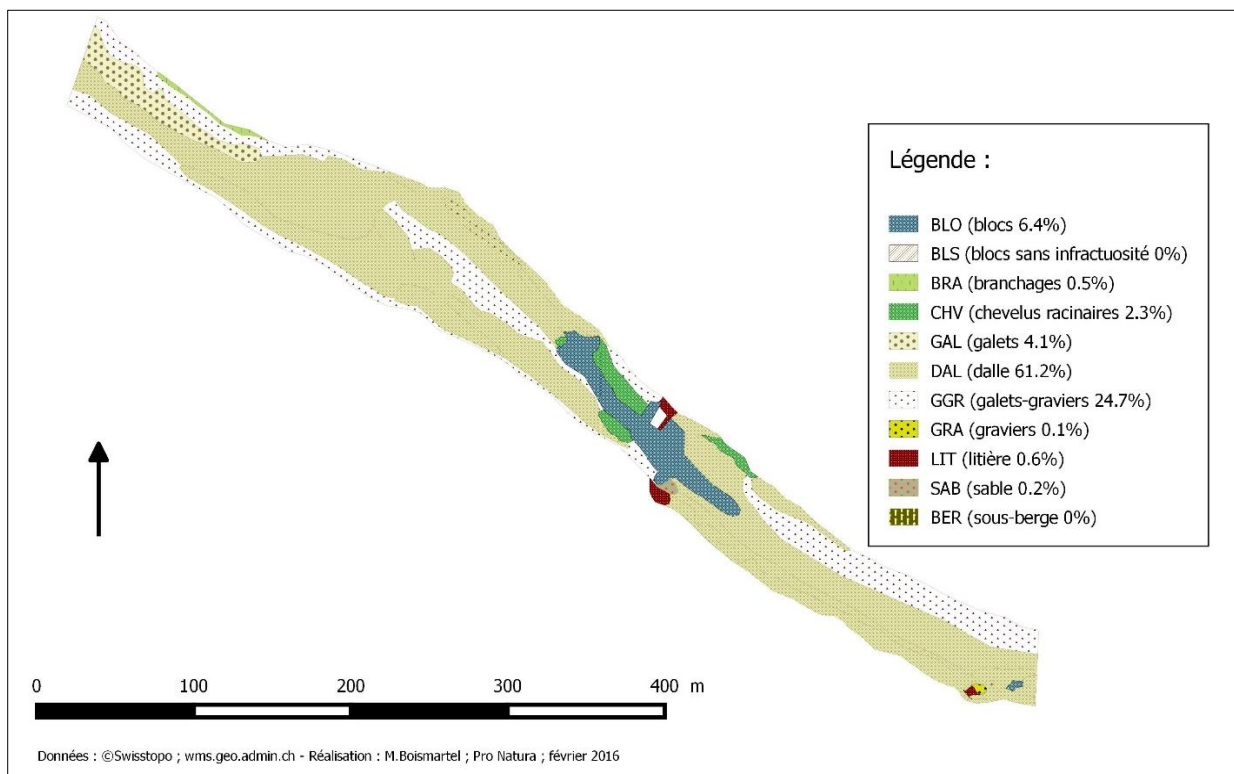


Figure 17 : carte IAM des substrats colmatés de la station amont

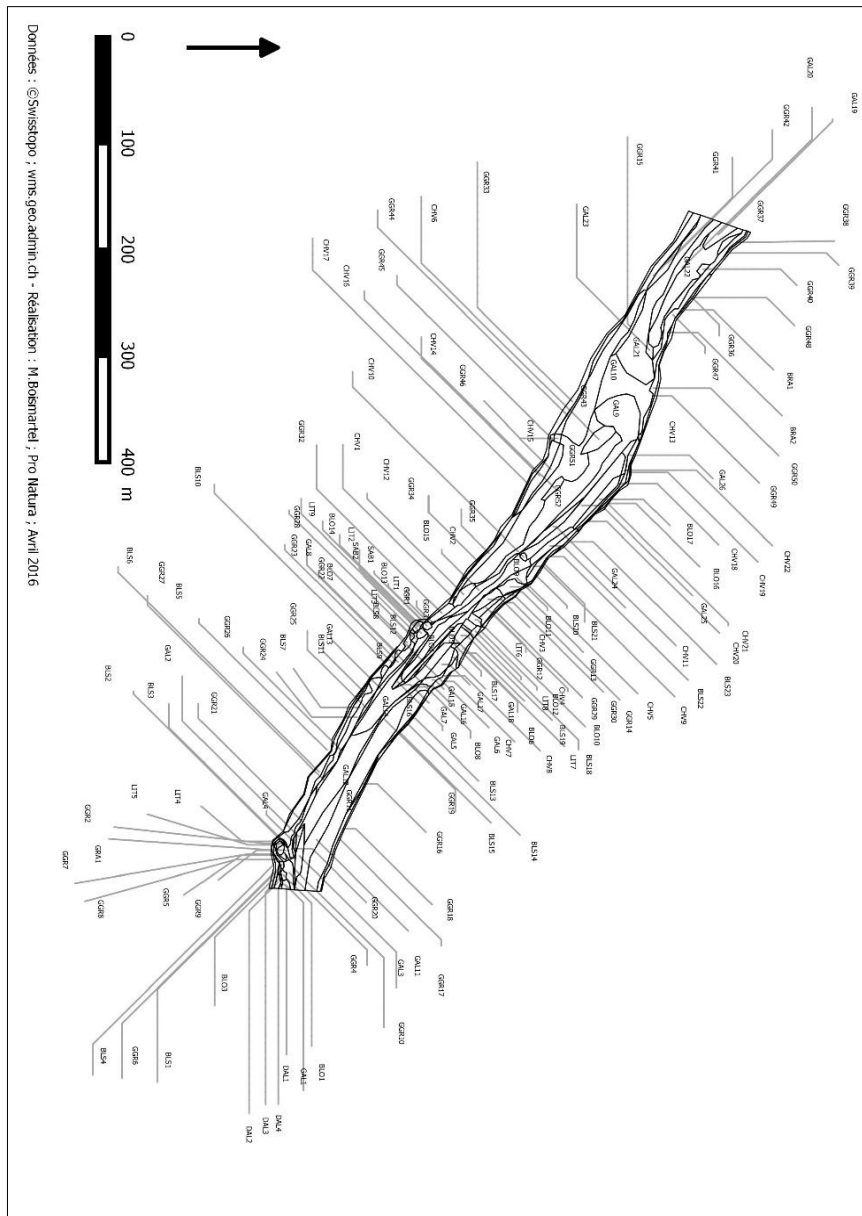


Figure 18 : carte IAM des pôles d'attraction de la station amont (hors colmatage)

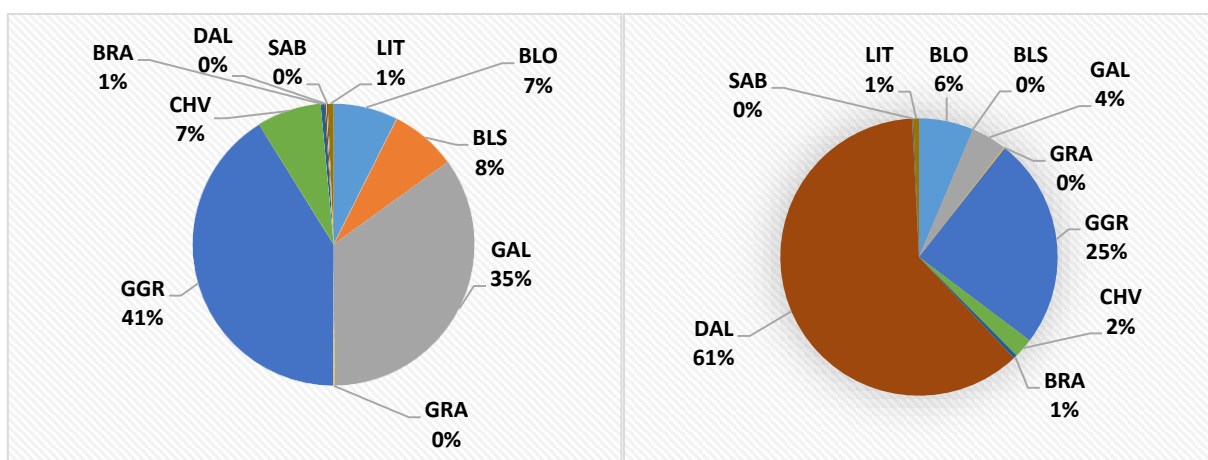


Figure 19 : recouvrement des substrats naturels (gauche) et du colmatage (droite) de la station amont (%)

b. TARICHE

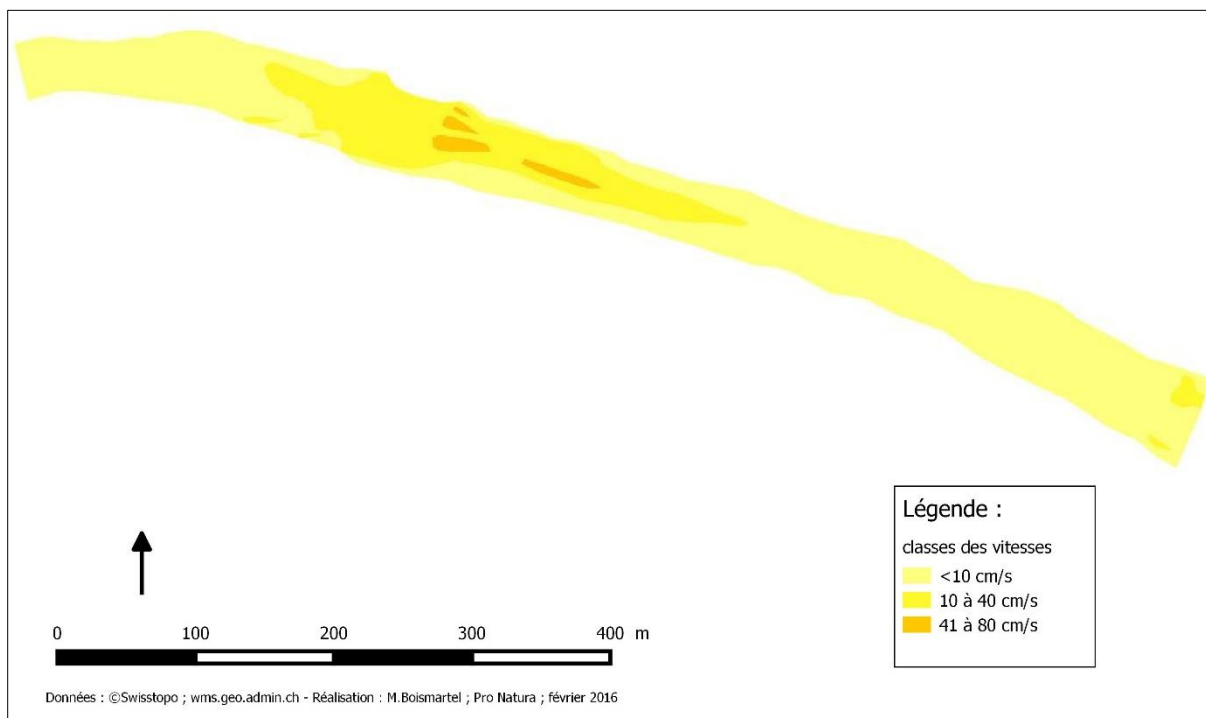


Figure 20 : carte IAM des classes des vitesses de la station médiane

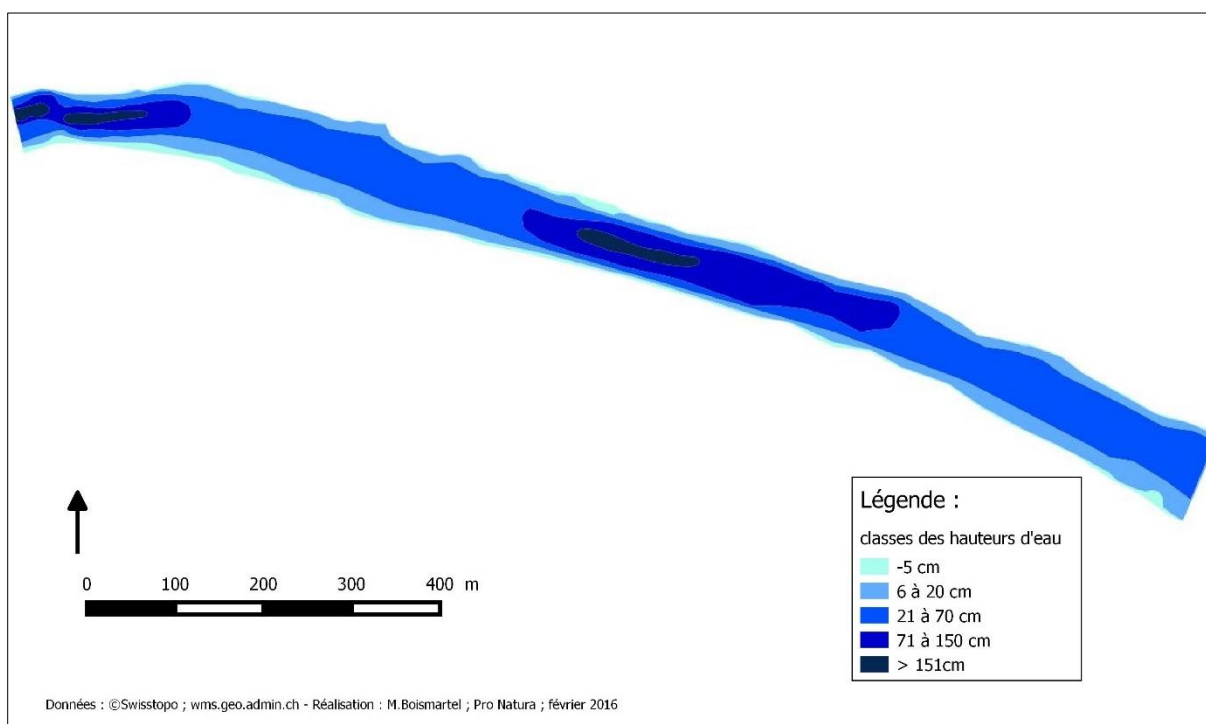


Figure 21 : carte IAM des hauteurs d'eau de la station médiane

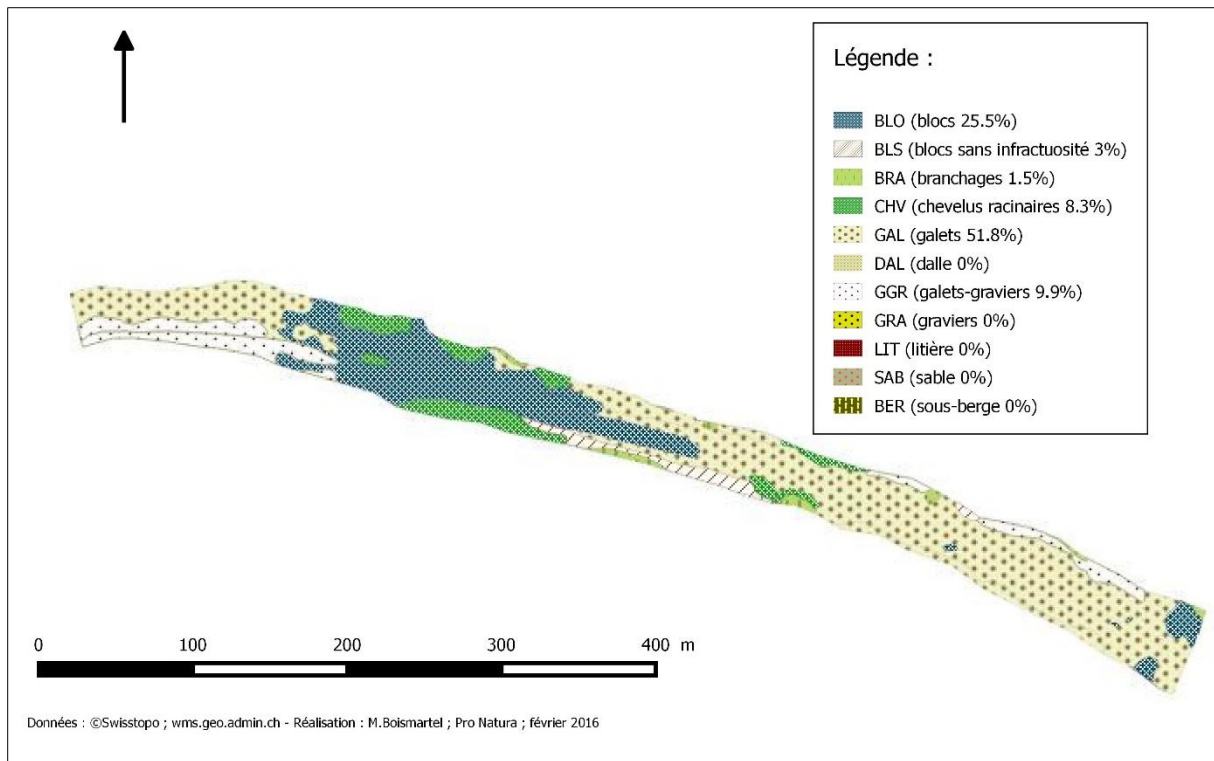


Figure 22 : carte IAM des substrats naturels de la station médiane

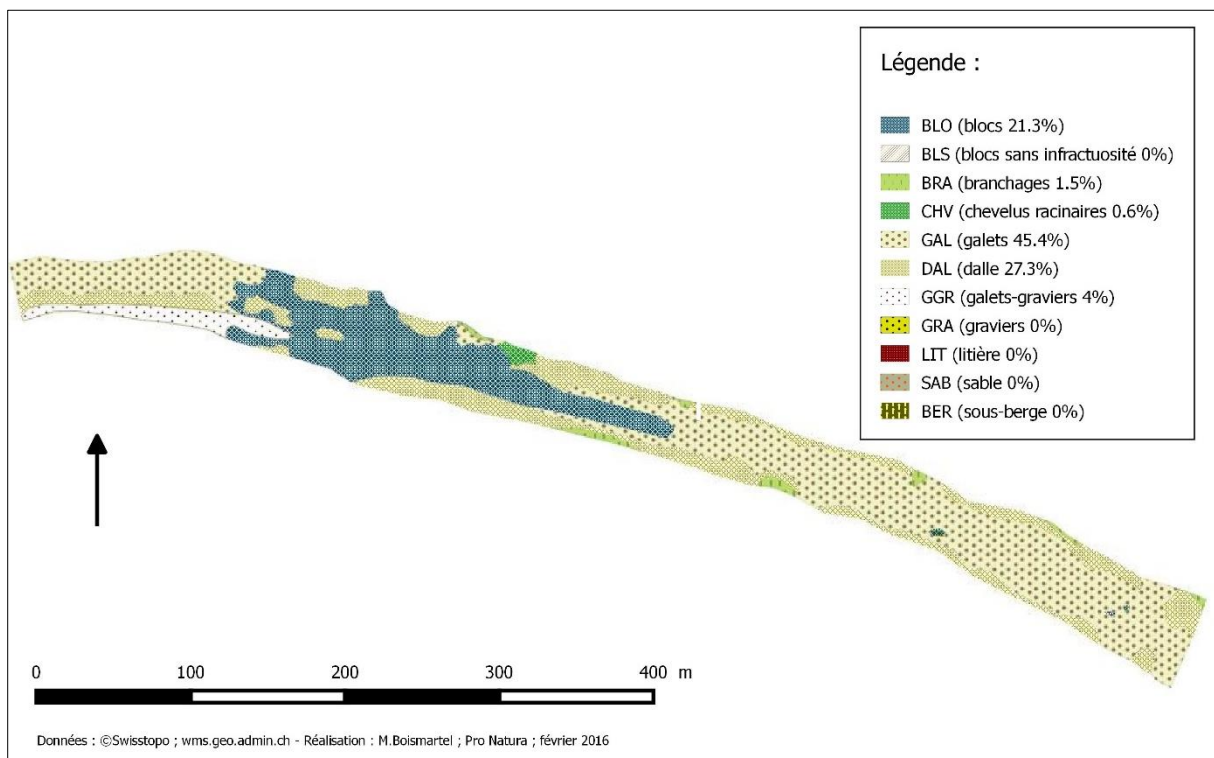
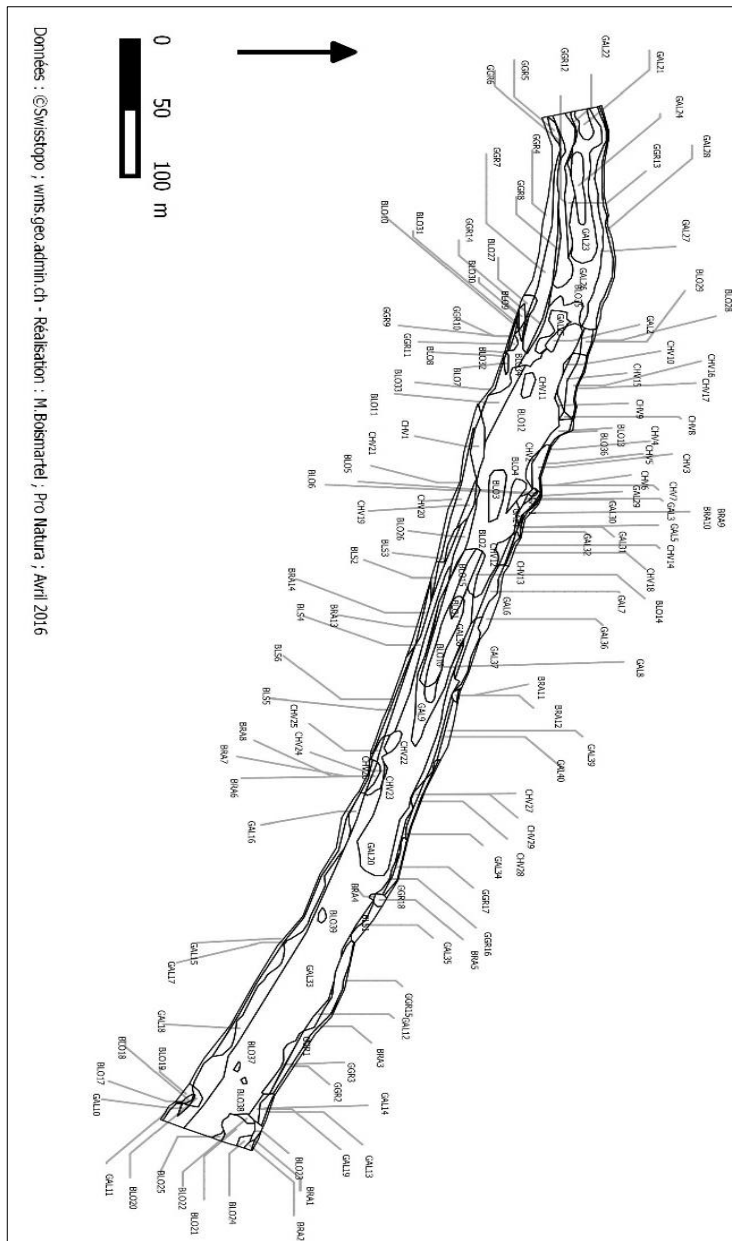


Figure 23 : carte IAM des substrats colmatés de la station médiane



Données : ©Swisstopo ; wms.geo.admin.ch - Réalisation : M.Boismartel ; Pro Natura ; Avril 2016

Figure 24 : carte IAM des pôles d'attraction de la station médiane (hors colmatage)

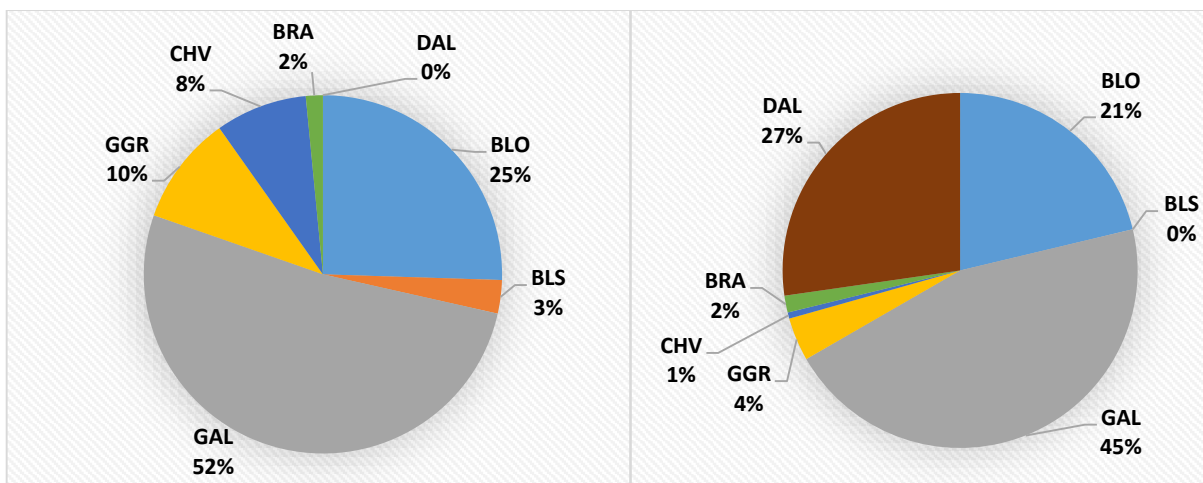


Figure 25 : recouvrement des substrats naturels (gauche) et du colmatage (droite) de la station médiane (%)

C. RAVINES

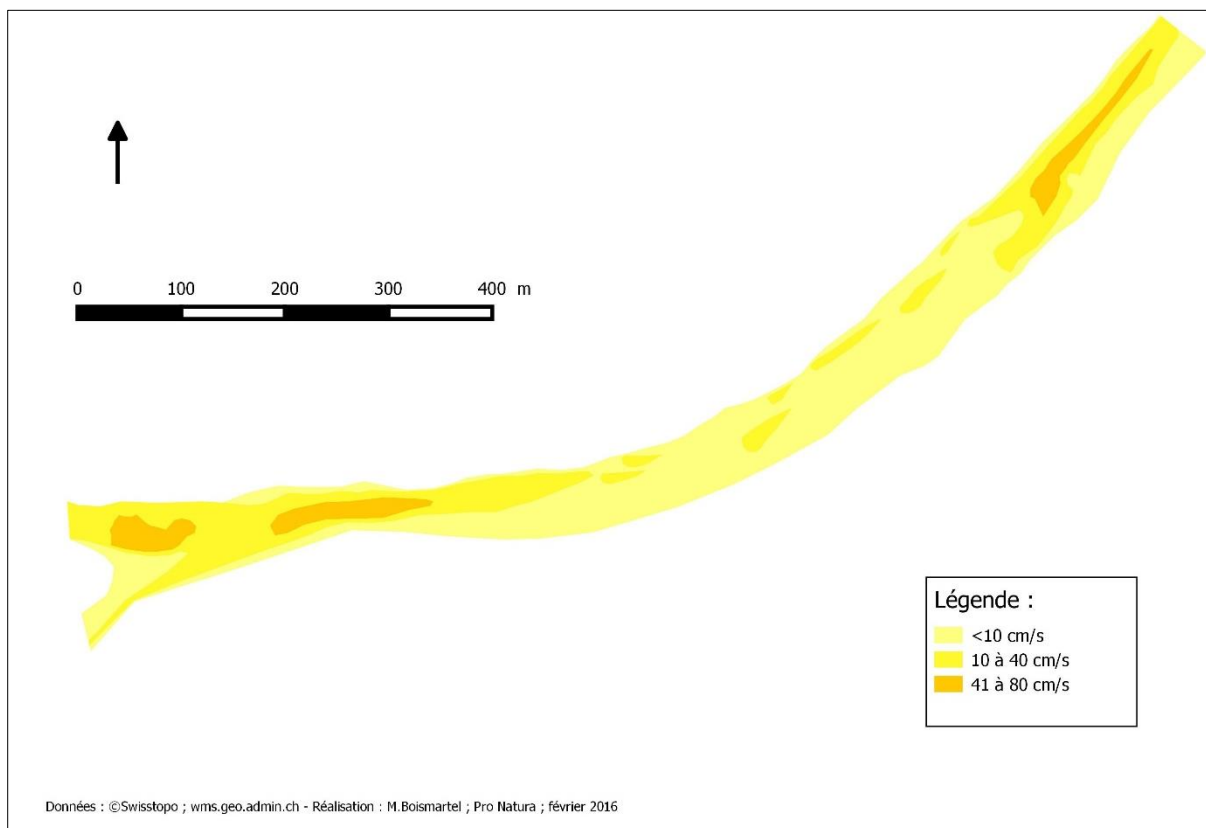


Figure 26 Carte IAM des classes de vitesse de la station aval

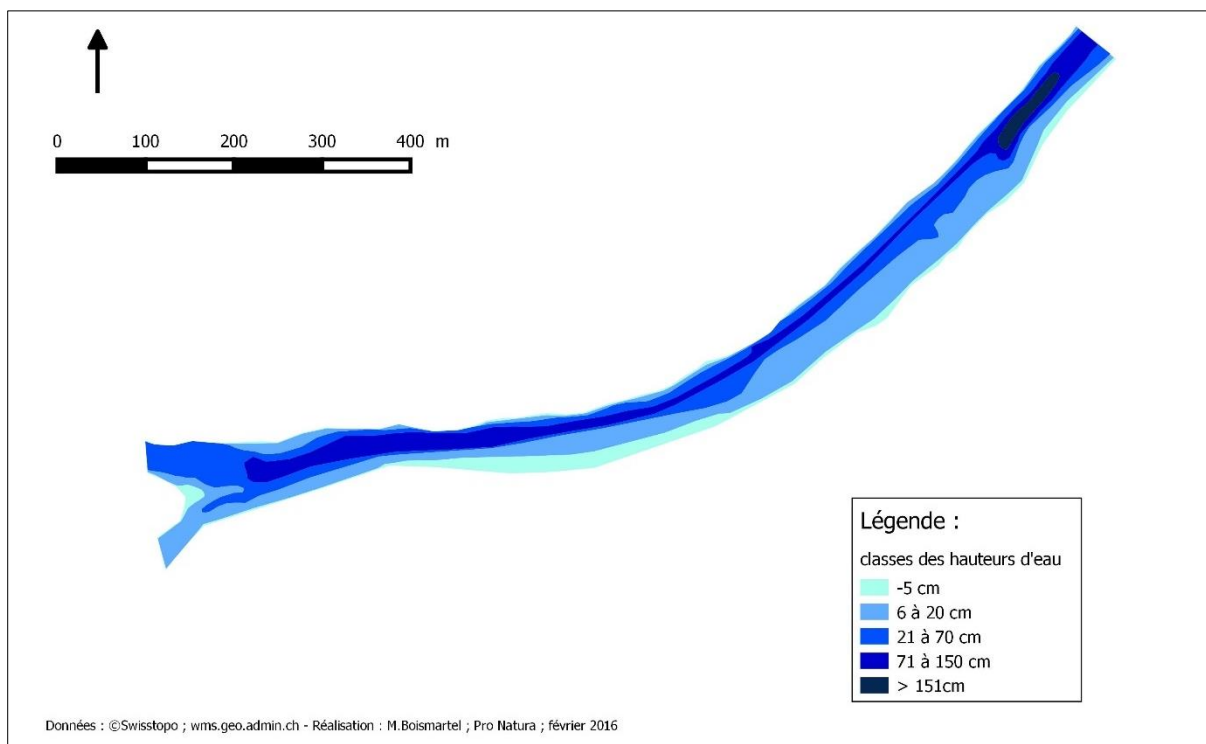


Figure 27 : carte IAM des hauteurs d'eau de la station aval

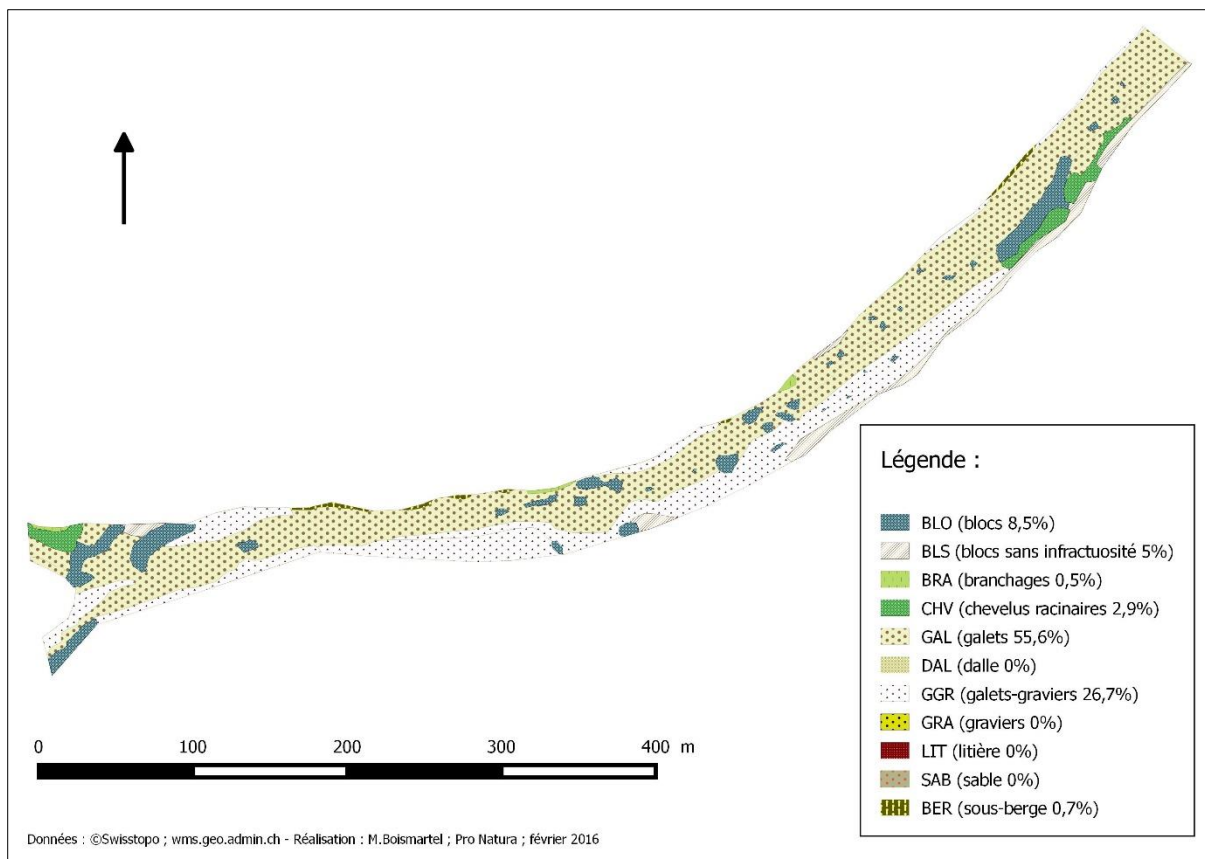


Figure 28 : carte IAM des substrats naturels de la station aval

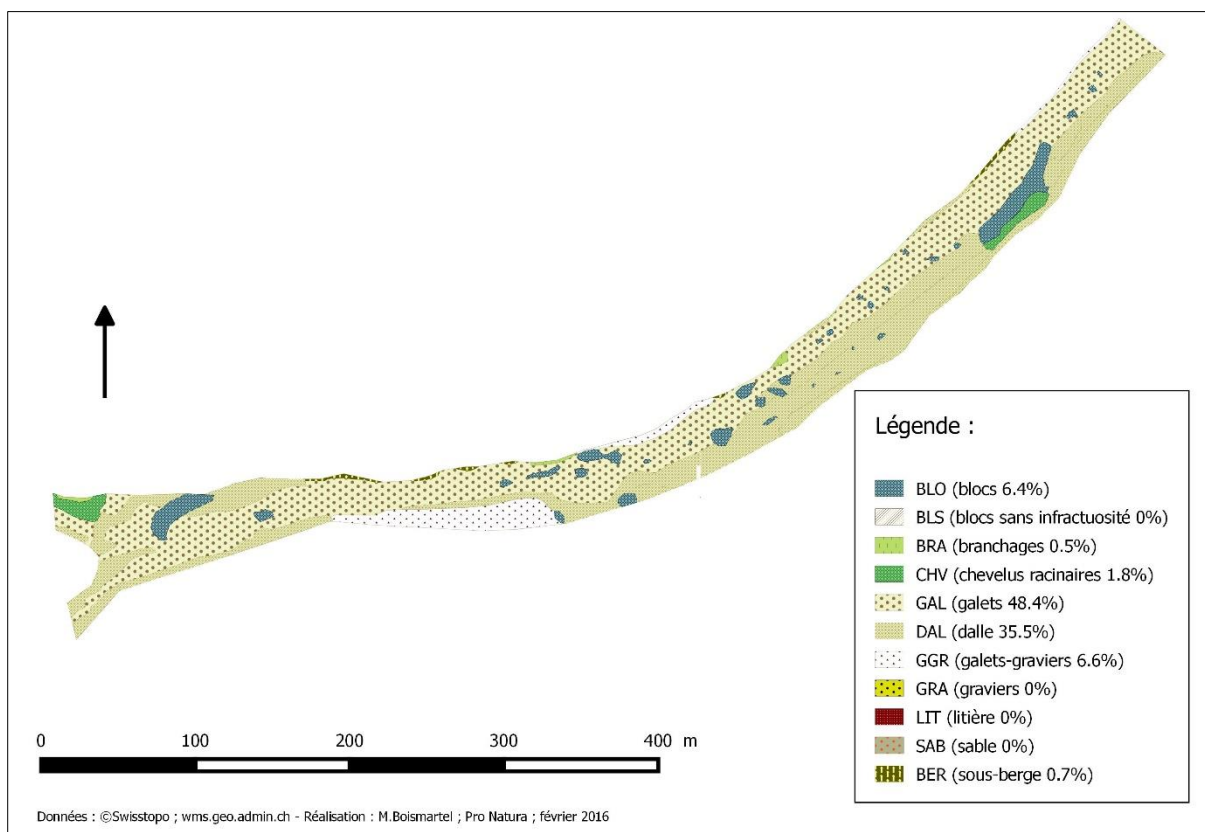


Figure 29 : carte IAM des substrats colmatés de la station aval

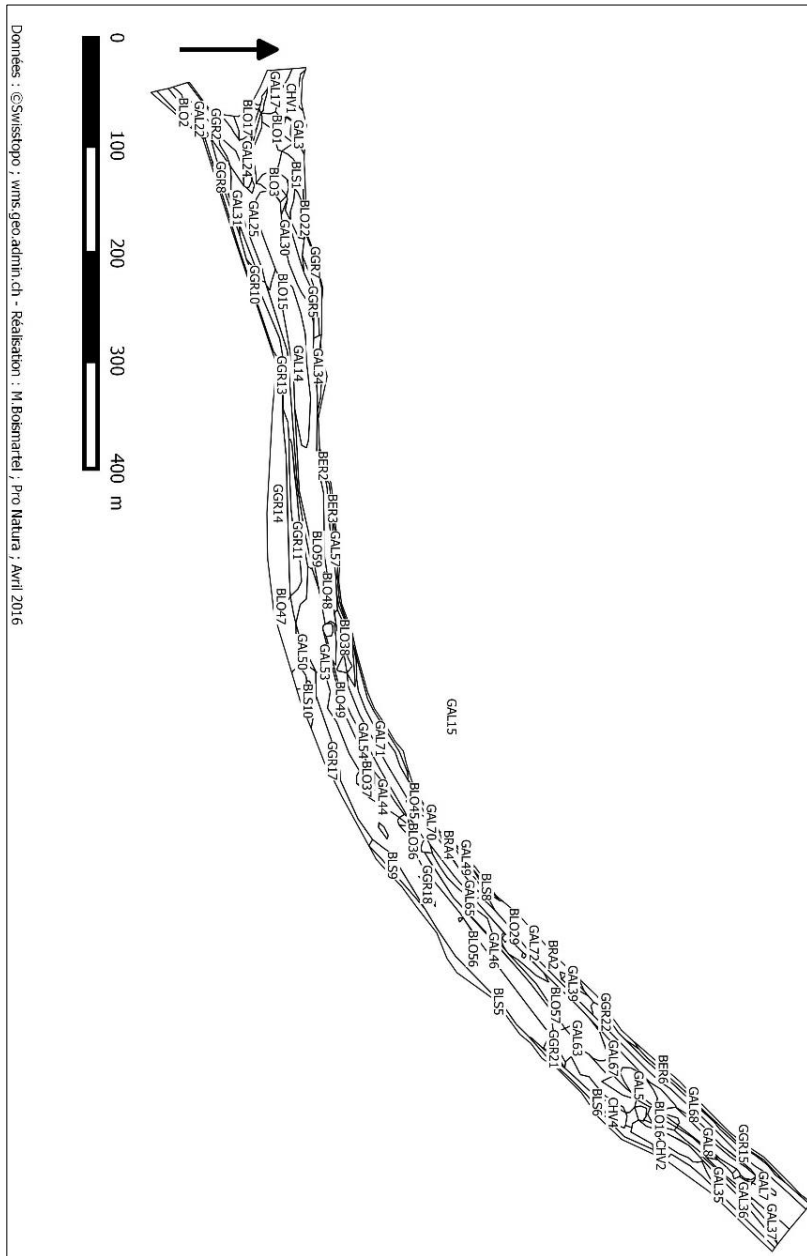


Figure 30 : carte IAM des pôles d'attraction de la station aval (hors colmatage)

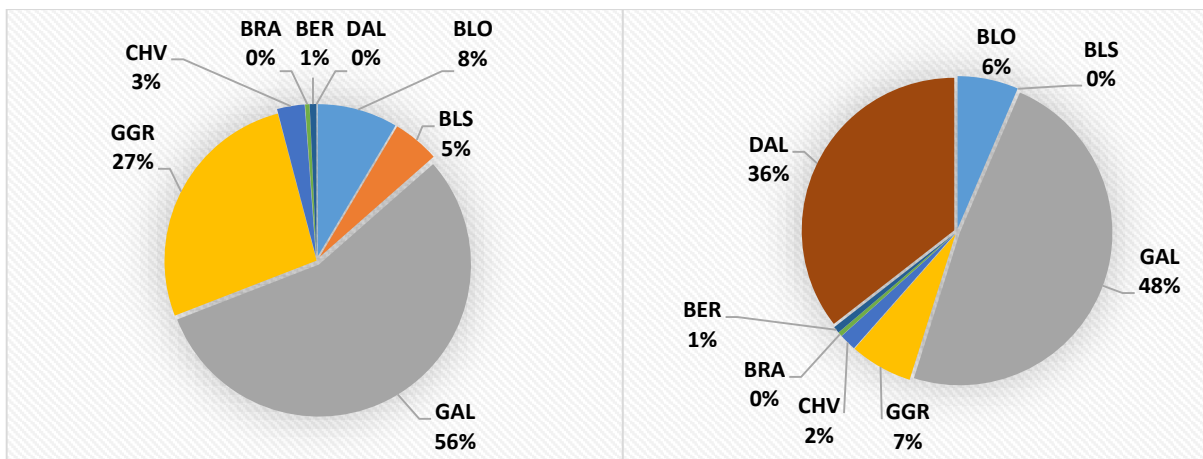


Figure 31 : recouvrement des substrats naturels (gauche) et du colmatage (droite) de la station aval (%)

stations	largeur moy.(m)	longueur (m)	surface (m ²)	IAM	IAM	IAM
				SUBSTRATS NATURELS	référence	SUBSTRATS COLMATES
La Charbonnière	21	360	7560	10203,95	12120	3420,03
Tariche	20	370	7400	10068,19	12060	7839,63
Ravines	22	390	8190	11563,81	12300	9723,21

stations	Nb de pôles d'attraction	Nb de pôles d'attraction	type de pôles	type de pôles APRES	Indice d'attractivité	Indice d'attractivité	% de colmatage
	NATURELS	COLMATAGE	NATURELS	COLMATAGE	NATUREL	COLMATAGE	
La Charbonnière	155	72	58	35	68,02	25,3	61,2
Tariche	146	82	52	31	111,87	87,1	27,3
Ravines	180	126	61	36	110,13	81,03	35,5

Figure 32 : caractéristiques des stations et scores obtenus

d. ANALYSE DE LA QUALITÉ D'HABITAT DES TROIS STATIONS

Les trois stations présentent des petites ruptures de pente et leur confèrent une bonne alternance des vitesses, ces dernières n'excédant pas 80cm/s.

La gamme des vitesses préférentielles de l'apron est comprise entre 40 à 80cm/s selon D. VALLOD (1999), dans Gestion des populations d'apron- Bilan 1994-1998 des études préalables au programme LIFE. En condition d'étiage, ces vitesses préférentielles ont été mesurées sur les trois stations mais avec une dominance moyenne inférieure à 40cm/s. Les zones d'accélération du courant sont nettement favorables à l'apron pour autant que les hauteurs d'eau et le substrat correspondent à ces exigences.

La majorité des bordures sur les trois stations sont lenticulaires et confèrent des vitesses adaptées aux juvéniles d'apron. Cela étant, ces données relevées fin août, les juvéniles sont, à cette époque précise de l'année, probablement déjà dans des habitats comprenant des vitesses de 40 à 80cm/s.

Les hauteurs mesurées sur ces trois stations sont également diversifiées où résident une alternance marquée de radiers, fosses et plats lents peu profonds. La faiblesse globale des vitesses et des hauteurs s'explique principalement par le débit du Doubs, au jour de l'échantillonnage, le plus faible de l'année 2015.

D'après le rapport de D. VALLOD (1999), le microbiotope des juvéniles et jeunes adultes est situé dans le chenal lotique du cours d'eau à vitesse de 0,4 à 0,8 m/s et 0,5 à 1 m de profondeur. Les gros spécimens (surtout femelles) reposent à découvert dans les fosses ou plat lenticulaire supérieur à 1.20m de profondeur.

Toutes ces caractéristiques de vitesses et de profondeurs de l'apron ont été relevées et constituent la majorité de la surface cumulée sur les zones lotiques des trois stations. La station de Ravines se démarque des deux autres par la qualité (propreté) du substrat relevé dans les zones précitées.

Toujours d'après VALLOD (1999), l'apron affectionne les milieux diversifiés, où alternent les zones de courants, de calmes. Les adultes résident préférentiellement sur substrat de gravier et galets moyens.

Les alevins de l'année (4-8 cm) sont d'abord en bordure (sous-berges, bordure de vasques, branchages, litières), puis mêlés individuellement aux alevins de goujon et de barbeau commun sur des radiers composés de galets et graviers. Ces types de substrat sont très nettement relevés sur les trois stations d'étude, ce qui témoigne du potentiel d'accueil remarquable de ces stations, nécessaire aux exigences habitationnelles de l'apron.

La station aval présente un IAM (en substrats naturels) plus fort que les stations amont et médiane. Cette caractéristique recoupe l'affirmation déjà évoquée précédemment d'une capacité d'accueil naturellement plus favorable à l'ichtyofaune dans la station Ravines par rapport aux deux autres même si à surface égale, les trois stations obtiennent des notes IAM proches de la référence. Malgré un IAM (substrats naturels) plus faible qu'à Ravines, la station Tariche possède naturellement une mosaïque d'habitat diversifié, tout comme la station amont.

En comparaison avec les indices calculés avec colmatage, ceux qui témoignent du vrai potentiel d'accueil relevé, les scores sont nettement amoindris, montrant un déficit de la qualité physique et confirmant une qualité d'habitat aquatique dégradée sur les trois stations. Il a été mesuré un colmatage des substrats de 61.2% à la Charbonnière rabaisant l'indice d'attractivité morphodynamique à 3420 au lieu de 10204. A Tariche, 27.3% de la surface était colmaté alors qu'à Ravines, le colmatage des substrats a été constaté sur plus de 35% de la station.

Certes, ces mauvais scores peuvent en partie s'expliquer par la quasi absence de sous berges en eau alors que le débit lors de l'échantillonnage ne permettait pas de mettre en avant ces habitats déconnectés de la section mouillée mais c'est surtout le colmatage des substrats dominants et préférentiels de l'apron, comme les galets et les mélanges galets/graviers souvent recouverts par des concrétions calcaires ou par des développements algaux, qui sanctionnent la qualité physique des stations étudiées. Le colmatage réduit l'attractivité de ces substrats surtout lorsque les concrétions calcaires forment des dalles tufeuses sans anfractuosités.

La majorité des substrats colmatés ne sont pas nécessairement ceux se situant dans des hauteurs d'eau faibles mais ce sont surtout ceux qui présentent une rugosité forte (bryophytes, graviers, galets, litière, bloc sans anfractuosités) et une vitesse d'eau généralement inférieure à 50cm/s. Le colmatage végétal et minéral du substrat est la seule source de perturbation physique de l'habitat aquatique rencontrée sur les trois stations d'étude.

Seul, à Tariche, les traces visibles du tourisme local (baignade, canoé, ...) ont un impact positif sur le colmatage du substrat type galets et graviers, par une remobilisation fréquente des sédiments liée au piétinement ou par simples retournements localisés. Il est certain qu'au sujet du colmatage des substrats, les activités nautiques n'ont pas d'effets négatifs et qu'elles apportent localement des conditions favorables à la propreté des fonds de la rivière, sans pour autant prédire si c'est précisément grâce à ces activités, que l'ichtyofaune y trouve des conditions favorables à son établissement. D'autres paramètres peuvent entrer en ligne de compte et dépassent le cadre de cette étude (possible manque de quiétude, stress, impact sur la ressource alimentaire, source de micropollution, ...).

Bien que l'apron se pose préférentiellement à la rupture de pente (en tête de radiers) ou dans des plats courants dans lesquels l'habitat aquatique est relativement indemne de dégradation, le colmatage des substrats amoindrit considérablement la surface disponible en habitat sur les stations étudiées. Ce colmatage est majoritairement végétal en amont et minéral en aval. Ce constat peut s'expliquer par des conditions variables de l'amont vers l'aval comme le débit, la température, les apports et la consommation des nutriments, l'espèce de cyanobactérie à l'origine du tuf, ... Le protocole de cette étude ne permet pas de mettre en exergue les explications liées à ce phénomène.

Le colmatage du substrat n'est pas sans conséquences sur la qualité de vie de l'apron. Ces surfaces colmatées engendrent une migration du poisson vers des substrats indemnes où les hauteurs et vitesses citées précédemment rentrent dans les exigences de l'espèce. Ce phénomène amoindrit sa surface de vie, en conditions critiques d'étiage, tout comme d'autres espèces piscicoles. Pour une espèce lithophile, à densité faible comme l'apron, il serait opportun de ne pas exclure, en l'absence de preuves tangibles, l'impact de la diminution de surface viable sur la compétition interspécifique et intraspécifique. Ces données non-mesurées dépassent le cadre de cette étude.

Le colmatage des substrats engendre également une baisse significative du taux d'oxygène dissous dans la strate benthique de la rivière. Au-delà de la nécessité évoquée précédemment pour l'apron de migrer vers des habitats non colmatés, le colmatage engendre également une diminution de la ressource alimentaire par anoxie de l'habitat du macrobenthos consommé par l'apron juvénile ou adulte. Selon MALVERTI (2011), dans l'étude des colmatages minéraux et algaux des fonds de la Loue : conséquences sur les compartiments biologiques, il a été démontré que la qualité biologique est plus élevée, notamment la structure du peuplement benthique, dans les secteurs affichant une grande diversité habitationnelle et se détériore dans les substrats colmatés.

Pour connaître l'impact du colmatage du substrat sur les conditions de reproduction de l'apron, cette étude montre ses limites protocolaires car l'échantillonnage a été effectué fin août, période à laquelle, les aprons nés au printemps, ont regagné le même habitat que les adultes. Les conditions habitationnelles du printemps ne sont pas les mêmes qu'en conditions d'étiage.

Cependant, même en août, les caractéristiques habitationnelles nécessaires à la reproduction ont été relevées sur les trois stations. Toutes trois présentent des plats courants en tête de radiers, avec les caractéristiques de hauteur d'eau, vitesse, substrats naturels prédestinés à l'apron. Ces trois stations pourraient donc physiquement permettre à l'apron de trouver des conditions favorables à sa reproduction, en conditions inchangées.

En revanche, il a été constaté à La Charbonnière et à Tariche, un colmatage algal dans les interstices des galets et graviers en tête de radiers où la ponte de l'apron est susceptible d'être réalisée plus tôt dans l'année. Nous ne disposons pas suffisamment d'éléments à ce stade, pour juger de l'altération de la reproduction de l'apron. Il conviendrait de relever les surfaces de frayères de l'apron au printemps et d'y analyser l'altération physique à cette même période.

Cette dégradation de la qualité d'habitat joue également un rôle dans les déficiences de la défense immunitaire de l'apron. Celle-ci est naturellement au plus bas de mars à juin (de décembre à mai pour la truite), période post-reproduction. Cette période est également celle des apports massifs de pollution organique liée aux épandages d'engrais de ferme sur les cultures d'herbes et céréales dans le bassin versant du Doubs.

Selon PRUNEAU (2016), le lysozyme, protéine présente dans le mucus de la peau des poissons a une action protectrice antibactérienne et antifongique. Le niveau d'activité du lysozyme est le plus faible entre Mars et Juin. Son activité est réduite par l'ammoniaque (Mock and Peters, 1990 dans PRUNEAU, 2016). L'ammoniaque altère la production de mucus du poisson, retarde son renouvellement et réduit le niveau de composés protecteurs (lysozyme) dans le mucus (Lang et al., 1987 ; Mock et Peters, 1990 dans PRUNEAU, 2016). L'hypothèse avancée est que l'ammoniaque agit en réduisant les barrières défensives cutanées (PRUNEAU, 2016).

Ces conditions altérées de la mosaïque d'habitats aquatiques relevée sur ces trois stations est généralisable à l'ensemble des espèces présentes sur ce tronçon du Doubs car l'état de santé de l'ichtyofaune en place dépend de ces conditions appauvries du milieu tant au point de vue alimentaire, que du potentiel reproductif ou encore immunitaire (augmentation du stress et des pathologies).

5. THERMOGRAPHIE DES STATIONS

a. MÉTHODE

Dans le cadre de cette étude, les exigences thermiques de l'apron définies par les travaux de BÉJEAN de 2012 à 2015 sont prises en compte pour analyser et interpréter les données recueillies (Reproduction de l'apron du Rhône (*zingel asper*) en conditions artificielles contrôlées, BEJEAN, 2012-2015).

De l'alimentation jusqu'à la reproduction en passant par l'incubation et la gamétogénèse, la température de l'eau est déterminante dans la réussite ou non de chacune de ces étapes (BEJEAN, 2012). La maîtrise de la reproduction de l'apron est en partie tributaire des bonnes conditions thermiques supportées aux géniteurs (BEJEAN, 2015).

Les travaux du Muséum de Besançon sur la reproduction de l'apron se sont particulièrement développés sur une étape post-reproduction qu'est l'optimisation de la période de vernalisation de l'apron. De cette étape dépend le taux de survie des œufs pendant l'incubation. En effet, les phases de gamétogénèse et de vernalisation sont des moments clés pour la réussite de la reproduction car elles conditionnent la qualité et le nombre d'ovules (BEJEAN, 2012). La durée et l'intensité des températures fraîches de ces périodes déterminent la réussite ou non de la reproduction.

Le cycle thermique annuel optimal de l'apron déterminé par BEJEAN (2015) présente une durée optimale de la période de vernalisation de 4 mois avec une eau en dessous de 6°C.

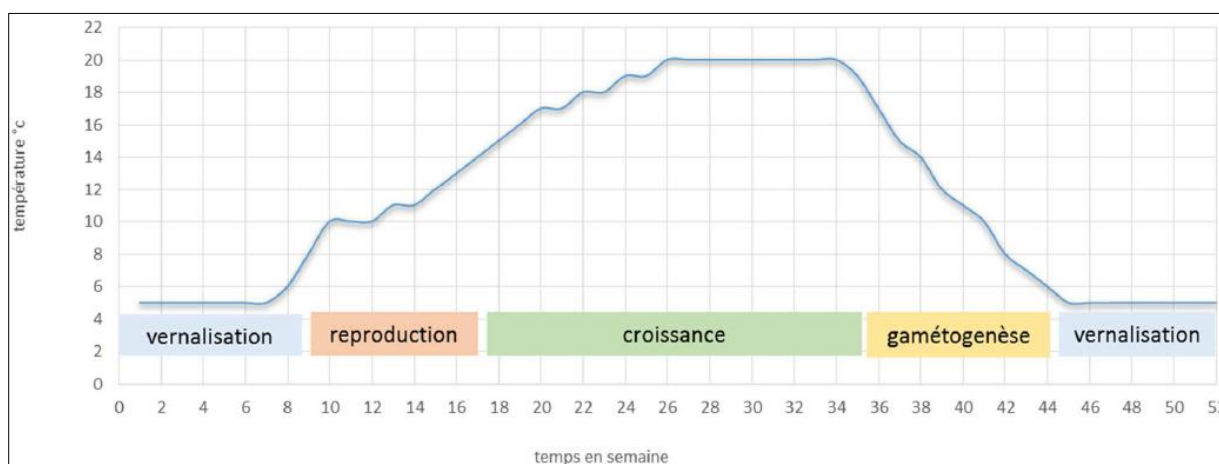


Figure 33 : cycle thermique annuel optimal pour la qualité de la reproduction de l'apron (BEJEAN, 2015)

La température régle la chaine trophique et agit directement sur l'état de santé de la population d'apron. Un lent réchauffement des eaux aux printemps ralentira le développement phytoplanctonique qui perturbera la croissance de zooplancton nécessaire aux juvéniles d'apron. A contrario, un rapide réchauffement printanier rallonge la période d'eutrophisation du milieu (colmatage du substrat, baisse de la teneur en oxygène, diminution de la ressource alimentaire de l'apron, augmentation de la défense immunitaire du poisson, augmentation favorable aux pathologies, ...), conditions principalement rencontrées en été.

Divers autres seuils thermiques influent sur l'état et le fonctionnement optimal de la population d'apron. Selon BEJEAN, 2015, en milieu naturel les aprons se regroupent de fin février à début mai et la reproduction a lieu pendant cette période où la température de l'eau varie entre 8 et 14 °C. Les paramètres thermiques d'éclosion en rivière correspondent généralement à des températures de 13 à 15°C d'avril à mai.

Les travaux de BEJEAN montrent un affaiblissement de l'efficacité de reproduction de l'apron dans un cycle de températures hivernales plus doux que la normale. BEJEAN montre également que plus la période de vernalisation est atteinte rapidement l'hiver à des températures proches de 5°C et plus elle est maintenue longuement, alors cela permet de freiner la gamétogénèse et ainsi mieux synchroniser la maturation des ovocytes avec leur expulsion en mars. Les températures post-reproduction sont, par conséquent, autant importantes dans le processus de survie de l'espèce que celles liées au développement des œufs après expulsion.



Figure 34 : photo du dispositif bloc-sonde thermique

Sur chaque station, le suivi se réalise sur un cycle annuel complet, au pas de temps horaire, à l'aide de thermographes enregistreurs ®HOBO®PENDANT. Les enregistreurs sont posés au fond, au milieu de la rivière, à l'ombre, et récupérés respectivement aux dates mentionnées sur chaque graphique de températures présentés dans la partie résultats.

Une fois récoltées, les données sont vérifiées pour s'affranchir d'éventuelles valeurs incorrectes causées par un dysfonctionnement ou une mise hors d'eau de l'enregistreur. Après validation, les données brutes permettent de caractériser les variables thermiques calculées à l'aide du logiciel HOBOWARE sur les trois stations d'étude.

b. RÉSULTATS

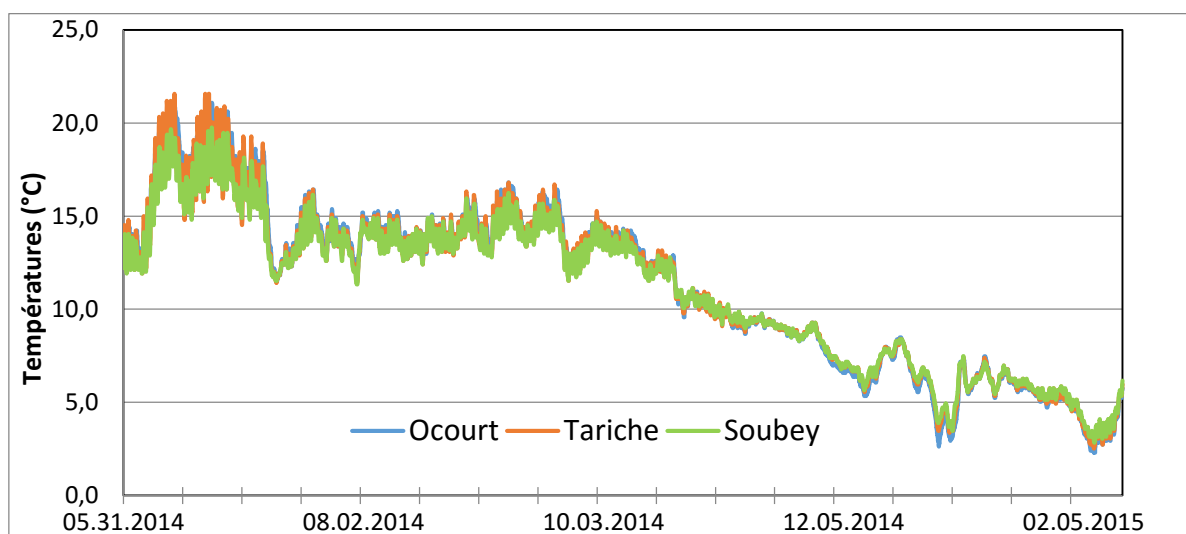


Figure 35: graphe des températures d'eau du Doubs entre Soubey et Ocourt, de juin 2014 à mi-février 2015

Une première campagne de mesures thermiques de juin 2014 à février 2015 a fait l'objet de manipulations expérimentales des sondes et du logiciel considéré. La figure 35 recense les valeurs de températures sur l'ensemble de la boucle jurassienne du Doubs pendant les périodes théoriques de fin de croissance, de gamétogénèse et une bonne partie de la phase de vernalisation de l'apron.

La deuxième campagne d'échantillonnage a débuté le 1^{er} juillet 2015 et s'est terminée le 20 juillet 2016 (débit du jour des relevés : 5,3m³/s). Le pas de temps d'enregistrement est de 2 heures et la capacité totale de prise de données des enregistreurs a été programmée à 365 jours successifs.

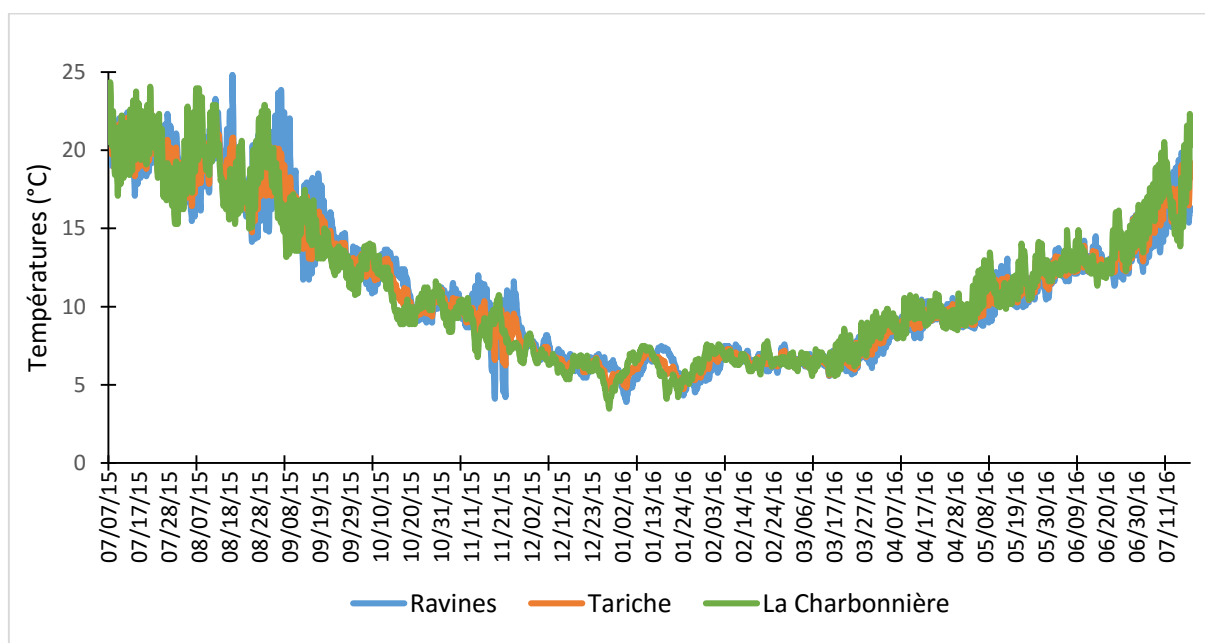


Figure 36 : variations des températures d'eau sur les trois stations d'étude, de juillet 2015 à juillet 2016

C. ANALYSE DE LA THERMOGRAPHIE

La première campagne de mesure (figure 35) n'a pas permis d'inventorier la période totale de vernalisation de l'apron pendant l'hiver 2014-2015 contrairement à la deuxième campagne d'échantillonnage, organisée pour un cycle complet de 12 mois sur les trois stations d'étude (figure 36). Il est, néanmoins, possible de tirer des éléments d'analyse de la première campagne thermique :

- 1- globalement, la boucle jurassienne du Doubs présente une homogénéité des températures d'eau, représentative du fonctionnement actuel de la rivière de Soubey à Ocourt ;
- 2- le Doubs a atteint des températures de 21°C en période estivale que ce soit à Ocourt ou même Tariche, contrairement à l'amont de Soubey où l'eau a flirté avec 19°C à la même période d'étiage de juillet 2014 ;
- 3- la période de gamétogénèse de l'apron se situait, en 2014, du mois d'août à début décembre (températures en baisse progressive de 16 à 8°C) dans le Doubs ;
- 4- la période de vernalisation de l'hiver 2014-2015 a commencé courant décembre et les températures ont varié de 8 à 4°C.

L'analyse de la figure 35 (1^{ère} campagne de mesure) démontre que la période de gamétogénèse a été relativement longue en 2014 et s'est étalée jusqu'à décembre alors que théoriquement la vernalisation devrait avoir démarrée à cette même période. La première partie des températures liée à la période de vernalisation de l'apron ont été assez hétérogènes et ne se sont pas écartées significativement de 6°C (seuil de vernalisation optimale de l'apron). Les températures sont donc restées sensiblement proches de la normale (à +/-3°C) mais les variabilités thermiques enregistrées laissent à penser d'une qualité de reproduction de l'apron non optimale en 2014.

La deuxième campagne de mesures (figure 36) a été l'occasion de relever les températures dans un habitat privilégié de l'apron en cas de fort stress hydrique. C'est dans les forts courants profonds des trois stations étudiées pour leur qualité d'habitat que les sondes ont été installées, c'est-à-dire là où le poisson trouve des températures fraîches, une eau bien oxygénée et généralement un colmatage moindre que sur les bordures.

La figure 36 témoigne des variations thermiques de l'eau du Doubs à l'image du climat en 2015 et 2016 à savoir : un été et un automne 2015 chaud, un hiver relativement doux et une fin de printemps avec des chaleurs anormalement estivales (mai 2016). Fort logiquement, ces tendances climatiques se confirment avec l'analyse des températures relevées dans le Doubs sur les trois stations d'études qui présentent par ailleurs des courbes relativement homogènes (homogénéité confirmée en 2014, cf. figure 35).

Avec une moyenne à 20°C, les températures d'eau du mois d'août 2015 sont les plus chaudes relevées (amplitudes journalières jusqu'à 24-25°C à Ravines et La Charbonnière). Ces conditions (pics journaliers) sont non-discriminantes à la croissance de l'apron, cependant les fortes variations et amplitudes journalières auront apportées des conditions thermiques propices au développement du colmatage, au rallongement du stress hydrique et de la période de baisse immunitaire des espèces piscicoles ainsi qu'au développement des agents pathogènes dans la rivière.

Ces conditions auront été rallongées par un automne et un hiver également au-delà des normales thermiques saisonnières. La période de gamétogénèse de l'apron correspondant à la chute des températures pré-estivales, s'est déroulée de mi-septembre à décembre 2014 avec des températures très douces et progressives.

Les mois de décembre, janvier et février 2015-16 qui représentent la période post-reproduction de l'apron témoignent de températures plus douces que l'optimum de vernalisation de l'apron (6°C selon BEJEAN, 2015) avec des moyennes mensuelles de 7°C. Ces résultats corroborent avec les conclusions des travaux de BEJEAN (2015) qui montrent un affaiblissement de l'efficacité de reproduction de l'apron dans un cycle de températures hivernales plus doux que la normale et avec une période de vernalisation inférieure à quatre mois.

L'hiver 2015-2016 ne doit pas faire l'objet de généralités sur les années passées ou celles à venir, néanmoins ces résultats indiquent clairement que la période de vernalisation n'a pas été atteinte rapidement due à un long et chaud automne précédent et que les températures d'eau du Doubs relevées pendant les trois mois supposés les plus froids de l'année témoignent d'une différence notable à la hausse supérieure à 6°C. BEJEAN (2015) mentionne également que plus cette période post-reproduction (vernalisation) est maintenue longuement, alors la maturation des ovocytes est mieux synchronisée avec leur expulsion.

La figure 36 montre un début de mois de mars sensiblement identique aux trois mois précédents alors que les températures augmentent progressivement à partir de la mi-mars de manière homogène sur les trois stations et sans de fortes amplitudes journalières. Le seuil de déclenchement de la ponte de l'apron à 11°C est atteint début mai et indique donc que la ponte s'est déroulée dans le courant de ce mois en 2016. Connaître la période de déclenchement de la reproduction est une connaissance clé pour prospecter à l'avenir dans des zones d'habitats favorables à la reproduction et observer les regroupements d'apron dans le Doubs.

Cette première analyse thermographique de trois stations à apron dans le Doubs montre que le facteur thermique peut être source de variabilités d'une année à une autre, influençant la qualité de reproduction de l'apron et la viabilité de l'espèce. Toutes les températures mesurées s'intègrent aux exigences de vie de l'apron. Il est certain que des pics journaliers à 23-25°C sont sources de stress pour salmonidés et thymalidés mais cela reste à déterminer pour l'apron.

En revanche, grâce aux connaissances de BEJEAN (2015), cette thermographie montre des températures relevées en automne-hiver 2015-2016, non-optimales pour la pérennisation de la population notamment sur la qualité altérée de sa reproduction. Le monitoring prévu dans les années à venir pourrait être accompagné d'une analyse similaire afin d'évaluer la pérennisation de la population selon les critères liés à la température de l'eau (déclenchement, périodicité de ponte, période de gamétogénèse, de vernalisation, ...). Les effets du réchauffement climatique sur la population d'apron dans le Doubs pourraient, par la même occasion et à plus large échelle temporelle, être étudiés.

III. PLAN DE SAUVEGARDE DE L'APRON DANS LE DOUBS

En tenant compte de l'analyse effectuée dans ce rapport, il est proposé un certain nombre de mesures visant à améliorer la situation. Ce plan de sauvegarde se constitue de fiches « action » et fait également référence aux propositions de mesures des études du Projet Pro Natura Doubs 2015-2016, ENVIREAU, 2016. Profil de micropolluants le long du Doubs entre Morteau et Ocourt ; BOISMARTEL M., 2015. *Analyse spatiale agricole du bassin versant du Doubs jurassien.*

La priorité des actions données ci-après, est attribuée à titre indicatif sans prendre en considération les détails de mise en œuvre d'ordres techniques, administratifs ou comptables. Le niveau de priorité intègre le niveau d'urgence au thème principal qu'est la sauvegarde de l'apron dans le Doubs.

Les opérations, présentées dans chaque fiche action, devront être développées concrètement pour répondre aux objectifs cités. La conception technique et le montage des opérations devront donc faire l'objet d'un approfondissement propre à chaque thème abordé.

Ce plan de sauvegarde fait également référence aux mesures existantes ou prévues par le Plan national d'actions de l'Office Fédéral de l'Environnement ou par le plan d'action du Groupe binational pour l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques du Doubs franco-suisse.



Figure 37 : apron juvénile (cliché ©BEJEAN)

FICHE n°1	AMÉLIORER LA QUALITÉ D'HABITAT DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°1
THÈME	DÉVELOPPER UNE PRODUCTION AGRICOLE RESPECTUEUSE DE LA RESSOURCE EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU DOUBS	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Dans les trois stations étudiées, il a été démontré que la qualité de l'habitat de l'apron est dégradée par le colmatage sous forme organique (algues, diatomées) et minérale (tuf) du substrat. Cette source de perturbation a autant de conséquences négatives sur les capacités reproductives, sur la ressource alimentaire que sur le système de défense immunitaire de l'espèce, comme pour l'ensemble des espèces piscicoles du Doubs.</p> <p>Pour diminuer les risques d'extinction de l'apron et retrouver les qualités naturelles du Doubs, des actions portant sur l'amélioration de la qualité de la ressource en eau du bassin versant sont définitivement prioritaires. La pollution d'eau, à l'origine du colmatage des substrats et des mortalités piscicoles massives du Doubs, est principalement organique.</p> <p>Sans en minimiser leur impact, les pollutions domestiques et industrielles ne constituent pas le facteur primo-déclenchant des mortalités piscicoles, les effluents d'égouts et leurs rejets jouant plutôt un rôle d'amplificateur de la maladie Saprolégniose (PRUNEAU, 2016 modifié). Dans l'étude de PRUNEAU (2016) (L'ammoniaque des lisiers, "suspect numéro 1" dans l'enquête sur l'assassin des rivières Doubs, Loue, Bienne, Cusancin et Dessoubre), il est indiqué que les indices sont nombreux et convergents pour inculper l'ammoniaque des lisiers comme inducteur et déclencheur des infections fongiques conduisant à la mort des truites et des ombres dans les rivières Franc-comtoises.</p> <p>Principal secteur émetteur d'azote sur le bassin versant du Doubs suisse, la production agricole doit aujourd'hui être adaptée aux vulnérabilités du territoire, de la ressource en eau et de la vie aquatique du Doubs (réf. étude ENVIReau, 2016. Profil de micropolluants le long du Doubs entre Morteau et Ocourt ; BOISMARTEL M., 2015. <i>Analyse spatiale agricole du bassin versant du Doubs jurassien</i> - Projet Pro Natura Doubs 2015-2016).</p>		
OBJECTIF(S)		
<p>1- Améliorer la qualité physico-chimique de la ressource en eau sur l'ensemble du bassin versant 2- Sauvegarder les espèces d'intérêt patrimonial de la vallée et la population piscicole du Doubs</p>		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>1- Reconsidérer dans la réglementation et les normes agricoles, les caractéristiques pédologiques des sols, la géologie du bassin versant et la vulnérabilité de la ressource en eau du Doubs (Réf : BOISMARTEL M., 2015. <i>Analyse spatiale agricole du bassin versant du Doubs jurassien</i> - Projet Pro Natura Doubs 2015-2016)</p> <p>2- Encourager le retour des intrants organiques solides agricoles (fumier) du bassin versant au détriment du liquide (lisier) (Réf : L'ammoniaque des lisiers, "suspect numéro 1" dans l'enquête sur l'assassin des rivières Doubs, Loue, Bienne, Cusancin et Dessoubre, D. PRUNEAU, 2016)</p> <p>3- Promouvoir et encourager la transition agricole vers une production biologique respectueuse des vulnérabilités de la ressource en eau, des sols et des espèces d'intérêt communautaire dans la vallée du Doubs en favorisant l'élevage à taille humaine, le bien-être animal et une production agricole qualitative au détriment du quantitatif</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
Plan d'action du Groupe binational : axe 4 : réduction de la pollution liée à l'agriculture (thème A)		

FICHE n°2	RECONQUÊTE DE LA QUALITÉ DES EAUX DU BASSIN DU DOUBS JURASSIEN	PRIORITÉ N°1
THÈME	RÉDUIRE LES POLLUTIONS AGRICOLES DIFFUSES DANS LE BASSIN VERSANT DU DOUBS	
CONTEXTE / PROBLEMATIQUE(S)		
<p>Cette fiche action est extraite du rapport du Projet Pro Natura Doubs 2015-2016 - BOISMARTEL M., 2015. <i>Analyse spatiale agricole du bassin versant du Doubs jurassien</i> car l'exemple développé ci-après répond au thème de réduction de la pollution agricole à l'échelle du bassin versant.</p> <p>Alors que l'EAWAG affirme qu'en 2015 la charge en pesticides est encore trop élevée dans des zones caractérisées par une activité agricole accrue, l'expérience pilote du Boiron de Morges dans le Canton de Vaud (2005-2010/ 2011-2016) a servi à développer une stratégie applicable à d'autres cours d'eau menacés par les intrants agricoles comme le Doubs. Le canton de Vaud, avec l'appui de la confédération et des communes (source : DGE du Canton de Vaud), a mis sur pied un programme de réduction des concentrations des intrants agricoles dans le Boiron. Des contrats d'une durée de 6 ans sont passés avec les agriculteurs qui prennent des mesures volontaires permettant de réduire les pertes. Des indemnités fédérales compensent les coûts de ces mesures, en application de l'article 62a de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux). Les exploitations agricoles concernées par le périmètre défini dans cette mesure devront être accompagnées afin de participer concrètement au projet de lutte contre la pollution notamment par les produits phytosanitaires, basé sur l'art. 62a LEaux.</p>		
OBJECTIF(S)		
<ol style="list-style-type: none"> 1- Réduire la pollution agricole diffuse (lisiers et pesticides) sur l'ensemble des parcelles agricoles du bassin versant 2- Optimiser la technique agraire sur ces parcelles 3- Site Emeraude : préserver la production d'herbe dans ce périmètre caractérisé par de fortes vulnérabilités de la ressource en eau lié aux contextes géologiques, pédologiques et biologiques du bassin versant du Doubs 5- Préserver l'élevage à taille humaine et de proximité dans le bassin versant du Doubs 6- Favoriser le bien-être animal 7- Favoriser une production agricole qualitative au détriment du quantitatif 8- Diminuer la problématique de perturbation endocrinienne chez les espèces piscicoles touchées par la pollution des eaux et le colmatage des substrats de la rivière. 		
NATURE DES OPERATIONS		
<ol style="list-style-type: none"> 1- Appliquer la Loi suisse sur la protection des eaux (article 62a) <p>Dans le cadre d'un tel programme sur le bassin versant du Doubs, le site Emeraude pourrait être le périmètre pilote d'un premier conventionnement avec les agriculteurs pour ensuite le développer sur l'ensemble du bassin topographique du Doubs suisse. Les principales mesures appliquées de ce type de programme (source : DGE du Canton de Vaud) sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la réduction des pertes lors du lavage des pulvérisateurs - la réduction des pertes au champ : le remplacement des herbicides problématiques, le désherbage mécanique, les mesures de lutte contre le ruissellement et la conversion à l'agriculture biologique sont encouragées. Afin de pouvoir cibler les parcelles qui présentent le plus de risques (forte pente, proximité du cours d'eau, etc.), une carte des risques a été élaboré. Des mesures particulièrement efficaces (par exemple enherbement) y sont encouragées. - la formation continue des agriculteurs 		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n°301 : réserver l'espace cours d'eau le long du Doubs</p> <p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n°401 : établir un plan de gestion du site Emeraude "<i>Clos du Doubs/Saint-Ursanne</i>"</p> <p>Plan d'action du Groupe binational : : axe 4 : réduction de la pollution liée à l'agriculture (thème A)</p>		

FICHE n°3	AMÉLIORER LA QUALITÉ D'HABITAT DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°1
THÈME	AMÉLIORER LA QUALITÉ DES REJETS D'EAUX URBAINES ET INDUSTRIELLES DANS LE BASSIN VERSANT DU DOUBS	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>PRUNEAU (2016) attire notre attention sur le fait que les pollutions domestiques et industrielles ne constituent pas le facteur primo-déclenchant des mortalités piscicoles mais les effluents d'égouts et leurs rejets jouent davantage le rôle sérieux d'amplificateur de la maladie Saprologniose.</p> <p>Le projet FISHNETZ a, quant à lui, révélé que les concentrations des composés azotés – comme le nitrite et l'ammonium atteignent des concentrations dangereuses pour la faune et la flore aquatique suite à des fortes pluies dans les cours d'eaux suisses. Les hormones naturelles et synthétiques commencent à agir sur les poissons. Il est probable que les effets conjoints de ces substances (effet « cocktails ») préjudicient l'état de santé des poissons (FISHNETZ, 2015).</p> <p>Les projets de traitements des eaux du bassin versant du Doubs tendent à améliorer la qualité des rejets d'eaux urbaines et industrielles. Pour autant, en 2016, des projets d'abattelements de l'azote, du phosphore, de l'ammoniac et des micropolluants des eaux usées ne sont pas suffisamment effectifs pour diminuer significativement le rôle d'amplification du colmatage du substrat et des mortalités piscicoles dans le Doubs.</p>		
OBJECTIF(S)		
<p>1- Améliorer la qualité physico-chimique de la ressource en eau sur l'ensemble du bassin versant 2- Sauvegarder les espèces d'intérêt patrimonial inféodées aux milieux aquatiques du Doubs</p>		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>1- Adopter les mesures de l'étude ENVIREau, 2016. Profil de micropolluants le long du Doubs entre Morteau et Ocourt, (en cours de finalisation), xxp. 2- Poursuivre les actions actuelles de raccordement du réseau d'eaux usées et optimiser le séparatif au détriment du réseau unitaire 3- Poursuivre les actions actuelles d'optimisation des filières de traitement des eaux usées par l'adoption du procédé d'ozonation dans les STEP du bassin versant 4- Poursuivre les actions actuelles de raccordement des eaux usées aux STEP 5- Poursuivre les actions actuelles de mise en place du réseau séparatif 6- Poursuivre la finalisation actuelle des mesures de planification liées à l'évacuation des eaux usées</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 201 : améliorer le traitement des eaux usées par les STEP dans les cantons de Neuchâtel et du Jura Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 202 : améliorer le taux de raccordement des eaux usées et développer les systèmes de mise en séparatif dans les cantons de Neuchâtel et du Jura Mesure du Plan d'action du Groupe binational : thème A : Amélioration de la qualité physico-chimique des eaux ; - axe 1 : réduction de la pollution en azote et phosphore liée à l'assainissement collectif - axe 2 : réduction de la pollution en azote et phosphore liée à l'assainissement individuel - axe 3 : réduction des flux de micropolluants d'origine industrielle, forestière et urbaine</p>		

FICHE n°4	AMÉLIORER LA QUALITÉ D'HABITAT DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°1
THÈME	DIMINUER LES FACTEURS AGGRAVANT LA PATHOGENECITE DE SAPROLEGNIA PARASITICA ET DE TOUTES AUTRES MALADIES PISCICOLES	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Les mortalités piscicoles du Doubs auxquelles n'échappent probablement pas l'apron, suite à la découverte en 2015 par T. ARNET, d'un apron atteint de la saprolégniose, doivent être traitées en tout premier ordre. Ce sont les causes de ces mortalités qu'il convient de traiter et en particulier les facteurs de développement des pathologies piscicoles, à savoir les mêmes qui conduisent à la dégradation de la qualité d'eau du Doubs.</p> <p>La complexité de ce thème réside dans le lien et les enchainements d'effets entre la dégradation de la qualité d'eau provoquant la dégradation de la qualité d'habitat piscicole ayant elles-mêmes pour conséquences la baisse du système immunitaire des poissons ainsi que, parallèlement des conditions favorables au développement des organismes à l'origine des pathologies piscicoles. À la fin de cette succession de détériorations en chaîne, les mortalités massives de poissons des dernières années dues à la saprolégniose en sont la résultante. Pour soutenir le système immunitaire des poissons et retrouver un bon état de santé du peuplement piscicole dans le Doubs, il faut, par conséquent, poursuivre en priorité les efforts de reconquête de la qualité d'eau sur l'ensemble du bassin versant.</p>		
OBJECTIF(S)		
<p>1- Stopper les mortalités piscicoles du Doubs 2- Reconquérir une ressource en eau de meilleure qualité</p>		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>Les différentes mesures en cours de réalisation par les autorités et celles proposées précédemment pour un retour à une ressource en eau de meilleure qualité d'eau, interagissent avec les objectifs de diminution des maladies piscicoles car il a été démontré par PRUINEAU (2016) et par ENVIREAU, 2016 que la pollution de l'eau dans le Doubs est à l'origine des dégradations biologiques de la rivière. C'est pour ces raisons que la nature des opérations prévues pour ce thème, reprend des éléments cités précédemment.</p> <p>1- Réaliser les mesures argumentées dans les études ENVIREAU, 2016. Profil de micropolluants le long du Doubs entre Morteau et Ocourt ; BOISMARTEL M., 2015. <i>Analyse spatiale agricole du bassin versant du Doubs jurassien</i> - Projet Pro Natura Doubs 2015-2016 2- Réaliser les actions des fiches précédentes n°1, 2 et 3.</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 201 : améliorer le traitement des eaux usées par les STEP dans les cantons de Neuchâtel et du Jura Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 202 : améliorer le taux de raccordement des eaux usées et développer les systèmes de mise en séparatif dans les cantons de Neuchâtel et du Jura Mesure du Plan d'action du Groupe binational : thème A : Amélioration de la qualité physico-chimique des eaux axe 1 : réduction de la pollution en azote et phosphore liée à l'assainissement collectif axe 2 : réduction de la pollution en azote et phosphore liée à l'assainissement individuel axe 3 : réduction des flux de micropolluants d'origine industrielle, forestière et urbaine</p>		

FICHE n°5	CONSERVATION DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°1
THÈME	TENTATIVE DE REPEULEMENT DE L'APRON DANS LE DOUBS À TITRE EXPÉRIMENTAL	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Selon le Plan National (FR) d'Actions en faveur de l'Apron du Rhône (2012-2016), la fragmentation des populations originelles, avec disparition progressive de populations isolées, augmente le risque de disparition de l'apron. Toujours selon le plan précité, seule la population de la Durance semble à l'abri d'un risque de disparition à moyen terme car les effectifs sont importants, la répartition se situe sur plusieurs axes, la diversité génétique est haute, les débits d'eau sont moyennement altérés et la qualité d'eau est en amélioration. Pour l'ensemble de ces arguments, l'état de santé de cette population présente un bon état de santé, à l'inverse de celle du Doubs.</p> <p>Selon le bureau d'étude AQUARIUS dans Monitoring de l'apron-suivi 2015, seuls trois individus vivants ont été observés en 2015 lors des multiples investigations réalisées alors que les conditions d'étiage les plus fortes mesurées (autour de 4m³/s) en août et septembre de la même année, permettaient une bonne observation de l'espèce. Ce constat, adjoint aux précédentes années d'observations, laisse à penser que la population d'apron dans le Doubs se compose aujourd'hui d'un très faible effectif et, de par ce fait, que les conditions génétiques sont réunies pour une lente et progressive extinction de l'espèce.</p> <p>Selon AQUARIUS (2012) dans le rapport de faisabilité de l'élevage de l'apron, la réintroduction a été largement débattue notamment d'un point de vue de l'éthique du repeuplement. La réintroduction peut être le moyen de retrouver une distribution de l'espèce plus ou moins proche de ce qu'elle était auparavant. Multiplier les « noyaux populationnels » revient à diminuer les risques d'extinction accidentelle pour l'espèce. La réintroduction n'est alors qu'un moyen de dernier recours pour parer à une situation urgente de risque d'extinction (AQUARIUS, 2012).</p> <p>En considérant de réaliser les mesures de dépollution des eaux précitées aux fiches n°1, 2, 3, 4, cette action ne demeure en aucun cas, la libre possibilité de rester au niveau de pollution d'eau actuel et ne doit pas occulter les actions nécessaires de restauration de l'habitat aquatique du Doubs.</p> <p>Cette mesure répond à l'argument d'une diversité génétique faible de la population actuelle d'apron. Il s'agit, ici, de s'affranchir des erreurs des réintroductions passées dans le cas du soutien des stocks de poissons pêchables (truite fario, ...) et de bénéficier de la solide expérience du Plan français d'actions en faveur de l'apron.</p>		
OBJECTIF(S)		
1- restaurer l'état de santé de l'apron dans le Doubs en renforçant la diversité génétique de la population		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>Le Muséum de Besançon maîtrise depuis plusieurs années le maintien en captivité de l'apron, sa reproduction et la réintroduction. Il conviendrait idéalement pour cette mesure d'établir un partenariat avec la structure animatrice du Plan National français d'actions en faveur de l'apron et particulièrement avec le Muséum de Besançon pour les modalités techniques et logistiques.</p> <p>Selon le Plan National (FR) d'Actions en faveur de l'Apron du Rhône (2012-2016) qui jouit d'une expérience unique en matière d'élevage de l'apron à des fins de conservation de l'espèce, les étapes de réintroduction sont :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- s'assurer préalablement de l'absence d'une population en effectif suffisant pour se reconstituer sans apports extérieurs 2- expertiser de sites potentiels d'introduction et en définir des zones prioritaires 3- évaluer d'autres éventuelles conditions favorables ou défavorables 4- réaliser des opérations d'introduction de juvéniles d'apron, à titre expérimental sur 5 années successives, afin d'en déterminer la faisabilité et les limites 5- suivre l'évolution de la population sur les 5 années suivantes. 		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
Aucune		

FICHE n°6	CONSERVATION DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°1
THÈME	VARIATIONS HYDRAULIQUES ARTIFICIELLES DU DOUBS	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Les variations brutales des niveaux d'eaux du Doubs sont chaque année, en particulier au printemps, à l'origine d'importantes mortalités chez les juvéniles de poissons ainsi que des adultes de petites espèces ou encore de macro-invertébrés piégés dans des mares sur les nombreuses gravières du Doubs (d'après les rapports de mortalités piscicoles, AAPPMA Franco-suisse).</p> <p>La production hydroélectrique est-elle une activité en lien avec la disparition de l'apron ? Quel impact les éclusées journalières peuvent avoir sur le succès reproductif des aprons ou encore la survie des juvénile ?</p> <p>Le devenir des alevins d'aprons dans le Doubs reste à ce jour un mystère. La possibilité que certains d'entre eux restent piégés dans des mares liées à l'exondation des berges pendant une phase de rétention d'eau des barrages hydroélectriques amont, doit être prise en considération.</p>		
OBJECTIF(S)		
<p>1- Déterminer si le marnage du Doubs est un facteur limitant à l'état de santé de la population d'apron dans le Doubs</p> <p>2- Apporter de nouvelles connaissances sur la dynamique de la population d'apron dans le Doubs</p>		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>1- Étude sur les amplitudes des éclusées observées au printemps, en pleine période de reproduction de l'apron, sur l'affaiblissement des géniteurs ou encore sur la destruction des frayères.</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 101 : réviser le règlement d'eau du 5 février 1969 sur les usines hydrauliques du Châtelot, du Refrain et de la Goule sur le Doubs</p> <p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 102 : établir des mesures supplémentaires d'assainissement en matière de gestion des débits</p>		

FICHE n°7	CONSERVATION DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°2
THÈME	IMPACTS DES SEUILS DU DOUBS	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Les seuils ont un impact sur la qualité des eaux, notamment sur la température, paramètre déterminant pour la survie de l'apron et des autres espèces piscicoles du Doubs.</p> <p>Les retenues des grands barrages amont ainsi que des petits seuils successifs dans le Doubs accélèrent au printemps le réchauffement de l'eau et amplifient les conditions thermiques de l'été avec des effets perturbateurs sur la reproduction de l'apron, sur sa défense immunitaire ainsi que sur le développement de pathologies piscicoles.</p> <p>Ce réchauffement accéléré de l'eau provoque un colmatage plus rapide du substrat par les diatomées et les algues d'où des habitats de qualité moindre pour l'ichtyofaune.</p> <p>De plus les seuils condamnent la franchissabilité piscicole nécessaire au brassage génétique des communautés piscicoles ainsi que le libre accès aux frayères (pour la truite fario notamment). Pour rappel, bien que l'apron soit une espèce benthique avec des capacités natatoires faibles, entre 5 et 25% des individus se déplacent sur des distances non négligeables (LABONNE et GAUDIN 2005).</p>		
OBJECTIF(S)		
<ol style="list-style-type: none"> 1- Limiter le cloisonnement des individus de la population d'apron dans le Doubs 2- Favoriser la libre circulation des espèces piscicoles et des zones favorables à la reproduction de la truite fario ; 3- Rétablir les transports liquides et sédimentaires du Doubs ; 4- Rétablir la température de l'eau sous influence de la retenue lenticule en amont de l'ouvrage 5- Limiter le colmatage du substrat et le comblement sédimentaire en amont de l'ouvrage. 		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>Le rétablissement de la continuité piscicole et sédimentaire du Doubs fait l'objet de mesures en cours ou prévues dans le cadre du plan national d'action en faveur du Doubs de l'OFEV. Il convient dans ce présent plan de sauvegarde que pour la pérennité de la population d'apron dans le Doubs, ces mesures de décroisement soient effectives dans les délais les plus courts.</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n° 303 : rétablir la migration du poisson au seuil de St-Ursanne Plan d'action du groupe binational : thème B : amélioration de la qualité des milieux ; axe 1 : restauration de la continuité écologique</p>		

FICHE n°8	CONSERVATION DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	PRIORITÉ N°3
THÈME	MONITORING DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Dans une perspective d'amélioration de la qualité d'eau ou a contrario de stagnation/progression de la pollution de l'eau du Doubs, il paraît indispensable de poursuivre le comptage d'apron dans le Doubs dans les années à venir.</p>		
OBJECTIF(S)		
<p>1- Suivre la population d'apron dans le Doubs 2- Apporter de nouvelles connaissances sur l'état de santé de la population</p>		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>1- Suivre la population d'apron en étendant le linéaire de prospection à l'ensemble du tronçon jurassien sur des surfaces prospectables à pied de nuit et avec un débit de moins de 8m³/s (août-septembre) 2- Apporter des connaissances supplémentaires, au comptage actuel, sur l'état de santé de la population</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n°501 : Poursuivre le monitoring engagé sur l'apron du Doubs Plan d'action du Groupe binational : Thème C : Suivi du Doubs</p>		

FICHE n°9	COMMUNICATION SUR LES RISQUES ET CONSÉQUENCES BIOLOGIQUES INHÉRENTES À UNE MAUVAISE QUALITÉ DE LA RESSOURCE EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU DOUBS	PRIORITÉ N°3
THÈME	SENSIBILISATION À LA POLLUTION, AUX MORTALITÉS PISCICOLES ET L'EXTINCTION DE LA POPULATION D'APRON DANS LE DOUBS	
CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE(S)		
<p>Les situations critiques de la population d'apron ainsi que de l'ensemble des espèces inféodées aux milieux aquatiques du Doubs doivent rendre attentifs les usagers, habitants, les autorités et les ONG concernées au contexte de vulnérabilité de la ressource en eau, aujourd'hui dégradée, sur l'ensemble du bassin versant. La résultante visible de cette situation se concrétise par le colmatage végétal ou minéral des substrats du Doubs et surtout par les mortalités piscicoles que cette pollution d'eau engendre.</p>		
OBJECTIF(S)		
<p>1- Prendre conscience des vulnérabilités de la ressource en eau liées aux contextes particuliers de la géologie, de la pédologie et des activités humaines du bassin versant du Doubs 2- Apporter des éléments nouveaux à la compréhension locale des enjeux de dépollution de la ressource en eau</p>		
NATURE DES OPERATIONS		
<p>1- Mise en œuvre d'une campagne de communication spécifique à l'extinction de la population d'apron dans le Doubs en abordant particulièrement les problèmes de pollution de la ressource en eau du bassin versant et les conséquences pathologiques dans la rivière. 2- Poursuivre les actions de sensibilisation engagées depuis plusieurs années par le Centre Nature Les Cerlatez, par les ONG (Pro Natura, WWF, Fédération de pêche), par le Parc Régional du Doubs ainsi que les actions prévues dans le Plan national d'actions en faveur du Doubs de l'OFEV. 3- Poursuivre le partage des connaissances scientifiques entre acteurs français et suisses par le biais d'échange avec les structures locales de protection de la nature (ONG, collectifs, ...). 4- Poursuivre le travail médiatique des ONG sur la thématique de protection des espèces de poissons en voie de disparition et plus généralement sur les facteurs de dégradation de la qualité du Doubs.</p>		
ACOMPAGNEMENT AVEC LES MESURES EXISTANTES OU PRÉVUES		
<p>Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n°603 : Sensibiliser la population locale sur l'importance de la vallée du Doubs pour la conservation de l'apron Mesure du PNA Doubs de l'OFEV n°604 : Sensibiliser les pêcheurs sur l'importance des mesures préventives garantissant l'état sanitaire des populations piscicoles</p>		

CONCLUSION

Cette étude a permis de mieux connaître la qualité d'habitat aquatique du Doubs dans trois stations reconnues pour la présence d'apron et d'en analyser les relations étroites entre la qualité physique du milieu et l'espèce en question.

Ce diagnostic physique fait état d'un bon potentiel d'accueil naturel pour l'apron mais celui-ci est altéré par le colmatage du substrat. Cela se traduit par une baisse de la diversité habitationnelle et sa fonctionnalité. La qualité physique du Doubs sur ces trois stations est donc dégradée et diminue considérablement la qualité et l'espace de vie de l'apron ainsi qu'aux autres espèces macrobenthiques ou piscicoles. Ce colmatage se décrit majoritairement par prolifération algale et par formation de concrétions calcaires, résultants d'apports excessifs en nutriments. Quantifier le colmatage par les développements algaux en amont sur le tronçon franco-suisse serait intéressant pour progresser dans ce diagnostic physique du Doubs (mesures de biomasse et du recouvrement algal, ...). L'analyse des facteurs physico-chimiques et thermiques à l'origine de la formation des différentes concrétions calcaires serait également une perspective à ce présent travail, afin de comprendre l'étendue du colmatage par les tufs non biogènes.

Les travaux menés jusqu'à ce jour concernant l'apron et la qualité du Doubs permettent maintenant d'approcher quelques-uns des facteurs limitants à la qualité biologique de la rivière. Le plan d'action national en faveur du Doubs, le plan d'action du Groupe binational pour l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques du Doubs franco-suisse ou encore le Plan National (FR) d'Actions en faveur de l'Apron du Rhône sont autant d'outils nécessaires à une amélioration significative de la qualité d'eau du Doubs. Ce dernier décrit, par ailleurs, la raréfaction de l'apron comme en lien direct avec les usages et aménagements des cours d'eau, la qualité et la quantité d'eau étant deux paramètres critiques.

Il est proposé dans ce rapport un programme de sauvegarde spécifique à l'apron car, les conditions sont définitivement réunies pour asseoir un tel programme, comme d'autres espèces peuvent déjà bénéficier (similitudes avec l'exemple des grands prédateurs). Il permettrait de valider les enjeux de conservation de l'espèce et des milieux de vie de ce poisson à travers les thèmes du morcellement, du brassage génétique de la population, du monitoring, de la pollution de l'eau, de la sensibilisation, ... Tous ces points constituent autant de pistes d'actions pour les gestionnaires soucieux du retour ou du maintien d'une population viable d'apron. Mais pour que le Doubs et la population d'apron soient de meilleure qualité, ce programme doit prioritairement considérer l'amélioration de la qualité des eaux rejetées du fait de leur impact sur la qualité de l'habitat aquatique. La pollution agricole (apports excessifs en nutriments à l'origine des proliférations algales et du colmatage des substrats) ainsi que la pollution urbaine sont les axes prioritaires d'actions, et aujourd'hui, tous les acteurs concernés doivent être mobilisés, en premier lieu duquel, l'agriculture, premier secteur économique du bassin versant du Doubs jurassien.

BIBLIOGRAPHIE

- AQUARIUS, 2015. MONITORING DE L'APRON (*Zingel asper*, L.) -rapport de suivi, 14 p.+annexes.
- ADAPRA-DIREN Délégation de bassin RMC, 1999. GESTION DES POPULATIONS D'APRON. Bilan 1994-1998 des études préalables au programme LIFE. Rapport d'activités. 39 p.
- BEAUDOU & LANGON, 2004. SYNTHÈSE ET VALORISATION DES CONNAISSANCES SUR LA PRÉSENCE DE L'APRON (*ZINGEL ASPER*) EN PROVENCE – Alpes - Côte d'Azur. Rapport CSP DR8 – DIREN PACA, 61 p. +annexes.
- BEJEAN M, MAILLOT F, 2009. ESSAI DE REPRODUCTION DE L'APRON DU RHÔNE EN CONDITIONS ARTIFICIELLES CONTRÔLÉES. Bilan 2005-2009. Rapport final projet Life Apron II. Muséum d'Histoire Naturelle de Besançon, 40 p. +annexes.
- BEJEAN M, 2012. Action 12 : REPRODUCTION DE L'APRON DU RHÔNE EN CONDITIONS ARTIFICIELLES CONTRÔLÉES EN 2012 ET COMPARAISONS AVEC LES ANNÉES 2010 ET 2011. Projet Life Apron II, Muséum d'Histoire Naturelle de Besançon. 54p.+annexes.
- BEJEAN M, 2015. Bilan d'activité 2015 - REPRODUCTION DE L'APRON DU RHÔNE (*ZINGEL ASPER*) EN CONDITIONS ARTIFICIELLES CONTRÔLÉES. Muséum d'Histoire Naturelle de Besançon. 47p.+annexes.
- BOISMARTEL M., 2015. ANALYSE SPATIALE AGRICOLE DU BASSIN VERSANT DU DOUBS JURASSIEN. Projet Pro Natura Doubs 2015-2016, 53p.
- BONNAIRE F, 2012. Centre nature les Cerlatez & Université François Rabelais de Tours – ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LA POPULATION D'APRONS DU RHÔNE (*ZINGEL ASPER*) DANS LE DOUBS FRANCO-SUISSE - LINÉAIRE DU FUTUR PARC NATUREL RÉGIONAL TRANSFRONTALIER, Rapport de stage de Master 2, 98p.
- CAVALLI L, PECH N, CHAPPAZ R, 2003. DIET AND GROWTH OF ENDANGERED ZINGEL ASPER IN THE DURANCE RIVER. Journal of Fish Ecology, 63 : 1-12p.
- CONFEDERATION SUISSE, 2015. PLAN NATIONAL EN FAVEUR DU DOUBS ET CATALOGUE DE MESURES, 59 + 30p.
- CREN Rhône-Alpes, GEORGET M, 2009. BILAN DES POPULATIONS D'APRON-LIFE APRON II, 8p.
- CREN Rhône-Alpes, GEORGET M, 2016.PLAN FRANÇAIS D'ACTION EN FAVEUR DE L'APRON DU RHÔNE (2012-2016), 124p.
- DIRECTION DE LA GOUVERNANCE DÉMOCRATIQUE DU COMITE PERMANENT DU CONSEIL DE L'EUROPE, 2013. RECOMMANDATION N°169 SUR L'APRON DU RHONE (*ZINGEL ASPER*) DANS LE DOUBS (FRANCE) ET DANS LE CANTON DU JURA (SUISSE), 5p.
- DUBUT *et al.* Université d'Aix-Marseille, 2013. LIFE APRON II - ACTION 7 : ETUDES GÉNÉTIQUES - Rapport 2013, 16p.
- DUBUT. Université d'Aix-Marseille, 2014. LIFE APRON II - ACTION 7 : ETUDES GÉNÉTIQUES - RAPPORT 2013-2014, 24p.
- EAWAG, 2015. COMPTE-RENDU DE LA JOURNÉE D'INFO 2015 - MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX, ACTIONS DANS LE DOMAINE DE L'ÉPURATION DES EAUX USÉES, 12p.

EPTB SAÔNE & DOUBS, 2009. BILAN ET PROSPECTIVE DU SAGE HAUT-DOUBS HAUTE-LOUE, 128p.

EPTB SAÔNE & DOUBS, 2011. PROJET INTÉGRÉ DOUBS FRANCO-SUISSE – ETAT DES LIEUX, 177p.

ENVIReau, 2016. PROFIL DE MICROPOLLUANTS LE LONG DU DOUBS ENTRE MORTEAU ET OCOURT (en cours de finalisation), Xp.

FÉDÉRATION CANTONALE DES PÊCHEURS JURASSIENS, 2004. ETUDE DES CAUSES DE DIMINUTION DES POPULATIONS DE POISSONS DANS LES COURS D’EAU JURASSIENS, 96p.

FIWI, 2016. MALADIES DES SALMONIDES, Présentation PPT 24 diap.

FIWI, 2011. SURMORTALITÉ DE TRUITES DANS LE DOUBS FRONTIÈRE : INVESTIGATIONS DU FIWI EFFECTUÉES SUR UN ÉCHANTILLON DE TRUITES DU DOUBS- Rapport final, 10p.

FISCHNETZ, 2004. SUR LA TRACE DU DÉCLIN PISCICOLE. Rapport final. EAWAG/OFEFP, Dübendorf, Bern, 188p.

GEORGET M., 2010. CREN - RAPPORT FINAL TECHNIQUE DU PROGRAMME LIFE APRON II, 111 p.

GEORGET M., ROCHE P., LANGON M., 2009. BILAN DE L’ÉTAT DES POPULATIONS D’APRON DU RHÔNE. Rapport CREN Life Apron II, 52 p.

GROUPE DE TRAVAIL BINATIONAL QUALITÉ DES EAUX ET MILIEUX AQUATIQUES DU DOUBS FRANCO-SUISSE & EPTB SAÔNE & DOUBS, 2014. PLAN D’ACTION VISANT A REDUIRE LES IMPACTS DES ACTIVITES HUMAINES SUR LA QUALITE DU DOUBS FRANCO-SUISSE - FICHES ACTIONS, 37p.

HUET M, 1949. APERÇU DES RELATIONS ENTRE LA PENTE ET LES POPULATIONS PISCICOLES DES EAUX COURANTES. Revue suisse d’hydrologie 11: 332–351p.

KOTTELAT M. & FREYHOF J., 2007. HANDBOOK OF EUROPEAN FRESHWATER FISHES. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646p.

LANG & al, 1987. EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE TOXICITY OF AMMONIA EFFECTS OF VENTILATION FREQUENCY, GROWTH, EPIDERMAL MUCOUS CELLS AND GILL STRUCTURE OF RAINBOW TROUT, *SALMO GAIIRDNERI*. Dis Aquat Org, 3, 159-165p.

LABONNE J, 2002. CONTRIBUTION À LA CONSERVATION DE L’APRON DU RHÔNE (*ZINGEL ASPER*) : DYNAMIQUE DES POPULATIONS, SÉLECTION DE L’HABITAT ET MODÉLISATION. Thèse Université Claude Bernard Lyon 1, 202p.

MALAVAU, 2011 CONSTATS DE MORTALITES PISCICOLES DANS LE DOUBS À GOUMOIS (7 janvier, 17 janvier, 20 janvier, 15 avril, 18 avril, 21 avril 2011), xp.

MALAVOI JR, 1989. TYPOLOGIE DES FACIÈS D’ÉCOULEMENT OU UNITÉS MORPHOLOGIQUES DES COURS D’EAU À HAUTE ÉNERGIE. Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture, 315 : 189-210p.

MALVERTI L, 2011. ÉTUDE DES COLMATAGES MINÉRAUX ET ALGAUX DES FONDS DE LA LOUE : CONSÉQUENCES SUR LES COMPARTIMENTS BIOLOGIQUES; Université de Franche-Comté 58p+annexes.

MOCK & PETERS, 1990. LYSOZYME ACTIVITY IN RAINBOW TROUT, ONCHORHYNCHUS MYKISS, STRESSED BY HANDLING, TRANSPORT AND WATER POLLUTION. J Fish Biol, 37, 873-885p.

PAUL C & BELBARHI L, 2012. CLONALITÉ DE *SAPROLEGNIA PARASITICA*, LE PARASITE DES POISSONS DU DOUBS, 12p+annexes.

- PICKERING & WILLOUGHBY, 1982. SAPROLEGNIA INFECTIONS OF SALMONID FISH. dans RJ Roberts (ed.), Microbial diseases of fish. Academic Press, Inc. (London), Ltd, London, 271-297p
- PLET P & H TANGUY, 1979. L'ENFOUISSEMENT DU LISIER : CONSEQUENCES SUR LA STRUCTURE DU SOL ET SUR LA DIFFUSION DES PRODUITS DU LISIER. Sci Sol, 355-375p.
- PROLONGE-CHEVALIER, 2007. ÉTUDE HISTOLOGIQUE DU DÉVELOPPEMENT SEXUEL DE L'APRON DU RHÔNE *ZINGEL ASPER* L., PERCIDÉ ENDÉMIQUE MENACÉ D'EXTINCTION. Thèse de doctorat, Lyon, 76p.
- MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 2012. MENACES POUR L'APRON DU RHÔNE (*ZINGEL ASPER*) DANS LE DOUBS (FRANCE) ET DANS LES CANTONS DU JURA ET DE NEUCHÂTEL (SUISSE), rapport du gouvernement de la France, 21p.
- RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA, 2010. PLAN SECTORIEL DES EAUX – DOUBS, 18p.
- TELEOS, 2001. LE DOUBS FRANCO-SUISSE DE MORTEAU A BREMONCOURT – BILAN DES CONNAISSANCES SUR LA RIVIÈRE ET LE BASSIN VERSANT, HIERARCHISATION DES CAUSES D'ALTERATIONS, PROPOSITIONS D'UN PROGRAMME DE RESTAURATION, 144p.
- TOOR & al, 1983. A CASE STUDY OF ACUTE FISH DISEASES IN TANKS LOADED WITH HIGH LEVELS OF ORGANIC MANURES. Aquaculture, 35, 277-282p.
- VALLOD, 1999. GESTION DES POPULATIONS D'APRON Bilan 1994-1998 des études préalables au programme LIFE, 25p+annexes.
- VERNEAUX J, 1973. COURS D'EAU DE FRANCHE-COMTÉ. Thèse Fac.Sc. Besançon : 260p.
- VERNEAUX J, 1977. BIOTYPOLOGIE DE L'ÉCOSYSTÈME "EAU COURANTE" - DÉTERMINATION APPROCHÉE DE L'APPARTENANCE TYPOLOGIQUE D'UN PEUPEMENT ICHTYOLOGIQUE. C. R. Acad. Sc. Paris, Tome 284, Série D : 675-677p.
- VERNEAUX J, 1981. LES POISSONS ET LA QUALITÉ DES EAUX. Ann. Scient. Univ. Franche-Comté. Besançon, Biol. Anim. 4ème série 2 : 33-41p.