

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Camille Marcon



Membres du jury :

François DEGIORGI : Responsable de l'option Système Aquatique et Bassin Versant (SABV), Maître de conférences à l'Université de Franche-Comté et tuteur de stage

Hervé DECOURCIERE : Ingénieur d'étude à Téléos et co-tuteur de stage

Pierre-Marie BADOT : Directeur du Master Qualité des Eaux et Traitement des Sols (QuEST)

Myriam EUVRARD : Responsable de l'option Procédés de Traitement et de Dépollution (PTD), Maître de conférences à l'Université de Franche-Comté

Julien MAUPOUX : Maître de stage, Chargé d'études à la Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Rapport final

Novembre 2016

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche

et la Protection du Milieu Aquatique

123, rue de Barbentane - Sennecé

BP 99 - 71004 MACON Cedex

Tél : 03 85 23 83 00

Auteur

Camille Marcon,

Stagiaire,

Master 2 « Qualité des Eaux, Sols et Traitements »,

Université de Franche-Comté

corrigé par Julien Maupoux

Avec la participation technique de :

Thomas BRETON, Rémy CHASSIGNOL, Alain MERCIER, Didier PAGEAUX

Irénée SICARD, Thierry VAUTRIN

Etude réalisée avec le concours financier de :

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse

Fédération Nationale de la Pêche en France et de la Protection du Milieu Aquatique

Novembre 2016

Table des matières

Présentation de la structure d'accueil	6
Remerciements	8
Résumé	9
Abstract.....	9
Introduction	10
Chapitre 1 : Matériels et Méthodes	12
1. Contexte de l'étude	12
A. Historique	12
B. Notions de « débit » et Réglementation	12
2. Présentation du bassin versant du Rançon.....	13
A. Situation géographique	13
B. Géologie et morphodynamique.....	15
C. Pluviométrie et données hydrologiques	18
D. Occupation du sol.....	18
E. Captage d'eau potable de la CUCM	20
3. Etude de la qualité biogène	22
C. Macrobenthos (Mag20).....	24
D. Ichtyofaune (pêche électrique quantitative et biométrie)	27
4. Etude de la qualité physique	28
A. Méthode Tronçon	29
B. Méthode IAM.....	32
C. Coefficients découlant de l'IBGN	33
5. Etude de la qualité physico-chimique.....	33
6. Etude du débit réservé (EstimHab)	34
Chapitre 2 : Résultats	37
1. Capacité biogène	37
A. Etude des macroinvertébrés benthiques d'eau douces	37
B. Etude de l'ichtyofaune	41
2. Qualité physique du cours d'eau.....	50
A. Méthode Tronçon	50
B. Méthode IAM.....	53
C. Coefficient découlant des Mag20	55
3. Physico-chimie.....	56
4. Méthode EstimHab et débit réservé	57
Chapitre 3 : Discussion	61
Conclusion / Ouverture	63
Bibliographie	A
Annexes	H

Table des figures

Figure 1 : Schéma représentant une morphologie-type d'un cours d'eau de têtes de bassin versant capté.....	11
Figure 2 : Profil altimétrique du Rançon et lieu de confluence avec les différents cours d'eau pris en compte dans cette étude. Source : figure réalisée en interne sur la base des données issues de la BDTopo et du SCAN 25 (IGN)	14
Figure 3 : Localisation des différents captages du bassin du Rançon et des différentes stations étudiées. Source : carte réalisée à partir de données issues de la BD Topo 71 du SCAN 25 (IGN)	16
Figure 4 : Carte géologique du secteur d'étude du Rançon. Source : BRGM.....	17
Figure 5 : Répartition de l'occupation des sols des différents sous-bassins du Rançon (en %).....	19
Figure 6 : Carte Corine Land Cover du bassin du Rançon. Source : MapInfo & Corine Land Cover	19
Figure 7 : Schéma synthétique du réseau de captage sur le bassin versant du Rançon pour la CUCM.....	21
Figure 8 : Carte de localisation des stations de prélèvements du Rançon (au niveau du Pont d'Ajoux) et un affluent servant de station témoin (ru de Fontaine Mollaine). Source : MapInfo.	23
Figure 9 : Carte de localisation des stations de prélèvements de deux affluents du Rançon (ru des vernes de Lyre et ru de Bière). Source : MapInfo.....	23
Figure 10 : Profil longitudinal d'un affluent du Rançon. A) Ru témoin de Fontaine Mollaine. B) Ru du Rançon (entre l'Etang du Martinet et la confluence avec le ru de Fontaine Mollaine). Source : BDTopo 71	30
Figure 11 : Profil longitudinal de deux affluents du Rançon. C) Ru des Vernes de lyre. D) Ru de Bière.....	31
Figure 12 : Démarche pour la définition du DMB d'un cours d'eau.	34
Figure 13 : Relation entre l'abondance et la variété générique des espèces de TEPC (Trichoptères, Ephéméroptères, Plécoptères, Coléoptères) des différentes stations étudiées.....	40
Figure 14 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Vernes de Lyre amont » et calcul de l'Indice Poisson Rivière	44
Figure 15: Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Vernes de Lyre aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière	44
Figure 16 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Vernes de Lyre aval lointain » (Rau de la Papeterie) et calcul de l'Indice Poisson Rivière	44
Figure 17 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Rançon aval lointain » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.	45
Figure 18 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Rançon aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.....	45
Figure 19 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Rançon amont » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.....	45

Figure 20 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Fontaine Mollaine amont » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.	46
Figure 21 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Bière aval Lointain » (Rau de la Forêt aux Merles) et calcul de l'Indice Poisson Rivière. .	46
Figure 22 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Bière aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.	46
Figure 23 : Densités et biomasses de truite fario de chaque station relatives au linéaire de cours d'eau inventorié.....	47
Figure 24 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Fontaine Mollaine aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.	47
Figure 25 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour les tronçons de Fontaine Mollaine	50
Figure 26 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour les tronçons du ruisseau de Bière.....	51
Figure 27 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour les tronçons des Vernes de Lyre.....	51
Figure 28 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour la portion du Rançon étudié.....	52
Figure 29 : Scores IAM poisson et écrevisses (ISCA), ainsi que les IAM de référence associées pour chacune des stations étudiées.	53
Figure 30 : Valeur d'habitat pour différents débits, pour les espèces présentes sur le Rançon en aval du captage (méthode EstimHab) (TRF-ADU : truite fario adulte ; TRF-JUV : truite fario juvéniles ; CHA : chabot ; LOF : loche franche ; VAI : vairon)	59
Figure 31 : Surface pondérée utile (en m ² /100 m de cours d'eau), pour différents débits, pour les espèces présentes sur le Rançon en aval du captage (méthode EstimHab) (TRF-ADU : truite fario adulte ; TRF-JUV : truite fario juvéniles ; CHA : chabot ; LOF : loche franche ; VAI : vairon).....	60

Table des tableaux

Tableau 1 : Présentation de l'équipe de la Fédération de pêche 71.	6
Tableau 2 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations des Vernes de Lyre.	37
Tableau 3 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations de Bière.	37
Tableau 4 : Tendances des notes et indices macrobenthiques en aval des prises d'eau étudiées.	38
Tableau 5 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations du Rançon. ..	38
Tableau 6 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations de Fontaine Mollaine.....	38
Tableau 7 : Indices relatifs à la qualité structurelle du peuplement macrobenthique. ...	41
Tableau 8 : Caractéristiques des stations d'inventaires piscicoles	42
Tableau 9 : liste des espèces capturées en 2016 dans le Bassin du Rançon	43
Tableau 10 : Liste des paramètres utilisés pour le calcul du Niveau Typologique Théorique.....	43

Tableau 11 : Résultats des IAM des ruisseaux du bassin du Rançon et d'autres paramètres (indice de diversité, régularité, nombre de substrat, hauteur d'eau, vitesse de courant et de pôle).....	53
Tableau 12 : Résultats de différents indices de qualité physique (Coefficient morphodynamique, indice de complexité et de fragilité).....	55
Tableau 13 : Résultats des mesures de températures effectuées entre le 17/06/2016 et le 31/08/2016 sur les différentes stations étudiées (tmj : température moyenne journalière ;Tm30j max : température moyenne des 30 jours les plus chauds ; Vdl : ruisseau des Vernes de Lyre ; FM : ruisseau de Fontaine Mollaine).	56
Tableau 14 : Débits jaugés lors des deux campagnes de mesure et Débit médian naturel estimé pour la station « Rançon aval »	58

Table des annexes

Annexe 1 : Localisation des différents sites d'étude sur le bassin du Rançon (géoportail.fr).....	I
Annexe 2 : Numérotation des HER-1 en France. Source : AIDA, 2010.	J
Annexe 3 : Numérotation des différentes HER-2 en France. Source : AIDA, 2010.	J
Annexe 4 : Noms de différentes HER-1 et HER-2 en France. Source : AIDA, 2010.....	K
Annexe 5 : Diagramme des variations annuelles des températures et des précipitations (A), ou d'ensoleillement (B) sur le Creusot. Source : meteofrance.fr.....	L
Annexe 6 : Localisation géographique des deux principales communes de la CUCM.	M
Annexe 7 : Niveau systématique de détermination des différents ordres de macroinvertébrés benthiques. Source : Teleos, 2000.	M
Annexe 8 : Liste faunistique des macroinvertébrés macrobenthiques retrouvés en Saône-et-Loire, au genre. Source : OPIE Benthos 71.....	N
Annexe 9 : Codification directive de l'espace fluvial pour échantillonner les biocénoses benthiques. Source : Teleos & LBE de l'Université de FC , 2000.	O
Annexe 10 : Grille d'aide au calcul de la note IBGN et de robustesse.	P
Annexe 11 : Répertoires des 92 indicateurs d'invertébrés macrobenthiques classés selon i.....	Q
Annexe 12 : Statut et mesures de protection des espèces piscicoles du BASSIN VERSANT du Rançon. Source : ARTELIA et CUCM, 2016.	R
Annexe 13 : Fiche descriptive de la méthode de De Lury et de Carle & strub pour l'estimation des densités et des biomasses lors de pêches électriques. Source : De Lury 1947, Carle & Strub 1978.	S
Annexe 14 : Limites des cotes d'abondance pour les estimations exhaustives (ex : pêches à 2 passages ou plus).....	T
Annexe 15 : Calcul du NTT. Source : Verneaux 1977.	U
Annexe 16 : Schéma des 4 composantes de la qualité physique des cours d'eau. Source : Teleos 2000.....	V
Annexe 17 : Fiche de relevé terrain de la méthode Tronçon. Source : Teleos 2000.....	W
Annexe 18 : Critères à prendre en compte pour le calcul d'un IAM. Source : Teleos, 2000.	DD

Annexe 19 : Cotation de l'attractivité globale des substrats/supports pour les écrevisses pieds blancs. Source : Téléos 2003.....	EE
Annexe 20 : Résumé de l'application de la Méthode estimHab sur le terrain.....	JJ
Annexe 21 : Liste faunistique des Vernes de Lyre amont (Mag20)	MM
Annexe 23 : Carte des hauteurs d'eau, de vitesse et de substrats des stations des Vernes de Lyre. A) Station amont. B) Aval. C) Aval lointain. Source : MapInfo	DDD
Annexe 24 : Tableau des résultats des analyses physico-chimiques des ruisseaux étudiés dans le bassin du Rançon. Comparés aux valeurs du SEQ-Eau, puis aux valeurs de Nisbet&Verneaux.	HHH
Annexe 25 : Schéma captage des Vernes de Lyre et le déversoir aval (CUCM & Artélia 2016).....	III
Annexe 26 : ACF des TEP des stations étudiées dans le bassin du Rançon.....	MMM

Présentation de la structure d'accueil

La Fédération Départementale de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique a été déclarée, pour la première fois, le 12 mars 1942 à la Préfecture de Saône-et-Loire. C'est une association fondée sur la Loi 1901, régie par le Code de l'Environnement, en tant qu'établissement d'utilité publique. Elle représente plus de 37 000 pêcheurs. La Fédération de Saône-et-Loire est l'une de celle qui délivre le plus de cartes de pêche en France, lui permettant d'avoir une plus grande autonomie financière (« Fédération Départementale de Pêche 71 » 2016). Son siège social est basé à Macon (123, rue de Barbentane – BP 99 – SENNECE – 71 000 MACON). Elle est composée de différents services permettant son bon fonctionnement (Tableau 1).

Tableau 1 : Présentation de l'équipe de la Fédération de pêche 71.

Source : www.peche-saone-et-loire.fr

Président	Georges Guyonnet
Vice-Président	Marc Durandin
Trésorier	Bernard Pichet
Secrétaire	Joel Chatot
Services administratifs	Virginie Pollier & Tiphaine Buy
Chargés d'études	Rémy Chassignol & Julien Maupoux
Animateur	Irénée Sicard
Garde fédéral (Secteur du Doubs, de la Dheune, de la Saône en amont de Tournus)	Didier Pageaux
Garde fédéral (Secteur de la Seille, de la Guye de la Grosne en aval de Cluny)	Thierry Vautrin
Garde fédéral (Secteur du Mâconnais et Beaujolais de la Grosne amont, du Sornin, de l'Arconce et de la Loire amont de Digoïn)	Thomas Breton
Garde fédéral (Secteur du bassin minier (La Bourbince, le canal du Centre et ses plans d'eau d'Alimentation), l'Arroux, le Morvan et la Loire aval de Digoïn)	Alain Mercier

La Fédération de pêche a pour mission l'encadrement et le développement de la pêche de loisirs, l'éducation à l'environnement, l'étude de la préservation et la restauration des milieux aquatiques du département (aménagement de frayères, entretien et restauration de zones humides, création d'habitats pour le poisson, pêches de sauvetage, constitution de réserves, ...), et veiller à l'application de la réglementation. A titre d'exemple, la Fédération a participé activement à la définition des réservoirs biologiques du département de Saône-et-Loire, à la procédure de classement des cours d'eau relative à la libre circulation des espèces piscicoles et des sédiments, ainsi qu'à l'inventaire des frayères et des zones d'alimentation ou de croissance de la faune piscicole dans le cadre de l'article L432-3 du Code de l'Environnement. La Fédération

réalise aussi un ensemble de diagnostics d'études et de suivi piscicoles, et astacicoles (écrevisses), pour le compte des syndicats de rivière. Les Agences de l'Eau, la Région Bourgogne et la Fédération nationale pour la pêche sont les principaux financeurs. Ces travaux sont menés dans le cadre des procédures de Contrat de Rivière, et de Contrat territorial, permettant de définir des actions et des stratégies de gestion susceptibles d'améliorer la qualité des milieux aquatiques du département (« Fédération Départementale de Pêche 71 » 2016).

La Fédération de pêche de Saône-et-Loire fédère 70 Association Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (APPMA). Les APPMA remplissent plusieurs rôles. Elles détiennent et gèrent les droits de pêche qu'elles acquièrent, négocient, reçoivent ou louent sur les domaines publics ou privés. Elles participent à la protection et à la mise en valeur des milieux aquatiques, du patrimoine piscicole, luttent contre le braconnage, la pollution et la destruction des zones essentielles à la vie du poisson. Elles favorisent l'information et réalisent des actions d'éducation du public vis-à-vis des milieux aquatiques. Elles sont fédérées par la Fédération départementale de pêche, essentiellement en vue d'assurer des fonctions de représentation associative, de coordination ou d'appui technique (« Fédération Départementale de Pêche 71 » 2016).

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier Mr Georges GUYONNET pour m'avoir accueilli dans sa structure et d'avoir mis tous les moyens en œuvre pour le bon déroulement de ce stage.

Un très grand merci à mon maitre de stage Julien MAUPOUX pour sa grande disponibilité, sa bonne humeur, son soutien moral lors de cet été pluvieux, ses précieux conseils et de m'avoir fait profiter de son expérience dans le domaine de milieux aquatiques durant ces 6 mois.

Je tiens également à remercier tout le personnel de la Fédération 71 pour leur accueil chaleureux. Rémy CHASSIGNOL pour sa bonne humeur constante et ses conseils avisés. Irénée SICARD pour faire vivre nos journées autour de débats divers et variés. Tiphaine BUY & Virginie POLLIER pour leur gentillesse et leur jovialité. Ainsi qu'à tous les gardes fédéraux pour leur aide lors des pêches électriques.

Mes remerciements vont également à Mr François DROZDOWSKI et Mr Christian ROUX (AAPPMA « Les Amis du Mesvrin »), ainsi qu'aux bénévoles qui ont participé activement aux pêches électriques.

Je remercie aussi Mr Nicolas ROUSSEL (CUCM) et Mr Éric POULET (ONEMA de Montceau-les-Mines) pour leurs précieux renseignements.

Je remercie la Fédération Nationale de la Pêche, l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et la Fédération de Pêche de Saône-et-Loire pour leur participation au financement de cette étude.

Merci à Mr François DEGIORGI et Mr Hervé DECOURCIERE, mes tuteurs de stage pour leur disponibilité, la rapidité de leurs réponses, leurs conseils et l'intérêt qu'ils ont porté à mon stage.

Je tiens à remercier tout particulièrement ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements.

Pour finir je suis également reconnaissant envers mes camarades (et amis) de promotion, toujours là pour apporter leur aide. Ce fut un réel plaisir de partager ces années au sein d'un groupe aussi soudé.

Résumé

Le bassin du Rançon est un affluent bourguignon de l'Arroux, faisant partie du bassin hydrographique de la Loire. Le Rançon et ses affluents sont des cours d'eau présentant des prises d'eau pour l'alimentation en eau de la Communauté Urbaine Creusot-Montceau (CUCM). Afin de mettre en évidence l'éventuel impact de ces captages, un diagnostic des compartiments physique et biologique a été réalisé. Il servira ainsi à prendre conscience de l'impact que peut avoir le prélèvement d'eau sur de petits systèmes et ainsi permettre un meilleur aménagement de ces installations et une modulation des débits prélevés. Pour ce faire, la qualité physique des cours d'eau retenus pour l'étude a été étudiée à l'échelle du tronçon (Méthode Tronçon) et à l'échelle de la station (IAM). Il apparaît que de nombreux obstacles difficilement franchissables (dû à une forte pente), ou infranchissables (captage), associés à des phénomènes de réduction de débits, pénalisent localement la diversité habitacionnelle en modifiant l'équilibre morphodynamique et l'attractivité des cours d'eau. En guise de conséquences, les peuplements piscicoles et macrobenthiques se révèlent être fortement dégradés. Un nouvel aménagement des captages permettant la restitution immédiate de l'eau non prélevée à la rivière serait bénéfique. Et accompagné de l'installation de passes à poissons si le débit après ces changements le permet, pouvant rétablir une continuité écologique.

Mots-Clés : Débit Réserve, Tête de bassin versant, Captage, Macro-invertébrés, Peuplement piscicole.

Abstract

Rançon catchment is a Burgundy tributary of the Arroux river, part of the Loire catchment. The Rançon and its tributaries are streams having water taken to the Community Urban Creusot-Montceau (CUCM). To highlight the potential impact of these catchments, a diagnose of physical and biological compartments were occurred. This present study will be use to realize the potential impact of levy water on headwater streams and allow better management of water collection and adjusting the levy rates. The physical quality of rivers selected for the study was studied across the section (Section Method) and the station scale (IAM). It appears that many difficult obstacles (due to a steep slope) or impassable (water collection), associated with rates reduction phenomena penalize locally the biotic capacities and the habitat templet diversity by alteration of stream's attractiveness. As a consequence, the fish communities and macrobenthos turn out to be significantly degraded. A new management of water collection for the immediate return of the water to the river would be beneficial. And accompanied by fish ladders if the rate its permits, to restore ecological continuity.

Keywords : Instream Flow, Headwater Stream Catchment, Drinking Water, Abstraction, MacroInvertebrates, Fish Stock.

Introduction

Les têtes de bassin versant correspondent aux surfaces drainées par les premiers cours d'eau des réseaux hydrographiques (Lowe et Likens 2005; Arrignon 1998; Bravard et Petit 2000; Giret 2012; Dacharry et Margat 1995; Choquette et Létourneau 2008; Musy et Higy 2004; Henner 2013). C'est pour cela que, généralement, dans les petites têtes de bassin versant de zone tempérée, les débits restent assez faibles, voire même temporaires (Andréassian et Margat 2012; Les agences de l'eau, Onema, et Ministère de l'Ecologie 2016).

Il est possible d'estimer à environ 60% la contribution des têtes de bassin versant aux débits des cours d'eau de rangs supérieurs à 2 (Nguyen Van 2012; Onema 2015; SAGE Vilaine 2012; Henner 2013). Ces petits bassins versant peuvent être considérés comme une richesse commune à protéger et comme « notre capital hydrologique » (Agence de l'eau Loire-Bretagne 2016; SAGE Vilaine 2012; Saône-et-Loire Le Département et Agence de l'eau RMC 2013).

En France, la répartition de la ressource en eau potable est très irrégulière. En effet, contrairement à la majorité des cas, l'alimentation en eau potable des bassins du territoire d'intervention de l'Agence Loire-Bretagne est assurée à 73% par les prélèvements dans les eaux superficielles (BRGM 1995; Saône-et-Loire Le Département et Agence de l'eau RMC 2013).

Le Bassin du Rançon se situe en Bourgogne. Les captages d'eau superficielle sont majoritairement situés dans l'Autunois (Canton d'Autun), pauvre en ressources souterraines. Ce secteur est équipé de barrages-réservoirs alimentant en eau potable l'ensemble de la CUCM (Communauté Urbaine Creusot-Montceau). Plusieurs communes sont alimentées par de multiples sources, vulnérables et très sensibles aux épisodes de sécheresse (Saône-et-Loire Le Département 2016).

Les ruisseaux étudiés sur le bassin versant du Rançon permettent l'alimentation en eau potable et industrielle de la ville du Creusot et des communes alentours. Ces ruisseaux captés sont soumis à des problèmes de continuité écologique. En effet, les ouvrages de captage perturbent le libre transit des organismes (poissons et macroinvertébrés) et des sédiments. Pour restaurer une continuité écologique convenable de ces petits cours d'eau, des aménagements coûteux peuvent être faits comme des passes à poisson. L'évaluation des impacts éventuels des Débits Minimum Biologique (DMB) actuels vont donc contribuer à tenter d'améliorer les connaissances et orienter le choix des financeurs dans la pertinence de l'installation d'une passe à poisson.

En effet, quel DMB faut-il maintenir en aval de l'ouvrage pour garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux ?

Une approche globale et multicritères (Baran 2013) a été mise en place sur le bassin versant du Rançon permettant d'assurer une gestion équilibrée de la ressource pour ces différents usages tout en intégrant la préservation de la qualité des milieux, surtout en période d'étiage (Figure 1).

L'objectif principal est de déterminer l'impact des captages d'eau potable du bassin versant du Rançon sur les macroinvertébrés benthiques et l'ichtyofaune. Ce rapport va dans un premier temps commencer par situer la zone d'étude. La qualité biogène sera étudiée au travers de l'application du protocole Mag20 sur chaque cours d'eau étudié (station amont, aval et aval lointain) et de pêches électriques. La qualité physique de ces cours d'eau va être mise en évidence par les méthodes tronçons et les Indice d'Attractivité Morphodynamique « IAM ». La thermie et d'autres facteurs (pH, oxygénation...) vont être étudiés pour déterminer la qualité physico-chimique. La méthode EstimHab permettra d'aider à prendre une décision concernant les valeurs de débits réservés imposées aux cours d'eau.

Cette étude va donc tenter de concilier : la gestion de la ressource et la protection du milieu naturel, tout en gardant en tête les besoins en eau de la CUCM.

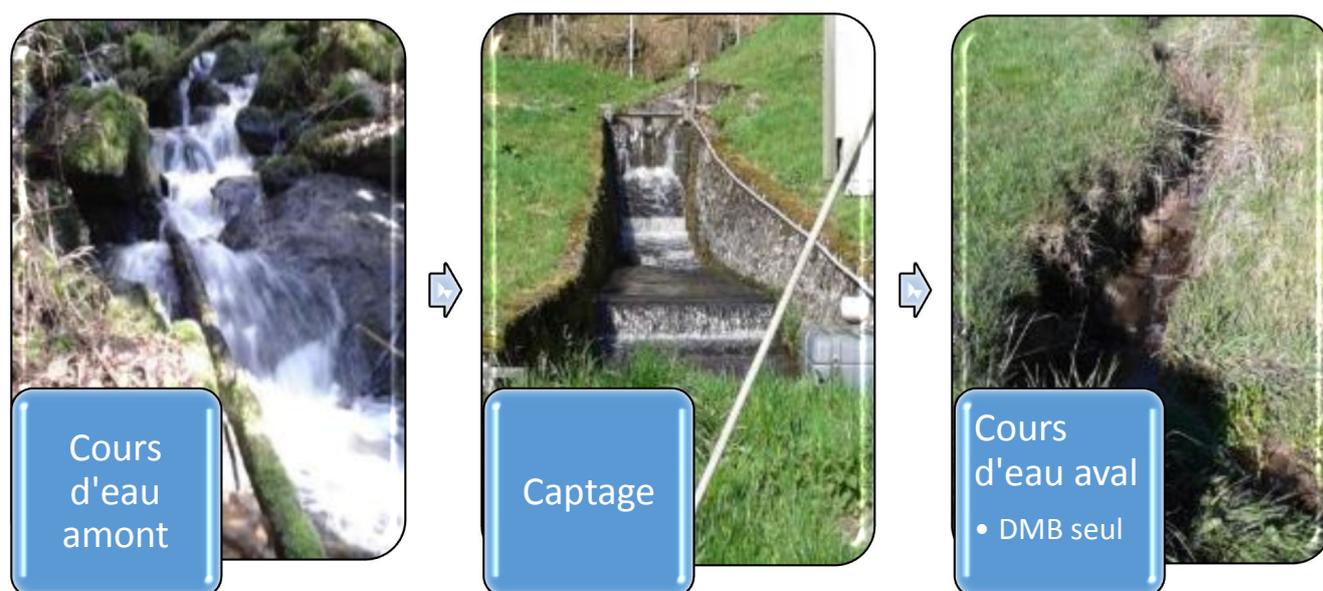


Figure 1 : Schéma représentant une morphologie-type d'un cours d'eau de têtes de bassin versant capté.
Source : Photos personnelles.

Chapitre 1 : Matériels et Méthodes

1. Contexte de l'étude

A. Historique

D'un point de vue historique, c'est en 1836 que la famille lorraine Schneider s'installe dans la ville du Creusot. C'est elle qui va essentiellement contribuer au développement industriel et urbain de la ville (le-creusot 2016). En 1861, le Creusot comptait 16 000 habitants qui consommaient 100 m³/j (environ 6 L/hab) tandis que les usines nécessitent 3 000 m³/j. La ressource locale était de l'ordre de 3 500 m³/j sans possibilité de l'augmenter. La prévision d'une forte croissance (industrielle et démographique) imposait donc aux établissements Schneider de se tourner vers les bassins versants voisins (ruisseau de St-Sernin-du-Bois en 1863, le Rançon et ses affluents en 1870) afin de satisfaire l'ensemble des besoins en eau (Académie François Bourdon 2015). Le Rançon et ses affluents ont l'avantage d'être à une altitude légèrement supérieure à celle de la ville du Creusot, et donc d'assurer un acheminement sans pompes, uniquement grâce à la gravité (Académie François Bourdon 2015). En 1975, le Creusot Loire cède le barrage de St Sernin et l'ensemble des captages à la Communauté Urbaine Creusot-Montceau (CUCM) qui en confie l'exploitation à la Compagnie générale des Eaux (aujourd'hui nommée Véolia) (Académie François Bourdon 2015).

B. Notions de « débit » et Réglementation

Quelques définitions peuvent être utiles. Tout d'abord, le terme de « Débit Minimum Biologique » (DMB) est consacré par l'usage et correspond à la notion définie par le premier paragraphe du I de l'article L214-18 du Code de l'Environnement : « débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux » (Ministère de l'Ecologie 2011).

Le « débit plancher » est quant à lui défini au second paragraphe du I de l'article L214-18 du Code de l'Environnement. Il correspond à un minimum intangible servant de protection pour les milieux aquatiques. Il est exprimé en fraction de débit moyen interannuel naturel (module) et correspond au 10^{ème} ou 20^{ème} de celui-ci suivant les cas (Ministère de l'Ecologie 2011; Ministère de l'Ecologie 2009).

La notion de « débit réservé » est consacrée elle-aussi par l'usage. Elle a une portée législative et réglementaire où elle fixe la valeur du débit d'un ouvrage, en application *a minima* du I de l'article L. 214-18 du Code de l'Environnement. Cette valeur

de débit réservé doit correspondre à la plus forte valeur entre le DMB et le débit plancher (Ministère de l'Ecologie 2011; Caissie, El-Jabi, et Bourgeois 1998).

Le 23 octobre 2000, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE fixait au niveau européen un objectif de « Bon Etat Ecologique » des 2/3 des différentes masses d'eau et milieux aquatiques à atteindre en 2015 (repoussé à 2021 en 2ème cycle, ou en 2027 après dérogation) (Merot 2006; Brunnarius 2015, 3; DREAL Bourgogne 2013; Thoumy 2011). Mais qu'est-ce qu'un cours d'eau en « bon état écologique » ? L'état écologique traduit donc la qualité du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux eaux de surface. Il dépend en partie de la composition faunistique et floristique, qui doit être peu éloignée de ce qu'on aurait en situation naturelle en termes de diversité, de quantité et de qualité de populations. Cela suppose donc une pression anthropique réduite sur les milieux aquatiques (Onema 2012). D'autres paramètres sont aussi à prendre en compte, autre que le critère biologique, tel que la qualité physique et physico-chimique de l'eau (Eaufrance 2016; Merot 2006; Delarras 2010).

L'une des obligations imposée par la LEMA (reprise par l'article L.214-18 du Code de l'Environnement) (ONEMA 2007) consiste à maintenir en tout temps, dans le cours d'eau au droit ou à l'aval immédiat d'un ouvrage un DMB fixé à 1/10ème du module (ARTELIA et CUCM 2016; Préfet de l'Eure 2015; Préfet du Gers 2013; Collet 2011; Ministère de l'Ecologie 2011). A noter que le deuxième de l'article L. 214-18 du code de l'environnement (Ministère de l'Ecologie 2011) introduit la possibilité de moduler la valeur du débit minimal peut ainsi varier autour de sa valeur selon les périodes de l'année et le cycle de vie des espèces (reproduction, croissance, migration) par exemple, pour atteindre des valeurs supérieures à certaines périodes de l'année, et des valeurs inférieures à d'autres périodes, en fonction des besoins des populations vivant dans le cours d'eau (ARTELIA et CUCM 2016; Préfet de l'Heure et ONEMA 2014; ONEMA et Cemagref 2011).

2. [Présentation du bassin versant du Rançon](#)

A. Situation géographique

Le département de Saône-et-Loire, d'une superficie de 8 575 km² compte près de 8 000 km de cours d'eau, dont 300 km navigables et 5 000 plans d'eau recensés. Ce territoire est divisé en deux grands bassins versants, celui de la Saône à l'Est (réseau hydrographique Rhône-Méditerranée-Corse) et celui de la Loire à l'Ouest (réseau hydrographique Loire-Bretagne), de superficie sensiblement équivalente (Saône-et-Loire Le Département et Agence de l'eau RMC 2013).

Le Rançon est une petite rivière de têtes de bassin versant de Bourgogne située en Saône-et-Loire à proximité de la ville du Creusot, dans le canton d'Autun (situé à moins de 10 kilomètres du Parc Naturel Régional du Morvan) (Annexe 1). Le Bassin du Rançon fait partie de l'Hydro-EcoRégion HER-1 n°21 « Massif Central Nord » et HER-2

n°87 « Morvan-Charolais » (Annexe 2 à 4) (AIDA 2010; J.-G. Wasson et al. 2002). Il fait partie du sous bassin du Mesvrin, dans le bassin de l'Arroux (SDVP de Saône et Loire 2009), inclut dans le bassin de la Loire et du réseau hydrographique de l'Agence Loire-Bretagne. Cette rivière et ses nombreux affluents sont classés en zone piscicole de première catégorie sur tout leur linéaire (SDVP de Saône et Loire 2009). D'après l'arrêté du 10 juillet 2012 pris par le Préfet coordonnateur du bassin hydrographique Loire-Bretagne, le Rançon est classé en liste 1 « rivières à préserver » sur la totalité de son linéaire (art. L.214-17 du Code de l'Environnement) (ARTELIA et CUCM 2016). Ces eaux fraîches sont peuplées d'espèces à fortes valeur patrimoniale comme la truite (*Salmo trutta*), et même dans certains secteurs, d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) (Mahieu et Paris 1998; SDVP de Saône et Loire 2009). Le Rançon s'écoule dans le fond d'une petite vallée entre 580 m et 280 m d'altitude (Figure 2). Les affluents qui vont être étudiés dans ce rapport sont situés sur les flancs du versant entre 500 et 300 mètres d'altitude. Les réservoirs du Haut-Rançon sont alimentés par le Rançon et se jette dans le Mesvrin en aval de la commune de Broye, avec un linéaire approximatif de 17 kilomètres depuis la source (Figure 2) (IGN, BD TOPO).

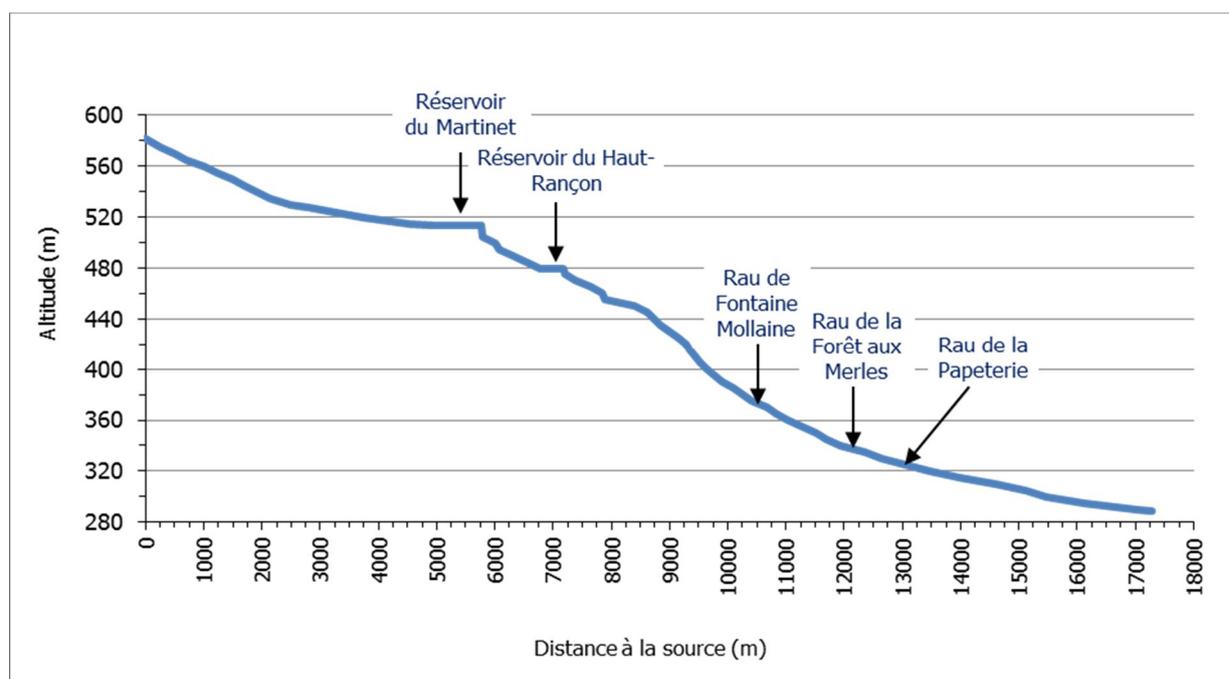


Figure 2 : Profil altimétrique du Rançon et lieu de confluence avec les différents cours d'eau pris en compte dans cette étude. Source : figure réalisée en interne sur la base des données issues de la BDTopo et du SCAN 25 (IGN)

Dans le cadre de cette étude, 4 cours d'eau ont été pris en compte (Figure 3) :

- le Rançon, cours d'eau sur lequel est implanté le captage de Pont d'Ajoux,
- le ruisseau de la Forêt aux Merles et son affluent le ruisseau de Bière, sur lequel est implanté un captage,
- le ruisseau de la Papeterie et son affluent, le ruisseau de Bière, sur lequel est implanté un captage,
- le ruisseau de Fontaine Mollaine sur le quel n'est implanté aucun captage.

Les contraintes temporelles n'ont pas permis de traiter les 2 autres captages situés sur le ruisseau de la Fontaine aux Merles et sur la Papeterie. Les schémas des captages de ces ruisseaux sont à retrouver en annexe 25 (ARTELIA et CUCM 2016).

Le ruisseau du Rançon possède un captage au niveau du hameau de Pont d'Ajoux, à un peu plus de 9 km de sa source. La prise d'eau du Pont d'Ajoux (sur la commune de Marmagne) se situe à environ 2 km en aval du réservoir du Haut-Rançon. Le seuil bétonné du captage est destiné à tenir la ligne d'eau pour l'alimentation de la vanne de la prise d'eau en rive gauche. Cet ouvrage correspond à un seuil de type « poids », implanté perpendiculairement au lit mineur. En prenant le niveau d'eau une dizaine de mètres en aval, l'ouvrage induit une chute à bas débit de l'ordre de 2,5m, et une chute amont/aval de la crête de 0,64m (ARTELIA et CUCM 2016). L'ouvrage comporte en son centre une échancrure triangulaire, aménagée en 2000, destinée à l'écoulement du débit réservé. La valeur de débit réservé de 35,4 L/s est donc respectée lorsque l'échancrure est pleine (ARTELIA et CUCM 2016).

Le ruisseau de Bière est un affluent du Rançon qui possède aussi un captage d'eau potable. Son bassin versant possède une superficie de 5,1 km². Ce cours d'eau possède au niveau du captage un système s'apparentant à une petite rivière de contournement. Il est donc intéressant de voir si ce dispositif permet une meilleure restitution des débits en aval du captage.

Le ruisseau des Vernes de Lyre est lui aussi un affluent du Rançon avec un captage. Son bassin versant possède une superficie de 6,4 km². Au niveau de la prise d'eau, le Bassin versant des Vernes de Lyre est de 2 km².

Le ruisseau de Fontaine Mollaine a été choisi pour faire office de station témoin sans captage. Son bassin versant possède une superficie de 1,1 km².

B. Géologie et morphodynamique

D'un point de vue géologique, le secteur d'étude se trouve sur un massif granitique. Le granite de Mesvres (granite alumineux à 2 micas intrusif du Namuro-Westphalien) est en contact par faille au Nord avec les formations plus récentes du Permien du bassin d'Autun (schistes et grès) (Jauffret 2014). Le granite affleure dans le vallon escarpé du Haut-Rançon, ainsi que dans la partie supérieure des vallons de Chevanne et de Montmaison, ainsi que sur la majeure partie de la propriété de Montjeu (en rouge sur la Figure 4) (ARTELIA et CUCM 2016). Le Trias gréseux sur le plateau d'Antully surplombe le vallon du Rançon (en beige sur la Figure 4). Les argiles et grès du Rhétien, puis les calcaires de l'Hettangien, ils sont situés au Nord-Est du bassin versant (bourg d'Antully sur la Figure 4). Les Gneiss et mignatites affleurent dans les vallons où sont implantées les prises d'eau et jusqu'au château de Montjeu (en jaune sur la Figure 4) (ARTELIA et CUCM 2016; Cabinet Merlin et Antéa 2005).

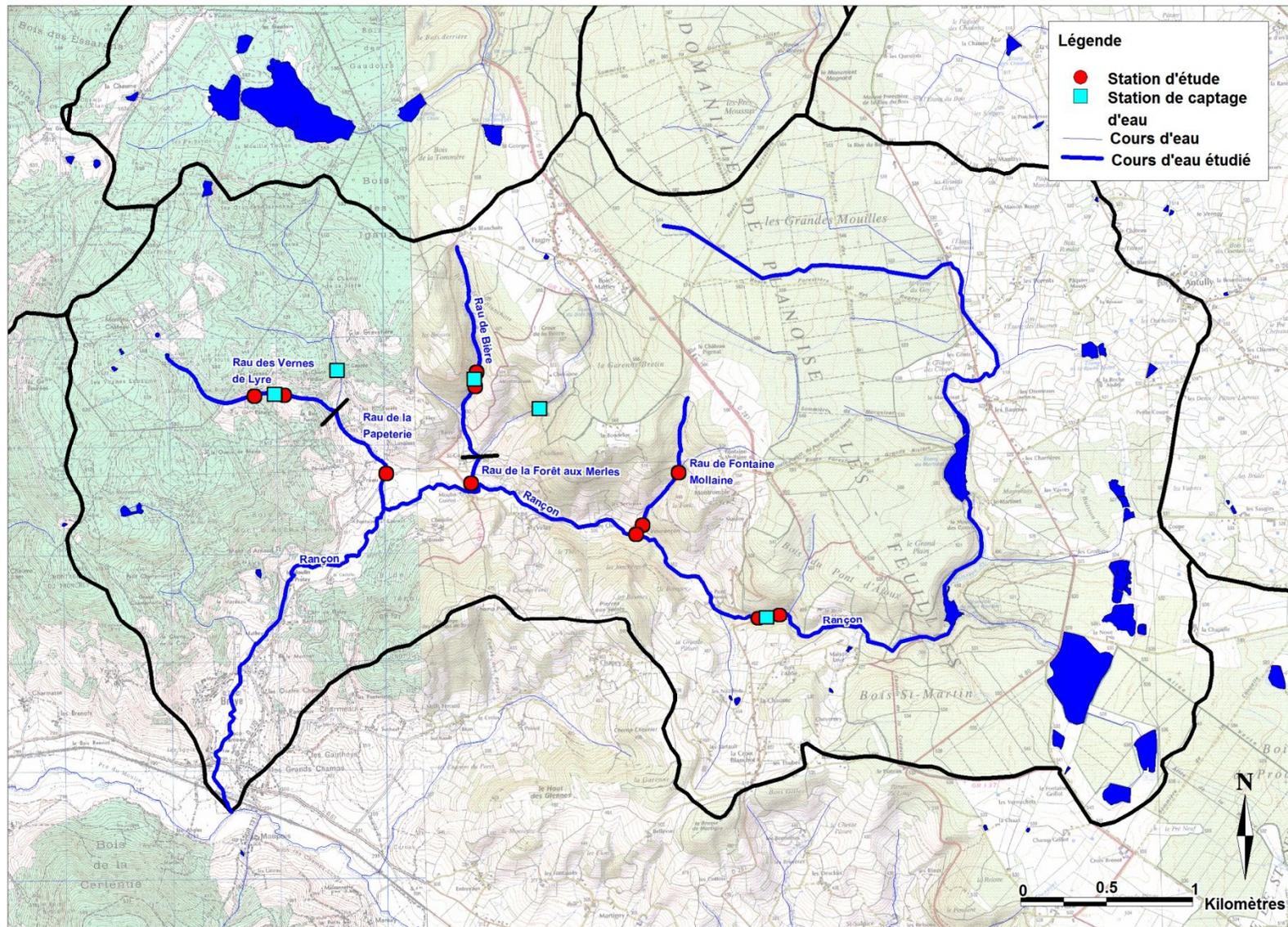


Figure 3 : Localisation des différents captages du bassin du Rançon et des différentes stations étudiées. Source : carte réalisée à partir de données issues de la BD Topo 71 du SCAN 25 (IGN)

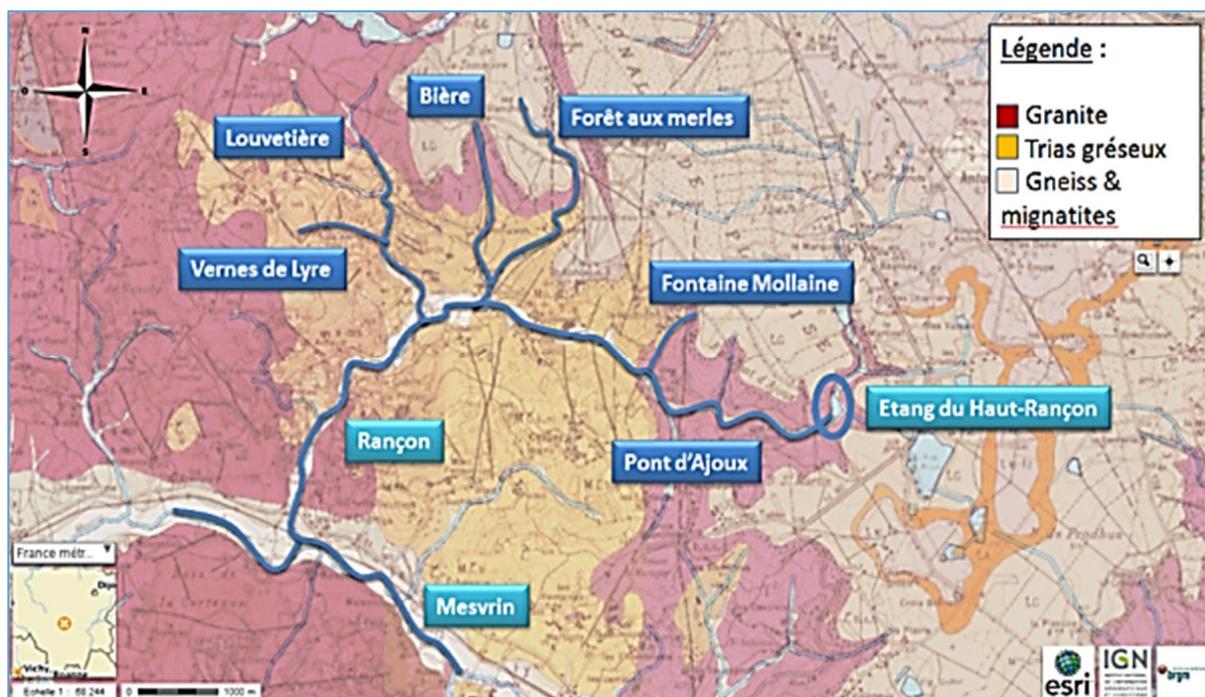


Figure 4 : Carte géologique du secteur d'étude du Rançon. Source : BRGM

Le socle cristallophyllien et granitique peut être de type aquifère, notamment dans sa partie supérieure où se développent des niveaux d'arènes perméables. Cependant, l'essentiel des circulations souterraines va se développer sur le plateau, au sein des grès du Trias et du Rhétien. Les volumes emmagasinés dans les grès vont être restitués en bordure du plateau. De par le pendage de la couverture sédimentaire Est à Sud-Est, on peut supposer l'existence d'une restitution vers 2 prises d'eau seulement : Bière et Forêt aux Merles. La faible distance concernée laisse à penser que les volumes seront peu importants et donc que la majeure partie des eaux collectées aura une origine superficielle (Cabinet Merlin et Antéa 2005). Les niveaux argileux intercalés discontinus, tout comme les calcaires fracturés au sommet ne constituent pas de véritables barrières étanches mais de simples retardateurs à l'infiltration des eaux météoriques vers les grès. L'absence de couverture géologique efficace au-dessus de ces aquifères fait qu'ils sont particulièrement vulnérables (Cabinet Merlin et Antéa 2005).

Sur le plan morpho-dynamique, la plupart de ces cours d'eau sont théoriquement proches de leur état d'équilibre morphodynamique. En raison de fortes pentes en tête de bassin (supérieur à 1-2%), leur sinuosité est logiquement faible (proche de 1) avec un tracé rectiligne. (ARTELIA et CUCM 2016).

A noter que les aménagements destinés à l'exploitation de la ressource en eau brute (ouvrage de captage) ont induit une artificialisation de l'hydrologie des cours d'eau, susceptible de perturber leur activité morphodynamique, notamment sur le Rançon en aval des réservoirs (Haut-Rançon) qui peuvent jouer un rôle d'écêtement (suivant leur état de remplissage) lors d'évènements hydrologiques importants (ARTELIA et CUCM 2016).

La dynamique alluviale de ces cours d'eau apparaît comme faible et l'ampleur du transit sédimentaire est réduite majoritairement aux sables grossiers (transport en partie en suspension) et aux graviers par charriage. La charge très grossière de galets/blocs apparaît néanmoins potentiellement mobile en l'absence de pavage ou de colmatage notable mais selon une dynamique très lente et donc difficilement perceptible à notre échelle (ARTELIA et CUCM 2016).

C. Pluviométrie et données hydrologiques

La Saône-et-Loire est soumise à un climat de type continental (Annexe 5). Dans cette zone climatique tempérée, les variations météorologiques saisonnières influencent les écoulements avec un fort actif pluvial en hiver (période de hautes eaux) et un passif évaporal en été (période d'étiage) (Giret 2012; Merot 2006).

Le débit moyen des cours d'eau de cette étude est donc fonction des précipitations mensuelles tombées sur le bassin versant avec un rapport variant au cours de l'année (Cabinet Merlin et Antéa 2005). Or, pour l'année 2016, au début du mois de juin, les conditions d'étiage n'étaient toujours pas atteintes en raison d'un printemps et d'un début d'été très humide et pluvieux. En effet, les cours d'eau étaient encore en crue biennale, d'après les données hydrométriques du site www.rdbrmc.com. Ce biais climatique nous a donc obligé à repousser les applications des protocoles exigeants des conditions d'étiage jusqu'à mi-juin (Mag20, IAM, Méthode Tronçon, EstimHab).

D. Occupation du sol

De mauvaises pratiques sur le bassin versant peuvent dégrader le milieu et diminuer les services écosystémiques (Onema 2016; Lowe et Likens 2005), comme ça peut être le cas dans cette étude concernant des prélèvements potentiellement intensifs d'eau dans le milieu. Même si théoriquement, les têtes de bassin versant devraient être moins exposées aux pressions anthropiques que les parties avales (Glossaire sur l'eau 2016; Lowe et Likens 2005).

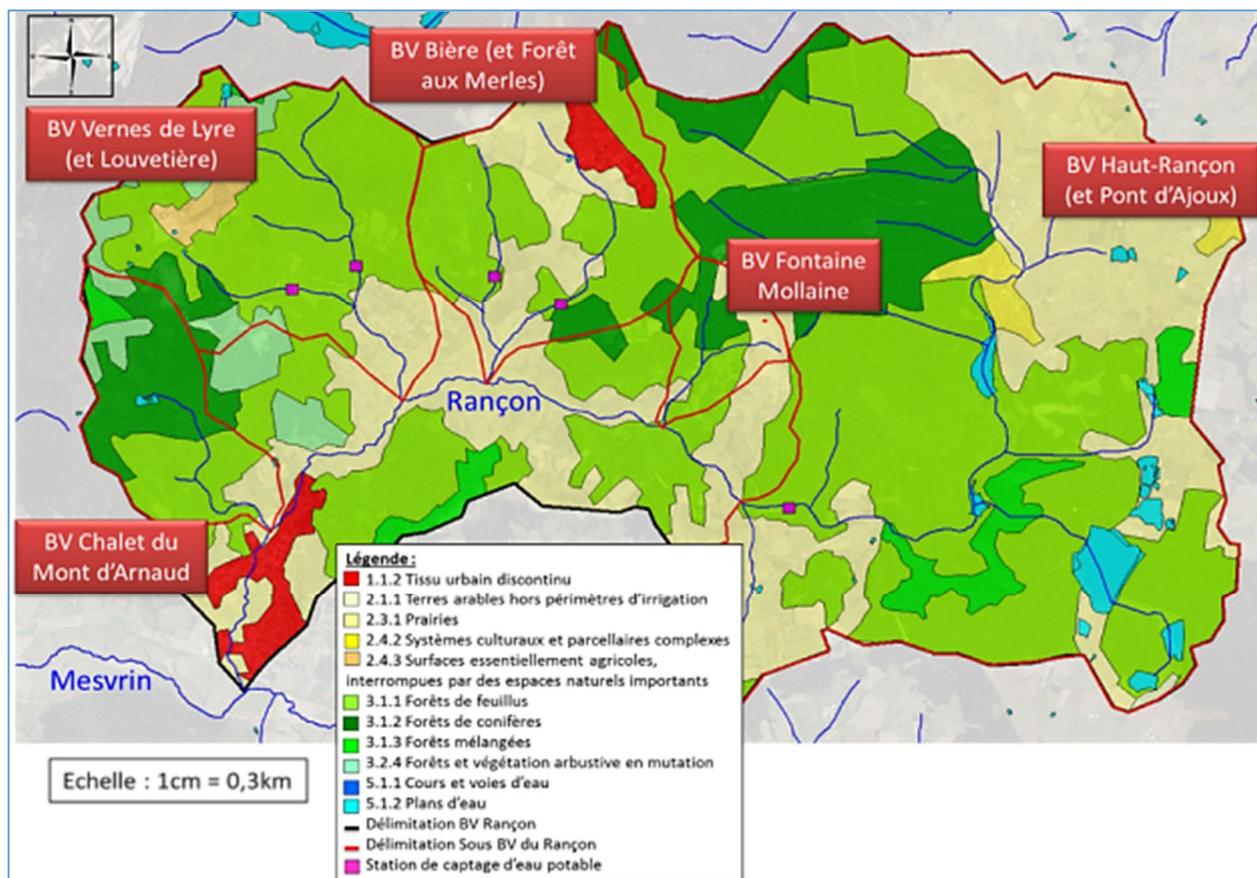


Figure 6 : Carte Corine Land Cover du bassin du Rançon. Source : MapInfo & Corine Land Cover

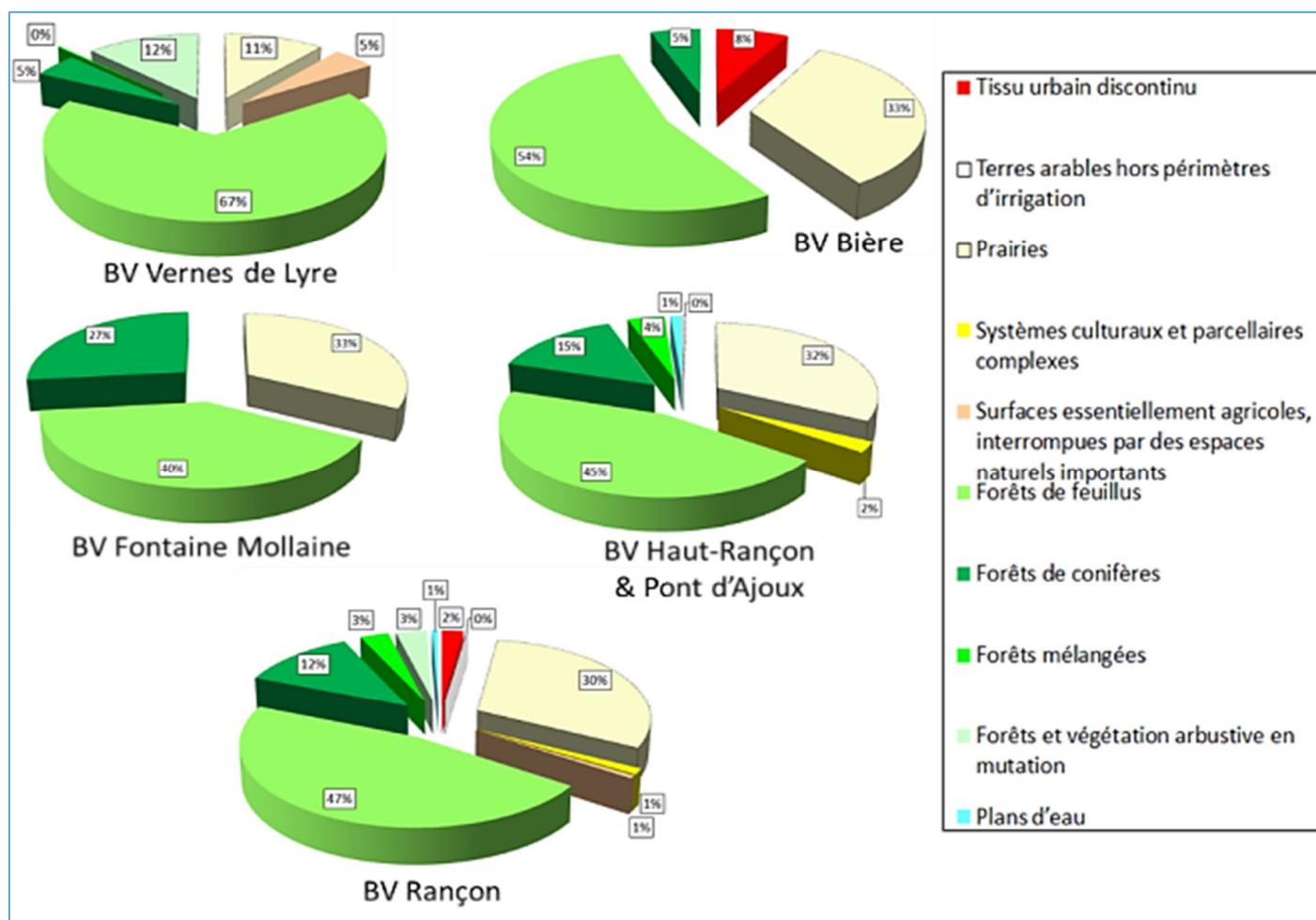


Figure 5 : Répartition de l'occupation des sols des différents sous-bassins du Rançon (en %).

Source : Corine Land Cover

L'occupation du sol du bassin versant du Rançon est globalement marquée par un important boisement (entre 59% pour le bassin de Bière et 84% pour celui des Vernes de Lyre), et une faible part de zones prairiales variant d'un ruisseau à un autre (entre 10-15 % pour les Vernes de Lyre, 33 % pour Bière, Fontaine Mollaine et le Haut-Rançon) (Figure 6) (Cabinet Merlin et Antéa 2005). D'après la Figure 6, on remarque que tous les plans d'eau du bassin du Rançon sont concentrés dans le sous-bassin du Haut-Rançon. Les zones de cultures sont très peu présentes dans ce bassin (entre 0 et 2 % de la surface des bassins) (Figure 5).

E. Captage d'eau potable de la CUCM

Dans le vocabulaire courant, le terme de « captage » fait référence à l'action de prélever une ressource en eau et ne se réfère donc pas à un objet physique identifiable. Or, selon le dictionnaire relatif au « Zonages techniques et réglementaires du domaine de l'eau » (SANDRE 2011), le terme de « captage » devrait être employé au sens d'un « ouvrage de prélèvement » destiné, dans le cas présent, à l'alimentation en eau potable (AEP), qu'elle soit individuelle ou collective, et industrielle (ONEMA, BRGM, et IRSTEA 2016).

Ce bassin versant possède de nombreuses stations de captage d'eau potable comme nous avons pu le voir précédemment. Ils sont la propriété de la Communauté Urbaine Creusot-Montceau (CUCM). Ces prélèvements d'eau, s'ils ne respectent pas le seuil du DMB fixé, peuvent impliquer de graves conséquences sur l'écosystème (Cabinet Merlin et Antéa 2005).

La CUCM est une communauté urbaine regroupant 16 communes qui représentent environ 90 000 habitants. La situation géographique de la CUCM est présentée en Annexe 6.

Les besoins en eau potable de la CUCM ont constamment augmenté, de l'ère industrielle jusqu'à nos jours. Elle peut maintenant fournir équivalent de 8000000m³/an afin d'assurer les besoins en eau potable de ses habitants et des industriels. Même si des efforts ont été faits par les industriels afin d'optimiser le recyclage de leur eau, les besoins en eaux de consommation étaient encore en augmentation en 2005 (Cabinet Merlin et Antéa 2005). De plus, même si la démographie des communes de la CUCM ne semble pas être en augmentation, les besoins en eau restent élevés de part un mode de vie gourmand en eau.

Les ressources exploitées pour l'alimentation en eau de la CUCM sont des eaux de surface réparties dans deux zones géographiques : la zone Nord de 40 km² (bassin du Rançon, du Haut-Rançon et de St-Sernin) et la zone Sud de 62 km² (Barrage de la Sorme), assurant chacune à peu près la moitié des besoins en eau (Cabinet Merlin et Antéa 2005). Dans cette étude, nous allons nous focaliser sur une partie de la zone Nord.

Le bassin de Saint-Sernin représente 19 % de la ressource totale de la zone Nord (chiffre de 2005). Le bassin du Rançon au niveau de Pont d'Ajoux contribue à 60 %, et le celui du Haut-Rançon pour 51 %. Le bassin du Bas-Rançon quant à lui représente 21 % de

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

la ressource de la zone Nord, comprenant le bassin des Vernes de Lyre (5 % de la ressource zone Nord), de la Louvetière (7,7 %), de Bière (1,3 %) et de la Forêt aux Merles (7 %). Les ressources de la zone Nord représentent environ 40% de la totalité des ressources disponibles dans les deux zones. Cependant, la ressource est inégalement répartie au cours de l'année. En effet, plus de 95% de la ressource annuelle est disponible 6 mois dans l'année sur la période de novembre à avril (Cabinet Merlin et Antéa 2005).

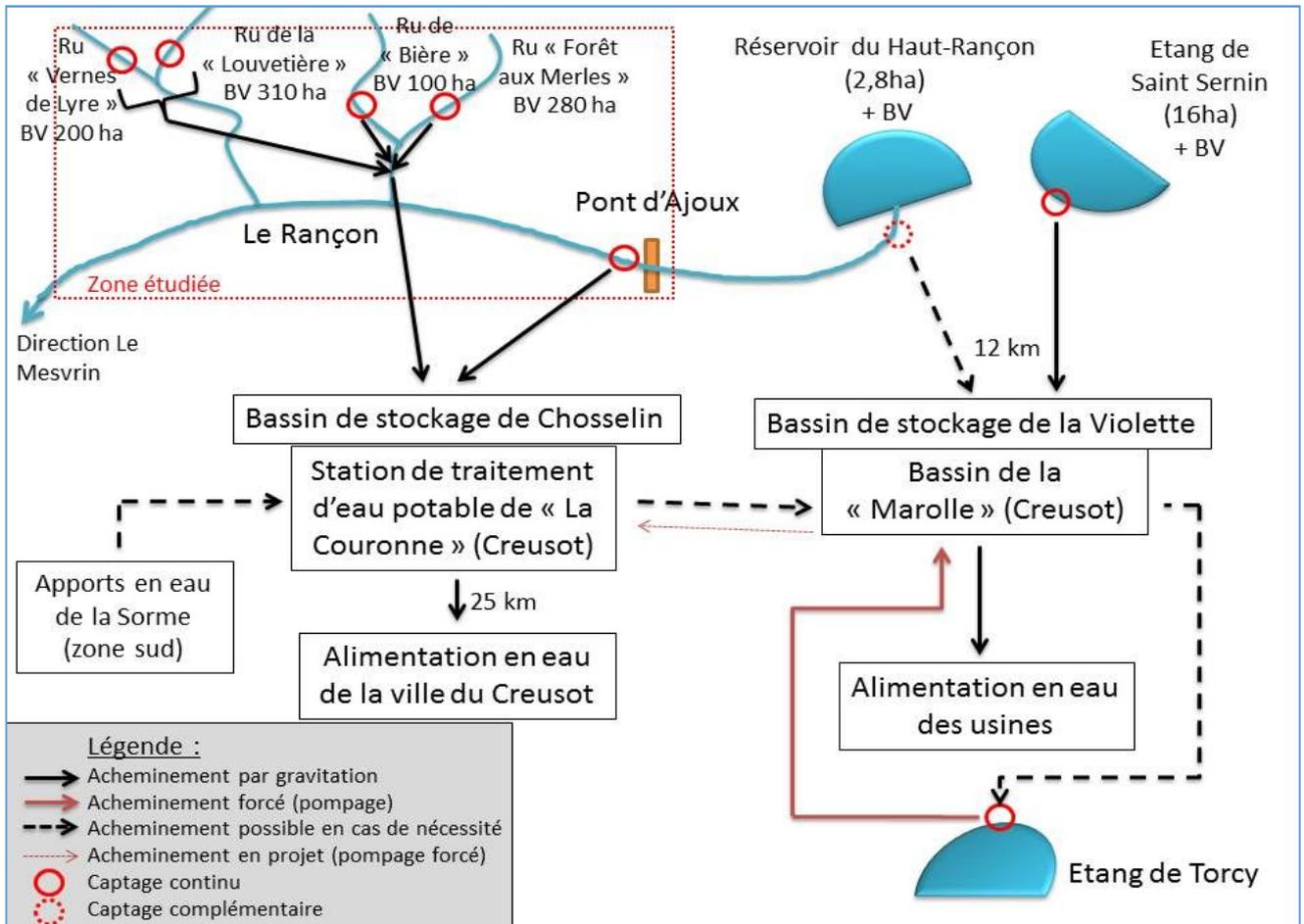


Figure 7 : Schéma synthétique du réseau de captage sur le bassin versant du Rançon pour la CUCM. Source : Cabinet Merlin 2005, modifié

Le Rançon et ses affluents sont captés depuis 1875. Le système de canalisations et d'acheminement de ces eaux vers la station de traitement du Creusot est actuellement configuré de la manière suivante. Les eaux des Vernes de Lyre et de la Louvetière sont regroupées via des canalisations de diamètre Ø300 mm dans un regard situé à la Louvetière (Figure 7). Parallèlement les eaux de Bière et de la Forêt aux Merles sont également regroupées via des canalisations de diamètre Ø300 mm dans un regard à Bière. Ensuite les deux mélanges sont regroupés dans un troisième regard à Fley, et le mélange des 4 prises d'eau arrive au bassin de Chosselin via une canalisation en fonte de diamètre Ø500 mm. Au niveau du bassin de Chosselin, les eaux du Bas-Rançon (4 prises d'eau : Vernes de Lyre, Bière, Forêt aux Merles et Louvetière) sont mélangées aux eaux de la prise du Pont d'Ajoux du bassin du Rançon (Figure 7). Ces eaux sont acheminées via

une canalisation de diamètre Ø500 mm à l'usine de traitement de la Couronne. Avant leur arrivée à l'usine, elles peuvent être mélangées à des apports d'eau de la Sorme lorsque le débit est insuffisant (Figure 7) (Cabinet Merlin et Antéa 2005). Le surplus d'eau brute de l'usine de la Couronne (et aussi éventuellement le surplus provenant de la Station de la Marolle) qui n'est pas traité pour les besoins en eau potable, est acheminé vers le bassin de la Marolle pour assurer les besoins des industriels du Creusot (Figure 7).

Cependant, il n'existe pas de dispositif de mesure des débits individuels des 5 prises d'eau du Bas et Haut-Rançon. Seul le débit global arrivant à l'usine de la Couronne et le débit des apports provenant de la Sorme sont connus (Cabinet Merlin et Antéa 2005).

L'exploitation, l'entretien et la gestion des ressources est faite par le groupe Véolia. Depuis quelques années, compte tenu du grand nombre de ressources exploitées sur ces eaux de surface, une perturbation marquée de ces cours d'eau a été constatée par une étude datant de 2005 (Cabinet Merlin et Antéa 2005). En effet, suivant les saisons et les conditions météorologiques, de très faibles débits ont été signalés en période d'étiage (Cabinet Merlin et Antéa 2005). Cette étude va donc tenter de concilier : la gestion de la ressource et la protection du milieu naturel, tout en gardant en tête les besoins en eau de la CUCM.

3. Etude de la qualité biogène

Le bon état écologique d'une rivière doit prendre en compte la qualité chimique et biologique de l'eau. Pour l'étude des paramètres biologiques, l'étude des communautés piscicoles, macrobenthiques, diatomiques et/ou macrophytiques peut être prise en compte. Ces mesures sont effectuées via des protocoles rigoureux, à intervalles réguliers, une ou plusieurs fois par an, prenant en compte le cycle de vie des espèces sur l'année afin d'évaluer la capacité biogène des eaux (Eaufrance 2016). Cette analyse pourra appuyer l'existence éventuelle d'un impact des captages sur le milieu aquatique, et optimiser leur gestion.

Comme il a été dit précédemment, trois stations ont été positionnées le long des trois cours d'eau captés retenus pour l'étude : Vernes de Lyre, Bière et Rançon au niveau de pont d'Ajoux. Pour chaque ruisseau, il y aura une station à l'amont de l'ouvrage, une en aval proche et une en aval lointaine (entre 660 et 1700m après le point de captage) (Figure 3 et 8-9). La station aval lointaine permettra de mesurer l'extension de l'impact éventuel, compte tenu de l'augmentation des débits dû à l'apport d'eau provenant d'affluents. Par ailleurs, le ruisseau de Fontaine Mollaine (ruisseau témoin) a été étudié dans le but d'observer les évolutions de peuplements piscicole et macrobenthique dans un cours d'eau non impactés par les captages. Il y aura dans le cas de ce cours d'eau, seulement deux stations.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

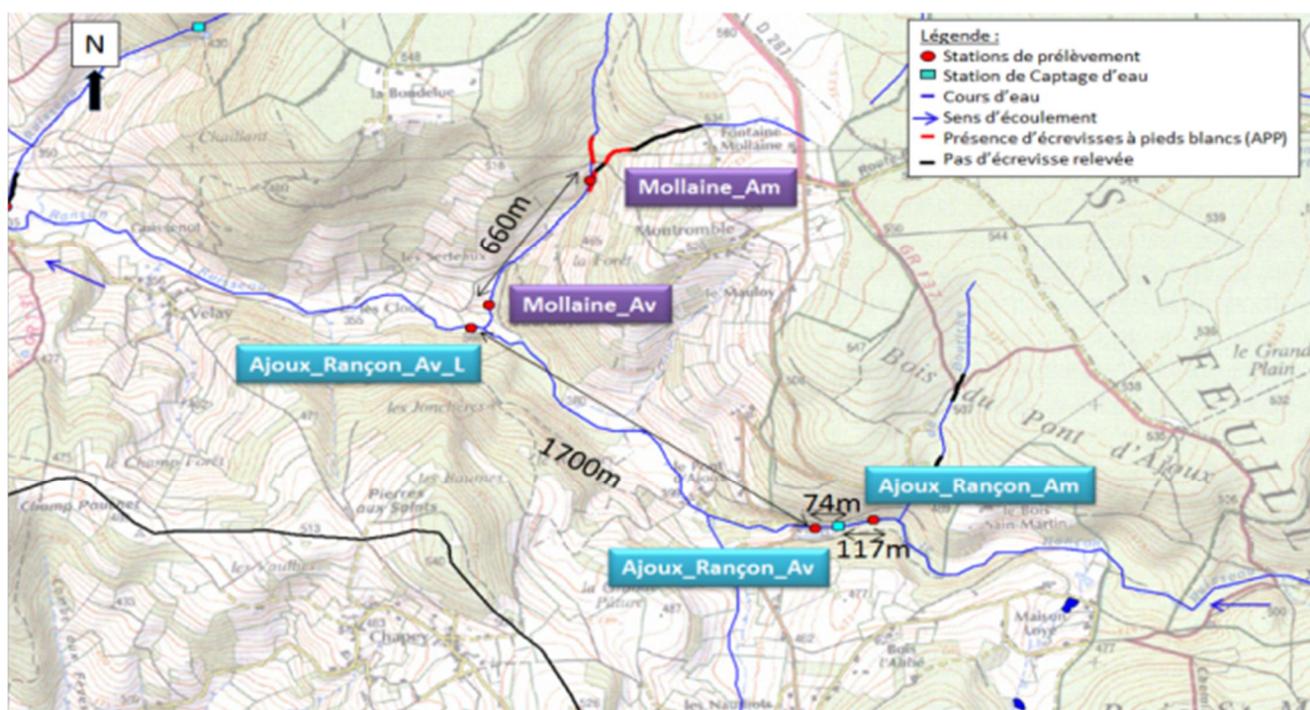


Figure 8 : Carte de localisation des stations de prélèvements du Rançon (au niveau du Pont d'Ajoux) et un affluent servant de station témoin (ru de Fontaine Mollaine). Source : MapInfo.

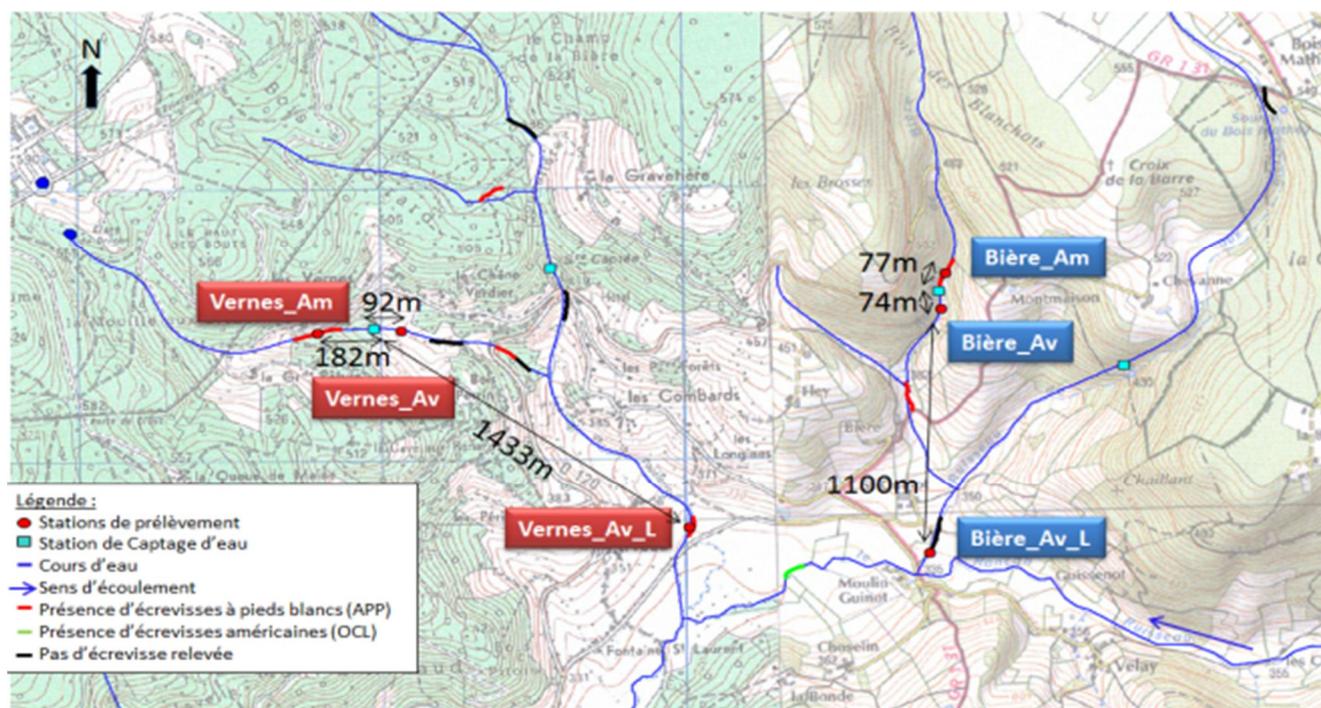


Figure 9 : Carte de localisation des stations de prélèvements de deux affluents du Rançon (ru des vernes de Lyre et ru de Bière). Source : MapInfo.

C. Macrobenthos (Mag20)

Une perturbation du milieu aquatique peut être mise en évidence si on cible le diagnostic sur l'étude des groupes taxonomiques bio-indicateurs, en particulier sur leur biologie et leurs exigences écologiques. En absence ou en complément des communautés piscicoles, l'étude de la composition du peuplement macrobenthique permet d'évaluer la qualité des cours d'eau. Il est constitué de l'ensemble des organismes animaux pluricellulaires invertébrés vivants dans les premiers centimètres des substrats aquatiques, et dont la taille est supérieure à 500 μm (Tachet et al. 2010). Ils sont sensibles à la pollution chimique (excès de nutriments, matières organiques, ou micro-polluants toxiques), et aussi aux perturbations physiques (modification morphologique des systèmes, variation de température...). Une réponse à ces types de pollutions peut se traduire par la diminution de la richesse taxonomique, par un changement dans la nature des taxons présents, par l'élimination des espèces les plus polluo-sensibles, ou par la prolifération des espèces les plus polluo-résistantes (Tachet et al. 2010; Onema 2012).

La majorité des macroinvertébrés ont un cycle de vie annuel plutôt long (1 à 3 ans). Ils permettent l'intégration, dans le temps et l'espace, des agents de stress environnementaux et de leurs effets cumulatifs. Les larves ont une capacité de déplacement très faible, cela limite fortement les phénomènes d'évitement de perturbation, ce qui en font donc de bons bio-indicateurs (Tachet et al, 2010). Ils sont ubiquistes et colonisent tous types de milieux aquatiques. Ils jouent un rôle clé dans la chaîne alimentaire aquatique. Ils consomment des bactéries, ainsi que des matières mortes et en décomposition. De cette façon, ils recyclent les nutriments et constituent également une source d'alimentation pour les autres animaux et certaines plantes. Ces organismes sont facilement échantillonnables et possèdent une grande diversité taxonomique, avec des exigences écologiques variables. Tous ces critères en font donc de bons bio-indicateurs (Cairns et al. 1993; Cabinet Gay Environnement 2000).

Choix du protocole

Le protocole Mag20 (Macrobenthos Analyse Générique à 20 placettes) a été appliqué pour cette étude. Cette méthode d'analyse semi-quantitative, plus puissante que l'IBGN, a été élaborée en 1994 au laboratoire d'hydrobiologie de la Faculté des Sciences de Besançon par BACCHI M. & PARMENTIER E. 1994, puis finalisée par le bureau d'étude TELEOS en 2000 (Teleos Suisse et LBE de l'Université de FC 2000). Ce protocole, à défaut d'être homologué, a fait ces preuves sur de nombreux sites, notamment dans le Morvan (Teleos 2006). La détermination des taxons au genre permet un degré de sensibilité suffisant pour obtenir des données fiables, rigoureuses et quantitatives du peuplement benthique en place. On pourra en déduire l'impact d'une éventuelle perturbation (en l'occurrence ici le captage d'eau potable) affectant le

fonctionnement des milieux lotiques étudiés (Teleos Suisse et LBE de l'Université de FC 2000).

Choix des stations

Pour être représentative de la morphologie d'un tronçon de cours d'eau, la station sera calée préférentiellement sur des séquences d'alternation de faciès radier/mouille. La largeur du lit à plein bord (notée Lpb) est une grandeur de calage en géométrie hydraulique qui permet de prévoir statistiquement la longueur moyenne des séquences de faciès. La longueur d'une séquence radier/mouille représente en moyenne 10-15 fois la largeur du lit à plein bord (Usseglio-Polatera, Wasson, et Archaimbault 2007).

Pour chaque cours d'eau, 3 stations ont été définies (amont, aval proche et aval lointain) comme expliqué précédemment.

Choix de la période d'échantillonnage

Les stations de prélèvements (Figure 8 et 9) ont été échantillonnées entre le 28 juin et le 3 août 2016. Les conditions d'étiage n'étaient pas au mieux, mais les contraintes temporelles n'ont permis d'attendre plus longtemps en raison du grand nombre de prélèvements à analyser (220 placettes). Cette année fut particulièrement pluvieuse à cette époque de l'année. Ce biais risque d'engendrer une source de variabilité due aux phénomènes de dérives du macrobenthos par le courant.

Prélèvements et choix des placettes (protocole de terrain)

Une cartographie des stations est faite en prenant en compte les trois composantes majeures des habitats aquatiques : les substrats, les hauteurs d'eau et les vitesses de courant (Annexe 9). Ces différents paramètres vont permettre de déterminer le positionnement des 20 placettes à échantillonner dans la station d'étude.

Sur le terrain, les 8 premières placettes du protocole MAG 20 sont adaptées afin de pouvoir calculer l'Indice Biologique Global Normalisé (AFNOR 1992). Les 12 autres prélèvements quant à eux, sont effectués au moins une fois sur chaque couple substrat/vitesse recensé aux classes de hauteur d'eau où ils sont le plus représentés. L'intérêt de ce protocole est qu'il est fondé sur une prospection beaucoup plus complète du cours d'eau, en s'appuyant sur une description fine de l'habitat aquatique et sur une détermination plus poussée des taxons (Teleos Suisse et LBE de l'Université de FC 2000).

Ces 20 placettes sont prélevées à l'aide d'un filet Surber de surface d'échantillonnage de $1/20^{\text{ème}}$ de m^2 , et de vide de maille de $500 \mu m$ (Usseglio-Polatera, Wasson, et Archaimbault 2007). Un premier traitement sur le terrain est recommandé pour concentrer les prélèvements, et éliminer les éléments minéraux et organiques grossiers qui peuvent endommager les organismes durant le transport. Les éléments grossiers sont soigneusement examinés et lavés au-dessus d'un tamis de maille identique à celle des appareils de prélèvement (0,5 mm) et d'un tamis de dégrillage.

Tri, dénombrement et détermination (protocole de laboratoire)

Au laboratoire, les substrats sont préalablement lavés à l'eau claire au-dessus d'un tamis de 500 µm de vide de maille. Le substrat est par la suite trié afin d'en garder uniquement les organismes macrobenthiques, qui seront conservés dans des piluliers convenablement étiquetés, toujours dans l'alcool, en attendant la détermination par loupe binoculaire.

La plupart des taxons doivent être déterminés au genre (Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères, Coléoptères, Hétéroptères, Odonates, Mollusques...) ou à l'espèce si la taxonomie larvaire le permet. La détermination se fera au niveau requis, sauf pour les individus trop abîmés ou correspondant aux premiers stades larvaires, qui seront identifiés à la famille. En revanche pour l'ordre des Diptères la détermination s'arrête seulement à la famille. La limite taxonomique IBGN a été choisie pour les autres taxons (Annexe 7) (Teleos Suisse et LBE de l'Université de FC 2000). La détermination se fait à l'aide d'un certain nombre d'ouvrage (Tachet et al. 2010; Waringer et Graf 2011). Le site internet OPIE Benthos permet aussi de récolter des informations sur les différents taxons en fournissant une liste de présence d'espèces de TEP (Trichoptère, Ephéméroptère, Plécoptère) dans chaque département français (Annexe 8) (OPIE Benthos 2016).

Analyse des données

Les calculs de la note IBGN et de Robustesse sont permis avec cette méthode, avec une marge d'incertitude acceptable (voir le détail du calcul en Annexe 10) (Cabinet Gay Environnement 2000). L'indice IBGN exprime la qualité biologique du milieu en attribuant une note allant de 0 à 20. La note maximale représente l'état normal que l'on devrait retrouver sur chaque cours d'eau. Celle-ci est généralement égale à 20 à l'exception de certains cours d'eau apicaux. Cette note est obtenue à l'aide d'une grille disponible en annexe 10. La note de Robustesse est obtenue en calculant l'IBGN, mais en tenant compte uniquement du deuxième taxon le plus polluo-sensible. La robustesse permet ainsi de statuer sur la fiabilité et la représentativité de la note IBGN.

Ces notes IBGN observées seront comparées aux notes IBGN théoriquement obtenues dans l'HydroEcoRégion 21. Cela permettra de calculer le Ratio de Qualité Ecologique (RQE) afin d'en déduire l'état écologique DCE de la station (EcoGEA 2008).

Le calcul de la note Cb2 (Coefficient d'aptitude Biogène) permet d'apprécier les capacités d'accueil biogènes du milieu par l'analyse de la liste faunistique et le calcul de 2 sous-indices (Verneaux 1982). En effet, le Cb2 est une note sur 20 qui résulte de la somme de deux indices Iv (qualité de l'habitat) et In (qualité de l'eau) (voir le détail du calcul en Annexe 11).

Les indices des proportions des groupes indicateurs TEP et TEPC (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères) seront évalués à partir des listes faunistiques obtenues.

L'indice de Shannon-Weaver (H) a été calculé sur chacune des listes faunistiques génériques Mag20 obtenues. Il mesure la diversité du peuplement. Sa formule est la suivante : $H = -\sum ((ni/N)*\log_2(ni/N))$ (EcoGEA 2008). Avec « ni » l'effectif du taxon i, i allant de 1 à S (variété taxonomique totale) et « N » l'effectif total. Sa valeur varie de 0 (H minimal, un seul taxon présent) à $\log_2 S$ (H maximal, tous les taxons ont la même abondance).

L'indice d'Equitabilité (E) a été calculé. Il mesure l'équilibre du peuplement. C'est le rapport de H sur Hmax. Cet indice varie de 0 à 1. Il est maximal quand les taxons du peuplement ont des abondances identiques. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur un seul taxon.

L'indice de similarité de Jaccard (I) a également été utilisé. Il mesure le degré de similarité entre les peuplements. Sa formule est : $I = Nc / (N1+N2-Nc)$ variant entre 0 et 1. Avec « Nc » le nombre de taxons commun aux stations 1 et 2 et « N1 » et « N2 » : nombre de taxons présents respectivement aux stations 1 et 2 (EcoGEA 2008).

D. Ichtyofaune (pêche électrique quantitative et biométrie)

Ces têtes de bassin abritent des espèces emblématiques comme l'écrevisse à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) (Téléos et Fédération de pêche 39 2004; Mahieu et Paris 1998). Ce sont des lieux de frai pour certaines espèces de poissons migrateurs : saumon (*Salmo salar*), truite fario (*Salmo trutta fario*) (Annexe 12) (Fédération des Conservatoires d'espaces naturels et Agence de l'eau Loire-Bretagne 2010).

Le Rançon est classée en contexte piscicole salmonicole sur la totalité de son linéaire (Truite fario, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement). Cependant, le SDVP 71 (Schéma Départemental à Vocation Piscicole de Saône-et-Loire) mentionne sur le Rançon possède des peuplements médiocre de Truite fario dû aux impacts des étangs en amont (SDVP de Saône et Loire 2009). Sur le plan patrimonial, 6 espèces présentes en théorie sur le bassin du Rançon font l'objet de mesures de protection ou de statuts particuliers qui leur confèrent un intérêt particulier (Annexe 12).

Un peuplement de poissons est le résultat de nombreux facteurs, intervenant à diverses échelles d'espace et de temps (Eaufrance 2016). Il est nécessaire de connaître tous ces facteurs aux différentes échelles d'espace et de temps pour évaluer correctement l'état du peuplement en relation avec son milieu.

Echantillonnage par pêche électrique à pied

L'échantillonnage des peuplements piscicoles par pêche électrique consiste à attirer les poissons grâce un champ électrique se propageant dans l'eau. Une cathode est fixée en aval de la station, tandis que l'anode est plongée dans l'eau par l'opérateur. Un courant électrique d'environ 400 Volts produit en continu est amené par l'anode. Les poissons sont attirés vers celle-ci, soumis à une contraction unilatérale alternative de leurs muscles (Muus et Dahlstrom 2011; Vibert et Cuinat 1961). L'opérateur peut ainsi les capturer facilement avec une épuisette. Plusieurs passages successifs de

prélèvements, sans remise à l'eau, ont été réalisés afin d'obtenir une image du peuplement présent la plus fidèle possible. Une biométrie individuelle est effectuée pour les poissons de grande taille, ou par lot pour les petits poissons afin de limiter les biais. Les poissons sont donc identifiés, comptés, mesurés et pesés. A la fin des passes, les poissons sont relâchés dans la station.

Les densités et les biomasses de chaque espèce ont été estimées par les méthodes de De Lury (Annexe 13) (De Lury 1947; Laurent et Lamarque 1975) et de Carl & Strub (Gerdeaux 1987; Carle et Strub 1978), réputée comme étant la plus robuste (Degiorgi et Raymond 2006; Lambert, Feunteun, et Rigaud 1994). Cette méthode de calcul permet également d'obtenir plus de précision sur la fiabilité de l'estimation et de l'efficacité de la pêche.

Les pêches électriques à pied ont été effectuées dans la période du 20 au 27 Juillet 2016 lors de conditions d'étiage favorables à l'échantillonnage (Cf. tableau 8).

Méthode d'analyse

Pour pouvoir appliquer la méthode de De Lury (De Lury 1947), il faut remplir trois conditions (voir le détail des calculs en Annexe 13 et 14). Il faut connaître le pourcentage d'efficacité et avoir un minimum de 50%. Il peut arriver pour certaines espèces que le nombre de capture au deuxième passage soit supérieur à celui du premier. La méthode de CARLE et STRUB (Carle et Strub 1978), permettant d'effectuer des estimations plus complètes et de comparer les stations entre elles, espèces par espèces (voir le détail des calculs en Annexe 13 et 14). Les biomasses et les densités numériques ont ensuite été converties en classes d'abondance comprises entre 0 et 5 afin de mieux comparer les espèces qui ont des capacités de développement différentes. Elle permet également l'interprétation des résultats en fonction du gradient longitudinal.

Le calcul du Niveau Typologique Théorique (NTT) à partir de paramètres abiotiques (tel que la température, la distance à la source, la section mouillée à l'étiage, la pente, la dureté et la largeur du lit...) permet de situer un site étudié par rapport à un biocénotype de référence (voir détail des calculs en Annexe 15) (Verneaux 1977).

Ainsi, des sondes thermiques ont été posées sur toutes les stations entre les 10 juin et le 31 août 2016. Cela permettra le calcul d'un NTT, relatif aux conditions météorologiques de l'été 2016, et de renseigner sur les conditions de vie des espèces piscicoles présentes.

4. Etude de la qualité physique

L'effet le plus connu des réductions de débit sur le cours d'eau concerne les modifications des conditions physiques, profil du lit, transport solide, vitesse du courant...

Pour évaluer la qualité physique d'un cours d'eau, on s'intéresse à l'ensemble des paramètres intervenant dans l'architecture, la forme du cours d'eau et dans son

fonctionnement hydrodynamique. Dans cette étude, deux approches seront appliquées. La première prendra en compte la qualité physique du milieu au niveau d'un tronçon de cours d'eau (Méthode Tronçon). La deuxième méthode renseignera sur la qualité du milieu au niveau de la station d'étude (méthode IAM).

A. Méthode Tronçon

Dans un premier temps, cette méthode impose une étape de « sectorisation des cours d'eau étudiés » en plusieurs tronçons homogènes, en se basant sur les critères suivant : géologie, pente, sinuosité, forme du lit, succession de faciès... (Figure 10 et 11). Dans le but d'évaluer la qualité physique à l'échelle du tronçon, cette méthode a été employée au niveau des différents cours d'eau étudiés. Cette méthode a été mise au point par le DR5 du CSP-ONEMA entre 1993 et 1998, et finalisée par TELEOS en 2000 (Teleos 2000). Elle s'appuie sur l'étude de plusieurs échelles emboîtées que sont le tronçon, la station et le faciès. Cette méthode a donc une portée globale, doublée d'une orientation piscicole marquée. Elle est donc particulièrement adaptée à la problématique posée. Les résultats obtenus sont à mettre en relation avec une référence propre, pouvant mettre en évidence de l'impact dû à des pressions anthropiques par exemple (Teleos 2000). La capacité biogène de chaque tronçon est caractérisée par la description de 4 composantes fondamentales de la qualité physique (hétérogénéité du lit d'étiage, attractivité, stabilité et connectivité avec les autres compartiments du corridor fluvial) (Annexe 16) (Teleos 2000). Le score d'hétérogénéité sanctionne le degré de variété des formes, des substrats/supports, des vitesses de courant et des hauteurs d'eau du lit d'étiage (plus ce score est élevé, plus les ressources physiques sont diversifiées) (Teleos 2000). Le score d'attractivité intègre la qualité des substrats, des caches, des abris et des frayères vis-à-vis des exigences des poissons (Teleos 2000). Le score de connectivité caractérise la fonctionnalité de la zone inondable ainsi que la fréquence des contacts entre la rivière et les interfaces emboîtées que constituent la ripisylve et le lit "moyen". Ce score prend aussi en compte la notion de continuité écologique des poissons et des sédiments (Teleos 2000). Le score de stabilité des berges et du lit traduit l'importance des érosions régressives (fréquence des seuils), progressive et latérale (proportion de méandres instables), de l'état des berges (degré d'érosion) et de l'incision, entre autre (Teleos 2000).

Les données des cartes IGN (et de la BDTopo 71) et géologiques ont permis de découper les cours d'eau en plusieurs tronçons homogènes (Figures 10 et 11). On notera qu'une reconnaissance sur le terrain aura permis d'affiner cette délimitation.

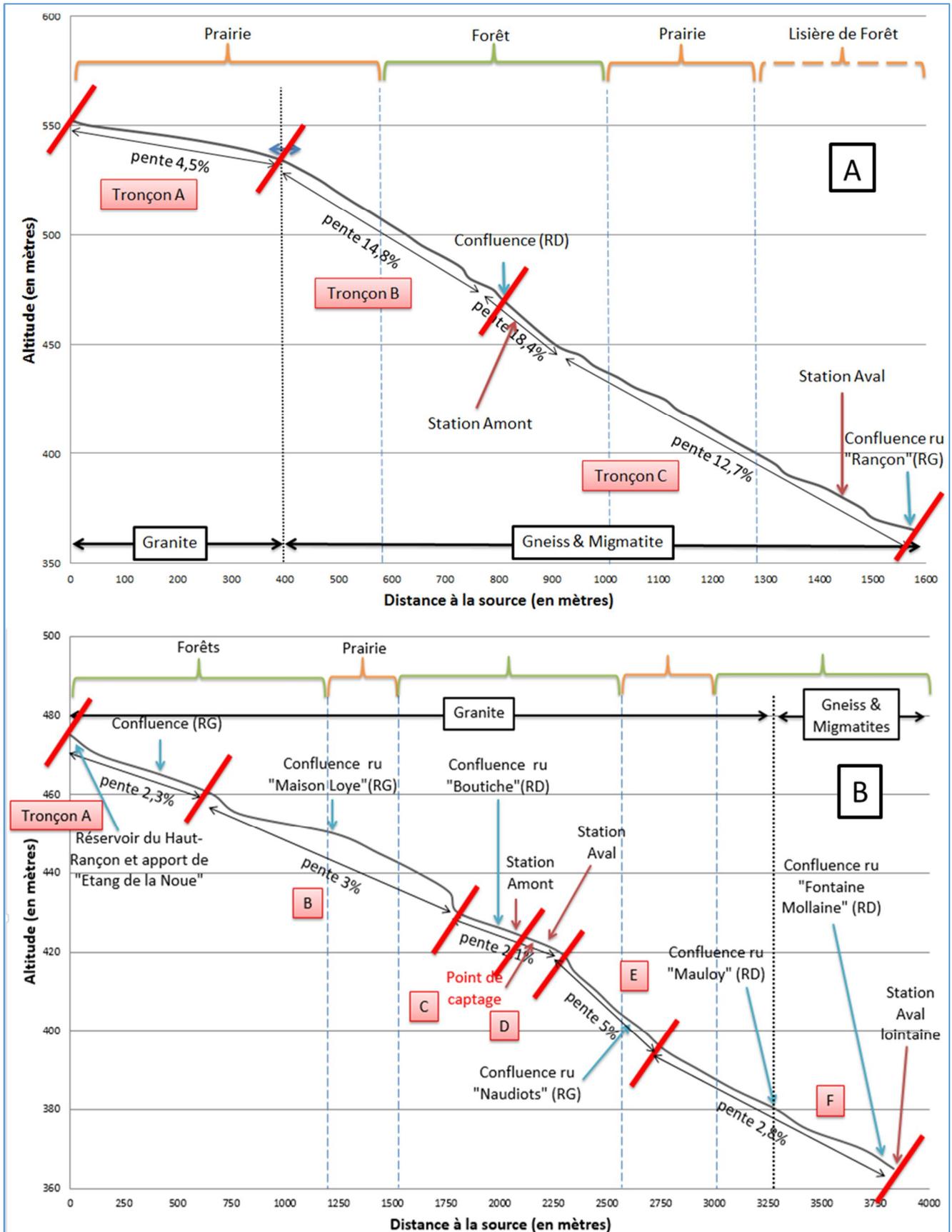
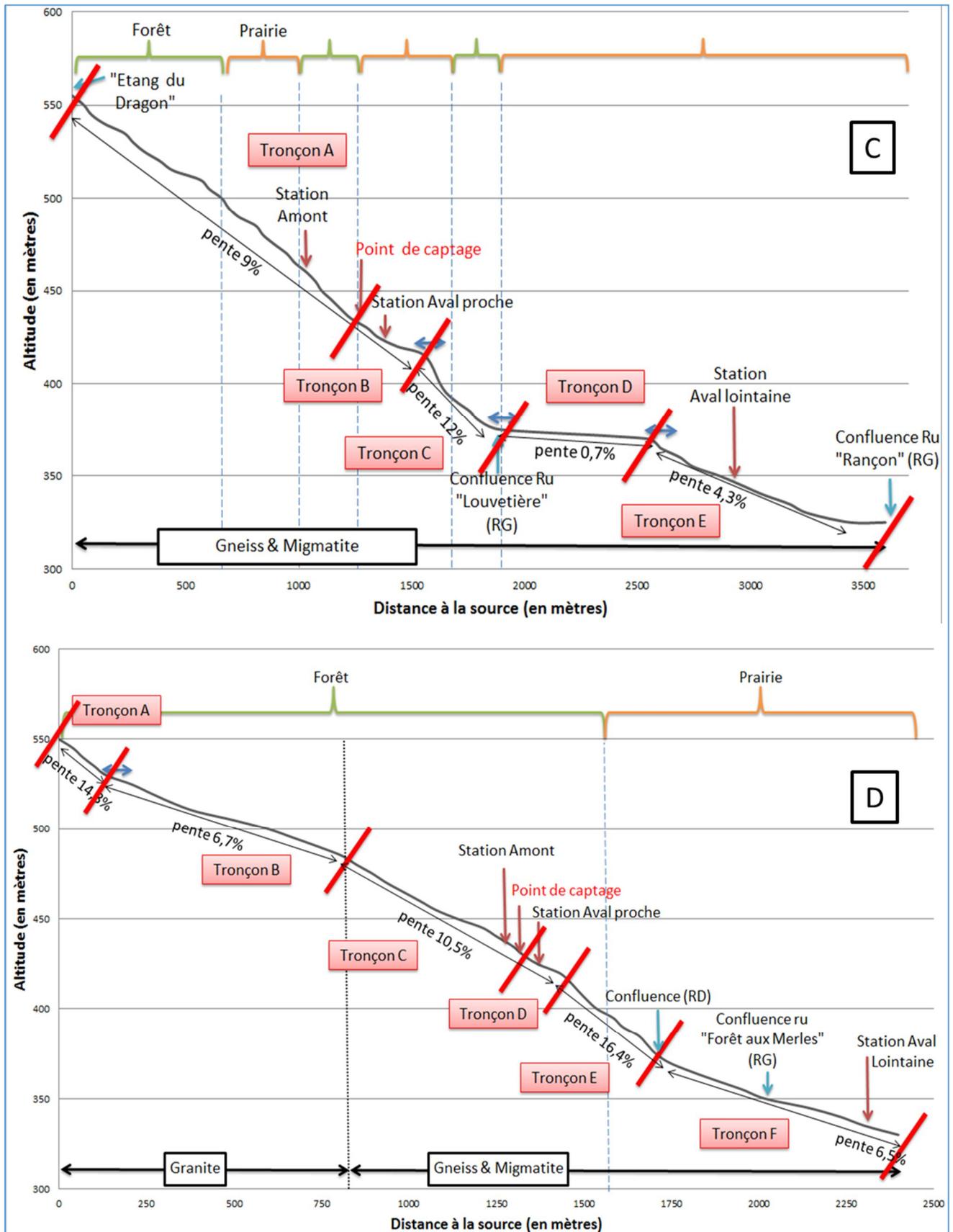


Figure 10 : Profil longitudinal d'un affluent du Rançon. A) Ru témoin de Fontaine Mollaine. B) Ru du Rançon (entre l'Étang du Martinet et la confluence avec le ru de Fontaine Mollaine). Source : BDTopo 71

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.



La phase de terrain à proprement parlé recense les différents facteurs jouant un rôle dans les paramètres de mesures de la qualité physique d'un cours d'eau. Une grille normalisée de relevé approprié (Annexe 17) a été mise au point afin de les quantifier et de les traduire sous forme de scores synthétiques. Ces scores font référence à des classes de qualités associées pour chacune des composantes. Un calcul permet finalement de synthétiser la qualité physique (et donc le potentiel biogène du tronçon) en une note comprise entre 0 et 30 600. La phase de terrain nécessitera la description détaillée d'au moins trois séquences sur chaque tronçon suivant leurs longueurs afin de procéder à ces différents calculs (Teleos 2000).

On notera que les relevés de terrain doivent, autant que possible, être réalisés en étiage estival, période durant laquelle la visibilité du fond et des substrats est la meilleure, où la végétation aquatique est bien développée et où les conditions limitantes apparaissent le mieux (Teleos 2000). Pour ce stage la phase de terrain a eu lieu les mois de juillet et août 2016.

B. Méthode IAM

L'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) mise au point par la DR5 du CSP entre 1993 et 1997, a été finalisé par TELEOS durant la période 1999-2003. Cette méthode est fondée sur une analyse cartographique standard codifiée des mosaïques de substrats, de hauteurs d'eau et de vitesses de courant des stations d'étude afin de déterminer leur qualité physique (Téléos 2003). Ces trois paramètres permettent de caractériser les pôles d'attractions pour les communautés biologiques et tout particulièrement pour la faune ichtyologique (Annexe 18). Cette méthode peut être aussi adaptée en fonction des communautés astacicoles (Indice spécifique de Capacité Astacicole ISCA) (Annexe 19).

La phase de terrain a lieu durant une période d'étiage (condition limitante) pour des raisons pratiques et afin de comparer les différentes stations. Des observations sont faites le long de transects positionnés au début, au milieu et à la fin de chaque changement de substrat/support, de vitesse ou de hauteur d'eau. Pour cela, on dispose d'une jauge graduée, d'un courantomètre, d'un topofil et de deux décimètres. L'objectif étant de reproduire le plus fidèlement possible la station d'étude de manière cartographique.

Une fois ces données récoltées sur le terrain, elles sont traitées via un logiciel SIG (MapInfo Professional version 7.0) dans le but d'obtenir des cartes représentant les pôles d'attractions et leurs surfaces. Un didacticiel pour la réalisation de cartographies IAM sur MapInfo à aider à la production des différentes cartes (Decourcière et Paris 2011).

Un tableur Excel permet, par la suite, de calculer différents indices tels que :

- L'indice de diversité de Shannon pour les pôles d'attractions (Annexe 18) ;
- Un indice de régularité (rapport de la diversité observée sur la diversité optimale) ;
- Des Indices d'Attractivité Morphodynamiques (IAM et ISCA) qui prennent en compte la variété des différentes composantes et l'attractivité des substrats/supports pour la faune piscicole. Cette note d'IAM est comparée à des notes de références (Annexe 18),

déterminées en fonction de la largeur des cours d'eau afin d'obtenir un potentiel habitationnelle pour chaque station (Téléos 2003).

Cette approche permet de donner des images des stations en termes d'hétérogénéité et d'attractivité biogène d'un cours d'eau (Téléos 2003). Le détail du calcul d'un IAM est expliqué en Annexe 18 et 19.

C. Coefficients découlant de l'IBGN

Le coefficient morphodynamique (m) noté sur 20, permet d'apprécier la capacité d'une station à héberger une faune diversifiée. Sa formule est $m = \sqrt{N + \sqrt{H1} + \sqrt{H2}}$. Avec $N = n * n'$, « n » le nombre de supports relevés sur la station et « n' » le nombre de classes de vitesse trouvées. « N » représente donc l'hospitalité globale de la station. Puis $H1 = S * V$, le produit des codes des classes substrat et vitesse du tableau d'échantillonnage normalisé de l'IBGN pour le couple dominant de la station. Et $H2 = S' * V'$, le produit des codes des classes substrat et vitesse du tableau d'échantillonnage normalisé de l'IBGN du couple qui possède la valeur la plus élevée de la station (EcoGEA 2008).

La complexité (H') correspond à l'hétérogénéité de composition des substrats (diversité des substrats et abondance relative). Sa formule est $H' = -\sum \pi_i * \log_2 \pi_i$. Avec « S » le nombre de substrats présents et « pi » l'abondance relative du substrat i (EcoGEA 2008). Elle varie de 0 (hétérogénéité nulle) à 3,3 (complexité maximale) pour une mosaïque fluviale décrite par la norme IBGN.

La fragilité (F) vise à décrire la pérennité potentielle de la mosaïque sur une échelle de temps courte. Sa formule est $F = H' / \log_2 S$. Elle varie de 0 (présence d'un habitat benthique instable) à 1 (habitat dynamiquement stable) (EcoGEA 2008).

5. Etude de la qualité physico-chimique

Les cours d'eau de têtes de bassin versant ont souvent une bonne qualité d'eau due à de faible impact anthropique, ce qui en fait des zones de captage d'eau potable intéressantes. Cependant une réduction de débit peut modifier soit directement, soit indirectement la composition chimique des eaux (Cemagref 1989).

Pour cette étude, des mesures de température de l'eau (en °C) et de pH seront faites. Ce sont des paramètres importants pour le développement des organismes aquatiques. La dureté de l'eau (mg/L) et la température des 30 jours les plus chauds (°C) seront utilisés pour le calcul du NTT. Ces relevés physico-chimiques seront complétés par des mesures de turbidité (NFU), de conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), des Matières En Suspension (mgMES/L), de la Demande Biologique en Oxygène au bout de 5 jours « DBO5 » à 20°C (mgO₂/L), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), d'Azote Kjeldhal (mgN/L), d'Ammonium (mgNH₄/L), des Nitrites (mgNO₂/L), des Nitrates (mgNO₃/L), du Phosphore total (mgP/L) et du Fer (mg/kgMS). Ces valeurs seront comparées aux valeurs du SEQ-Eau, un système d'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau développé par les agences de l'eau et le ministère de l'Environnement dans le cadre d'une

démarche européenne (Merot 2006; Delarras 2010). Ces mesures ont été effectuées sur les stations en aval immédiat et lointain de chaque cours d'eau capté, et sur les deux stations de Fontaine Mollaine.

6. Etude du débit réservé (EstimHab)

On rappelle que l'objectif de cette étude est d'étudier les incidences d'une réduction des valeurs de débit à l'aval de l'ouvrage de captage d'eau potable sur les espèces aquatiques.

En effet, un réseau de captage peut impacter considérablement sur les ressources aquatiques et halieutiques (Leclerc et al. 1994; Valentin, Wasson, et Philippe 1995). En modifiant les conditions hydrauliques, les prises d'eau situées sur les cours d'eau sont susceptibles de perturber les habitats naturels des peuplements piscicoles et macrobenthiques, altérer la chaîne alimentaire, mais également les phases de dévalaison et de montaison durant leur cycle biologique. Les effets de barrage peuvent donc être envisagés à l'aval comme à l'amont (Asconit Caraïbe, ODE Martinique, et DREAL Martinique 2011).

La Figure 12 permet de visualiser la démarche à suivre lorsque que l'on veut définir une valeur de débit minimum biologique pour un cours d'eau.

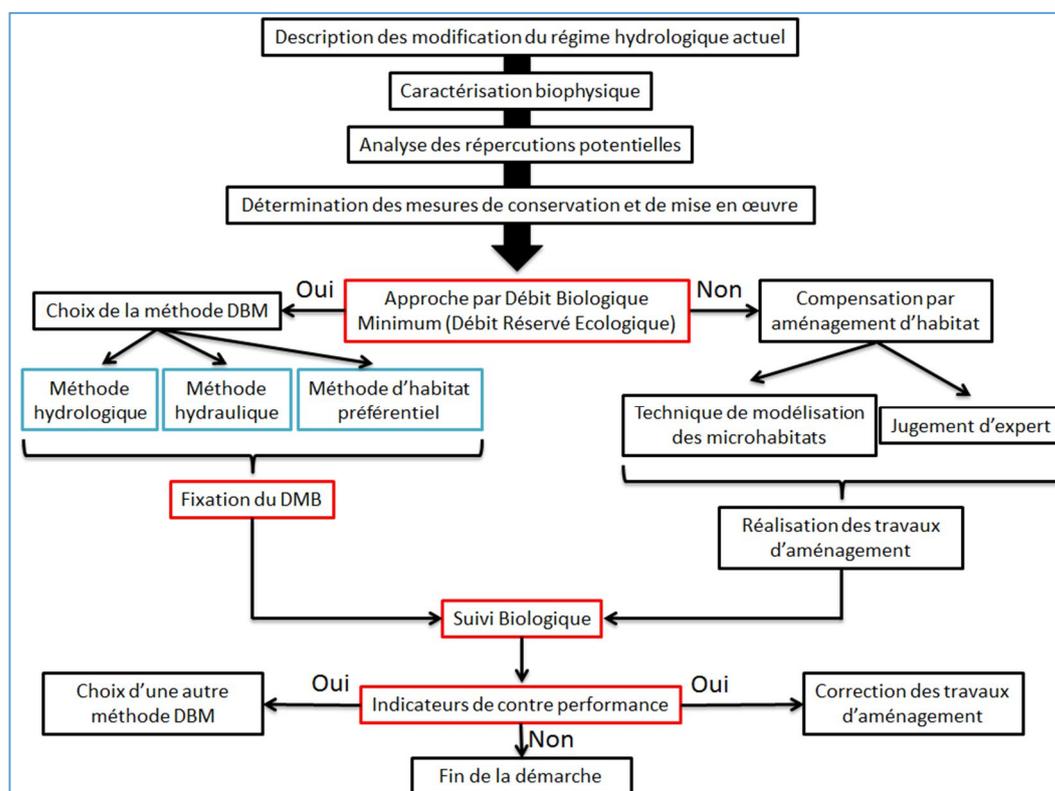


Figure 12 : Démarche pour la définition du DMB d'un cours d'eau.

Source : Ministère de l'écologie 2011.

Il existe trois catégories de méthodes d'aide à la détermination du DMB dans les cours d'eau : « hydrologiques », « hydrauliques », « holistiques » et « d'habitats » (Ministère de l'Écologie 2011; Sed 74 2010; Belzile et al. 1997).

La méthode des « microhabitats » est une famille de méthodes qui ont pour but d'analyser la relation dynamique entre le débit, les variations des paramètres de l'habitat physique (Hauteur, Vitesse, Granulométrie), et les modèles biologiques de préférences de différentes espèces ou stades de développement d'espèces aquatiques (EcoGEA 2009; C Sabaton et Miquel 1993; Catherine Sabaton 2003; Bovee 1982; Cemagref 1989; Souchon et al. 2003). Contrairement aux méthodes hydrologiques et hydrauliques, ces méthodes peuvent être avantageusement utilisées pour évaluer, dans un tronçon de rivière donné, les impacts potentiels d'aménagement (captage) sur la faune aquatique (Faune et Parcs Québec 1999). A ce titre, elles constituent de bons supports d'aide à la décision pour le choix d'un débit réservé (Ministère de l'Ecologie 2011).

La méthode ESTIMHAB a été retenue pour cette étude. EstimHab est un protocole appliqué en France (méthodes microhabitats) classiquement utilisée pour la détermination des débits réservés à l'aval des ouvrages hydroélectriques (EcoGEA 2009; N Lamouroux 2008). Il a été mis au point par le Cemagref en 2002 (N Lamouroux 2002). EstimHab a été validé scientifiquement par deux publications dans lesquelles sont également détaillées les paramètres des courbes (Nicolas Lamouroux et Capra 2002; Nicolas Lamouroux et Souchon 2002; Souchon et al. 2003). Il permet d'estimer les impacts écologiques de la gestion hydraulique des cours d'eau (N Lamouroux 2008). Il donne des résultats très proches de ceux fournis par les méthodes conventionnelles des microhabitats (logiciels Phabsim, Evha), à partir de variables d'entrée simplifiées (N Lamouroux 2008). L'objectif de cette méthode est de modéliser, à partir de paramètres d'entrée simples (profondeur moyenne de la station à deux débits, largeur moyenne de la station à deux débits, diamètre moyen de la granulométrie sur la station et débit médian du cours d'eau), l'évolution de la courbe de Surface Pondérée Utile « SPU » en fonction du débit pour un stade de développement donné d'une espèce de poisson (alevin, juvénile et adulte) (EcoGEA 2009; Souchon 2002; Souchon et Capra 2004). Concernant la truite, c'est l'habitat des adultes en période d'étiage estival qui influence le stock de truites en place (Souchon et al. 1989; Baran 1995). En effet, la truite est un salmonidé très sensible au bon état biologique des rivières (C Sabaton et Miquel 1993).

Phase de terrain

Les mesures de terrain et la modélisation hydraulique sont simplifiées par rapport à la méthode Evha (Souchon et al. 2003). La sectorisation préalable du cours d'eau en tronçons morphologiques homogènes. Au sein de chaque tronçon, une station représentative est choisie d'une longueur comprise entre 12 à 30 fois la largeur du cours d'eau à débit pleins bords. On fera entre 2 et 5 séquences répétitives sur le cours d'eau (Souchon et al. 2003). Il est nécessaire de connaître le débit médian interannuel de la station ou Q_{50} , calculé en situation naturelle ou en situation reconstituée sur une chronique de temps la plus longue possible (*a minima* 12 ans) (Souchon et al. 2003).

Une fois sur le terrain, on relève sur chaque transect : les largeurs du lit mouillé, les hauteurs d'eau, le débit et la taille moyenne du substrat (Souchon et al. 2003). Le même protocole doit être répété une deuxième fois à un débit suffisamment différent

du précédent (hautes-eaux et étiage) (écart minimum conseillé : $Q_2 > 2Q_1$). En sachant que la mesure du substrat est réalisée au débit le plus faible (Souchon et al. 2003). Pour la mise en œuvre d'EstimHab sur le terrain, la première campagne de mesure doit se faire au débit d'étiage sous peine d'obtenir des courbes très plates qui ne seront pas véritablement des aides à la décision (EcoGEA 2009).

Cette méthode a été appliquée aux stations du Rançon en aval du captage de Pont d'Ajoux. Les autres cours d'eau ne correspondant pas aux critères d'application de la méthode.

Traitements des données

EstimHab fonctionnent grâce à un modèle des sorties d'Evha. Il ne permet pas d'analyser des courbes nouvelles sans un traitement spécifique. Il autorise par contre une analyse plus globale par famille de courbes (« guildes ») (Souchon et al. 2003). Cependant, les informations données par cette méthode ne constituent qu'une partie de l'ensemble des éléments à acquérir pour établir une véritable analyse de situation d'un cours d'eau. C'est pour cela qu'il faudra corrélérer cela aux autres méthodes d'analyses utilisées dans cette étude (Mag20, pêches électriques, physico-chimie, physique du cours d'eau).

Les calculs se font via un tableur Excel qui comporte trois feuilles de simulations (N Lamouroux 2008) : « populations », « guildes », et « données-terrain » (Annexe 20). La notice d'utilisation de la méthode est décrite en Annexe 20. C'est donc un modèle statistique qui permet d'estimer les impacts écologiques de la gestion hydraulique des cours d'eau (N Lamouroux 2002). En effet, les préférences des espèces sont déjà connues et intégrées dans un logiciel, et couplées aux données hydrauliques du cours d'eau. Au final, les prédictions sont exprimées en terme de valeur d'habitat « Vha » (note entre 0 et 1) ou de Surface Pondérée Utile « SPU » (valeur d'habitat * surface mouillée), qui varient en fonction du débit pour chacune des espèces considérées (N Lamouroux 2008; Catherine Sabaton 2003; Baran et al. 2015). Ces indices permettent de quantifier les préférences des poissons et sont résumés à l'aide de « courbes de préférence d'habitat » (dites aussi « courbes de preferenda ») estimées par espèce, un stade de développement donné, pour les différents paramètres retenus pour caractériser l'habitat (C Sabaton et Miquel 1993; Bovee 1978). Ils seront utilisés pour noter la qualité d'habitat du tronçon de rivière étudiée.

Les résultats issus de ces méthodes sont très sensibles à la représentativité des sites de mesures et à leur caractéristique topographique (méthode développé pour les cours d'eau de pente < 5%) (Ministère de l'Ecologie 2011). On peut donc appliquer cette méthode, dans le cadre de notre contexte d'étude, uniquement sur les stations du Rançon.

Chapitre 2 : Résultats

1. Capacité biogène

A. Etude des macroinvertébrés benthiques d'eau douce

L'analyse des communautés macrobenthiques permet de refléter d'éventuelles dégradations issues des activités anthropiques. Ainsi, elle permet de diagnostiquer la qualité chimique de l'eau, mais également celle de l'habitat au sein d'un cours d'eau (Demars et al. 2012). Les résultats et les différents indices obtenus à partir des listes faunistiques issues du protocole Mag20 vont être présentés ci-dessous (Tableau 2 à 6). Les données brutes déterminées sur chacune des stations vont vous être présentés en Annexe 21.

Tableau 3 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations de Bière.

	Bière			Ordres	Familles	stations		
	Amont	Aval	Aval lointain			Bière Amont	Bière Aval	Bière Av.Loint
Abondance	26 802	808	9 450	Plécoptères	Nemouridae	3	3	3
var. générique	35	27	27		Perilidae	2	2	1
var. familiale	30	24	23		Leuctridae	1	2	2
var. gén. Plécoptères	3	3	3	Ephéméroptères	Baetidae	1	3	3
var. gén. Trichoptères	9	5	5		Heptageniidae	2	2	
var. gén. Coléoptères	6	4	6		Ephemerellidae	1		3
var. gén. Ephéméroptères	4	3	3	Trichoptères	Goenidae	2	2	
var. IBGN	23	17	23		Glossosomatidae	1		3
IBGN (Robustesse)	15 (14)	14 (13)	13 (13)		Hydropsychidae	3	1	1
Taxon indicateur	Perilidae (9)	Perilidae (9)	Leuctridae (7)		Philopotamidae	3	3	1
	Philopotamidae (8)	Philopotamidae (8)	Glossomatidae (7)		Rhyacophilidae	2	2	3
Cb2	12,5	10	13	Coléoptères	Elmidae	3	1	2
Iv (sur 10)	4,18	3,74	5,06		Scirtidae	5		
In (sur 10)	8,47	6,35	7,86	Diptères	Chironomidae	5	3	5
Taxon indicateur référence	9	9	9		Limoniidae	3	4	2
Var. IBGN référence	11	11	11		Simuliidae	5	2	5
IBGN référence (rang 1 à 4)	19	19	19	Odonates	Caleopterlicidae		1	2
Ratio de Qualité Ecologique	0,79	0,74	0,68		Amphipodes	Gammaridae	5	3	5
Etat écologique DCE	Bon état	Bon état	Moyen	Vers	Oligochètes	3	1	1
EQR très bon état	0,89	0,89	0,89					
EQR bon état	0,72	0,72	0,72					

Tableau 2 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations des Vernes de Lyre.

	Vernes de Lyre			Ordres	Familles	stations		
	Amont	Aval	Aval lointain			VdL Amont	VdL Aval	VdL Av.Loint
Abondance	2 734	2 085	1 462	Plécoptères	Nemouridae	4	3	3
var. générique	30	19	28		Leuctridae			2
var. familiale	26	18	24	Ephéméroptères	Baetidae	2	2	3
var. gén. Plécoptères	1	1	2		Heptageniidae	2	1	
var. gén. Trichoptères	5	2	7		Ephemerellidae	2	2	2
var. gén. Coléoptères	5	3	5	Trichoptères	Goenidae	1		2
var. gén. Ephéméroptères	5	3	5		Philopotamidae	2	3	1
var. IBGN	20	15	21		Rhyacophilidae	3	2	2
IBGN (Robustesse)	11 (10)	10 (8)	14 (13)	Coléoptères	Elmidae	1	1	2
Taxon indicateur	Nemouridae (6)	Nemouridae (6)	Philopotamidae (8)		Hydraenidae		1	2
	Heptageniidae (5)	Rhyacophilidae (4)	Goenidae (7)	Diptères	Chironomidae	1	5	3
Cb2	13	11	13		Dixidae	1	2	
Iv (sur 10)	4,4	3,30	4,50		Simuliidae	4	5	4
In (sur 10)	8,47	7,66	8,23	Amphipodes	Gammaridae	5	3	4
Taxon indicateur référence	9	9	9		Vers	Oligochètes	1	2	1
Var. IBGN référence	11	11	11					
IBGN référence (rang 1 à 4)	19	19	19					
Ratio de Qualité Ecologique	0,58	0,53	0,74					
Etat écologique DCE	Moyen	Moyen	Bon état					
Limite EQR très bon état	0,89	0,89	0,89					
Limite EQR bon état	0,72	0,72	0,72					

Tableau 6 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations de Fontaine Mollaine.

	Fontaine Mollaine		stations	
	Amont	Aval	FM Amont	FM Aval
Abondance	947	4506		
var. générique	28	26		
var. familiale	27	24		
var. gén. Plécoptères	3	2		
var. gén. Trichoptères	5	7		
var. gén. Coléoptères	4	4		
var. gén. Ephéméroptères	5	4		
var. IBGN	23	18		
IBGN (Robustesse)	15 (13)	12 (11)		
Taxon indicateur	Perlodidae (9)	Leuctridae (7)		
	Leuctridae (7)	Nemouridae (6)		
Cb2	13,5	12		
Iv (sur 10)	5,06	3,96		
In (sur 10)	8,47	8,06		
Taxon indicateur référence	9	9		
Var. IBGN référence	11	11		
IBGN référence (rang 1 à 4)	19	19		
Ratio de Qualité Ecologique	0,79	0,63		
Etat écologique DCE	Bon état	Moyen		
EQR très bon état	0,89	0,89		
EQR bon état	0,72	0,72		

	Ordres	Familles	stations	
			FM Amont	FM Aval
Classes d'abondance Mag20	Plécoptères	Nemouridae	3	2
		Leuctridae	2	2
		Perlodidae	2	
		Ephemeraeidae	2	2
		Leptophlebiidae	2	1
		Sericostomatidae		2
		Philopotamidae	2	1
	Coléoptères	Rhyacophilidae	2	
		Elmidae	1	2
		Scirtidae	2	1
	Diptères	Chironomidae	3	3
		Limoniidae	2	2
		Athericidae	2	1
		Simuliidae	2	2
	Amphipodes	Gammaridae	3	5

Tableau 5 : Caractérisation du peuplement macrobenthique des stations du Rançon.

	Rançon			stations		
	Amont	Aval	Aval lointain	Rançon Amont	Rançon Aval	Rançon Av.Loint
Abondance	8 627	761	5 904			
var. générique	34	32	35			
var. familiale	30	29	30			
var. gén. Plécoptères	3	4	4			
var. gén. Trichoptères	10	10	9			
var. gén. Coléoptères	5	3	7			
var. gén. Ephéméroptères	5	6	6			
var. IBGN	27	20	29			
IBGN (Robustesse)	16 (15)	12 (11)	16 (15)			
Taxon indicateur	Perlidae (9)	Leuctridae (7)	Philopotamidae (8)			
	Philopotamidae (8)	Nemouridae (6)	Leuctridae (7)			
Cb2	15	12,5	15			
Iv (sur 10)	5,94	4,40	6,38			
In (sur 10)	9,19	8,06	8,47			
Taxon indicateur référence	9	9	9			
Var. IBGN référence	11	11	11			
IBGN référence (rang 1 à 4)	19	19	19			
Ratio de Qualité Ecologique	0,84	0,63	0,84			
Etat écologique DCE	Bon état	Moyen	Bon état			
EQR très bon état	0,89	0,89	0,89			
EQR bon état	0,72	0,72	0,72			

	Ordres	Familles	stations		
			Rançon Amont	Rançon Aval	Rançon Av.Loint
Plécoptères	Nemouridae	3	2	3	
	Perlidae	2	1	1	
	Leuctridae	3	2	4	
Ephéméroptères	Baetidae	3	2	3	
	Heptageniidae	2	2	3	
	Ephemeraeidae	1	1	3	
	Leptophlebiidae		2	2	
Trichoptères	Goeridae	3	3	3	
	Glossosomatidae	2	2	2	
	Sericostomatidae	3	3	3	
	Limnephilidae	1	1	3	
	Philopotamidae	2		3	
	Rhyacophilidae	2	2	3	
Coléoptères	Elmidae	3	1	3	
	Hydraenidae	2	2	2	
Diptères	Chironomidae	3	1	3	
	Limoniidae	1	1	2	
	Athericidae	2	1	1	
	Simuliidae	3	2	5	
Hétéroptéridae	Gerridae			2	
Amphipodes	Gammaridae	5	3	5	

Tableau 4 : Tendances des notes et indices macrobenthiques en aval des prises d'eau étudiées.

Source : Conseil Supérieur de la Pêche 2001, 2002.

Stations	Note IBGN			Note Cb2			Iv			In		
	2001	2002	2016	2001	2002	2016	2001	2002	2016	2001	2002	2016
VDL aval	12	15	10	12	15,5	11	4,18	6,82	3,3	7,87	8,67	7,66
Bière aval	14	16	14	13	15,5	10	5,5	6,16	3,74	7,56	9,28	6,35
Rançon aval	19	19	12	17	17,5	12,5	8,36	8,36	4,4	8,64	9,08	8,06

Les tableaux ci-dessus (Tableaux 2 à 6) sont plus facilement interprétés grâce à un code couleur. En bleu, les résultats témoignant d'une très bonne qualité du cours d'eau. Une qualité d'eau bonne est marquée par du vert, moyenne en jaune, médiocre en orange et mauvaise en rouge.

Les Vernes de Lyre semblent être le ruisseau le plus sensible des 3 cours d'eau captés étudiés (Tableau 2). Les notes IBGN sont faibles (entre 11/20 et 10/20), présentant une qualité faunistique moyenne en amont et en aval du captage. En aval lointain on passe à une qualité plutôt bonne. Les autres cours d'eau montrent des notes IBGN plus élevées (entre 12/20 et 16/20). En d'autres termes, ces faibles notes d'IBGN (et Cb2 associées) montrent une déstructuration du peuplement benthique associable à une perturbation de la qualité du milieu. La faible attractivité des substrats limite une variété taxonomique convenable. Les faibles notes des affluents du Rançon peuvent être aussi expliquées par leur position apicale en tête de bassin. De plus, on constate, pour tous les cours d'eau captés étudiés, une baisse de la note IBGN en aval immédiat du captage.

La note Cb2 permet de faire la distinction entre la qualité physico-chimique de l'eau (In) et la capacité d'accueil des habitats pour le peuplement macrobenthique (Iv). Sur tous les cours d'eau, toutes stations confondues, les notes concernant la qualité de l'eau sont très bonnes (entre 6,35/10 et 9,19/10). Cependant, leur note de qualité habitationnelle est médiocre (rarement au-dessus de 5/10 hormis sur les stations du Rançon). On peut supposer que le Rançon possède des valeurs d'habitat plus fortes car le débit réservé qui lui est imposé à une valeur plus élevée que pour les autres cours d'eau plus petits.

Le Ratio de Qualité Ecologique (RQE) (EcoGEA 2008) montre que ces cours d'eau possèdent un bon état écologique de manière générale. Cet indice est calculé en prenant en compte les communautés caractéristiques des cours d'eau de même rang (1 à 4) de l'hydroécocorégion « Massif Central Nord », d'après l'étude de Wasson & al (2004). Cette note est à remettre dans le contexte de milieu typique de tête de bassin versant. En effet sur ce type de cours d'eau proche des sources (Fontaine Mollaine, Vernes de Lyre et Bière), une note IBGN de 19/20 est quasi-improbable (J. . Wasson et al. 2004).

Pour expliquer la tendance « bonne qualité d'eau mais faible valeur d'habitat » on peut y voir deux hypothèses. Soit ce sont des secteurs typiques de zones de source qu'il faut considérer comme tel, et où les eaux sont naturellement d'excellente qualité mais peu biogène. Soit ces systèmes sont perturbés par de trop faibles écoulements qui limiteraient la complexité de la mosaïque habitationnelle, et donc la capacité d'accueil de la faune macrobenthique.

La deuxième hypothèse semble plus probable, même si nous sommes effectivement en zone de source. En effet, les zones de sources sont caractérisées par une faible richesse taxonomique (environ 20 taxons), par la présence d'espèces faiblement polluo-résistantes et par une note IBGN avoisinant les 14/20 (Conseil Supérieur de la Pêche 2002). Or dans notre cas, la richesse taxonomique avoisine plutôt les 30 et avec une majorité de taxons polluo-résistants (et saprobiontes) en abondance significative. La présence d'organismes polluo-sensibles reste très modeste (malgré la forte dominance de blocs sur les stations) mais témoigne d'une bonne qualité de l'eau.

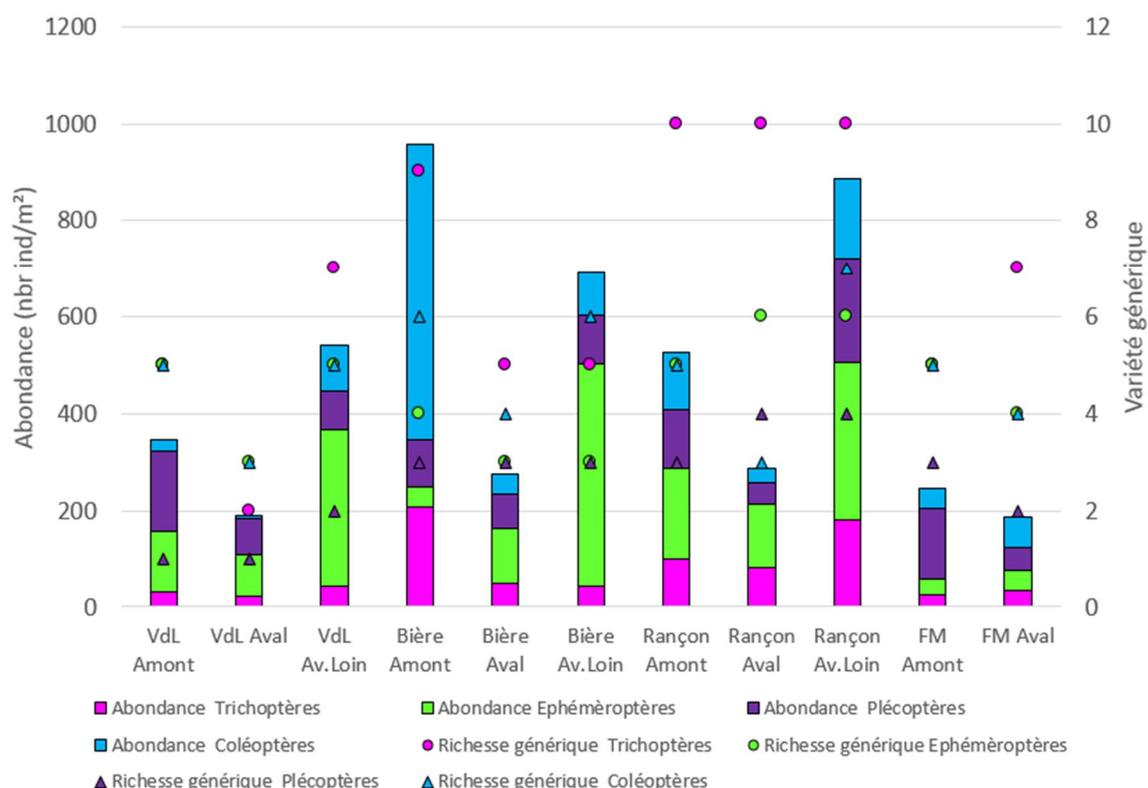


Figure 13 : Relation entre l'abondance et la variété générique des espèces de TEPC (Trichoptères, Ephéméroptères, Plécoptères, Coléoptères) des différentes stations étudiées.

La figure 13 montre que les Trichoptères sont les plus taxons indicateurs les plus variés en termes de genres, en particulier sur les stations amont. Les autres ordres sont quant à eux les plus abondants sur les stations amont. De manière générale, on constate de bonnes abondances et variétés génériques pour tous ces taxons indicateurs en amont, puis une chute de ces paramètres en aval immédiat du captage, pour par la suite avoir un effet de résilience en aval lointain.

Par ailleurs, en comparant ces indices à la situation des années 2000 (Tableau 4), on constate que seulement 16 ans plus tard, les stations étudiées en aval des captages ont considérablement baissés. Ce qui semble indiquer une dégradation du milieu à l'aval des captages.

Tableau 7 : Indices relatifs à la qualité structurale du peuplement macrobenthique.

Station	Indice de Shannon-Weaver (H)	Limites (H) (0 à log2(S))	Indice d'Equitabilité	%TEP	%TEPC	Station	Indice de Jaccard (I)
VdL Amont	1,44 (30%)	0 à 4,90	0,29	11,8	12,6	VdL Am/Av	0,50
VdL Aval	1,96 (45%)	0 à 4,39	0,45	8,8	9,0	VdL Av/Av.loin	0,40
VdL Av.Loin	2,92 (61%)	0 à 4,80	0,61	30,5	37,0	Bière Am/Av	0,61
Bière Amont	1 (20%)	0 à 5,08	0,20	1,2	3,5	Bière Av/Av.loin	0,54
Bière Aval	3,33 (69%)	0 à 4,80	0,69	29,0	34,0	Rançon Am/Av	0,53
Bière Av.Loin	1,87 (39%)	0 à 4,75	0,39	6,3	7,3	Rançon Av/Av.loin	0,72
Rançon Amont	0,81 (16%)	0 à 5,08	0,16	4,7	6,1	FM Am/Av	0,51
Rançon Aval	2,88 (58%)	0 à 5,00	0,58	33,7	37,7		
Rançon Av.Loin	2,14 (42%)	0 à 5,13	0,42	12,2	15,0		
FM Amont	2,73 (57%)	0 à 4,80	0,57	21,5	26,0		
FM Aval	0,91 (19%)	0 à 4,75	0,19	2,6	4,1		

Le tableau 7 présente les différents indices découlant du protocole IBGN (MAG20). L'indice de diversité générique du peuplement (indice de Shannon) est modeste en amont de captage (entre 30 et 16%). A l'aval la diversité générique augmente de l'ordre de 1,5 fois (Vernes de Lyre) à 3,45 fois plus qu'en amont (Bière). On peut supposer que les prises d'eau ont un effet de cloisonnement biologique en amont des installations. En aval le pourcentage en TEP et TEPC chute par rapport aux proportions en amont pour le ruisseau de Bière et le Rançon. L'indice d'équitabilité renforce cette impression en montrant qu'en amont, la majorité des effectifs est soutenu par quelques taxons seulement (indice faible entre 0,16 et 0,29). En aval le peuplement est plus équilibré, des indices variant entre 0,45 et 0,69. Les indices de Jaccard montrent des degrés de similitude des peuplements entre stations de l'ordre de 50%.

B. Etude de l'ichtyofaune

Les résultats des inventaires piscicoles du Rançon 2016 vont être exposés dans ce chapitre pour chaque cours d'eau étudié. Les données brutes des pêches électriques sont présentées en Annexe 22. A partir de ceux-ci, on en a déterminé les classes d'abondance des différentes espèces échantillonnées, que l'on a comparées aux classes d'abondance des espèces du peuplement théorique (Figures 14 à 24). Les Niveaux Typologique Théorique (NTT) de chaque station ont aussi été calculés (Tableau 10). On notera que ces classes d'abondance ont été obtenues grâce à une base de données piscicole du Bassin Rhône Méditerranée Corse (CSP DR n°5 1995).

6 espèces différentes ont été capturées lors des 11 inventaires piscicoles réalisés en 2016 dans le bassin du Rançon (Cf. tableau 9). Une station est caractérisée par l'absence totale de poissons : le ruisseau de Bière à Broye en amont du captage.

Tableau 8 : Caractéristiques des stations d'inventaires piscicoles

Station	Code étude	Rançon amont	Rançon aval	Rançon aval loitain	Fontaine Mollaine amont	Fontaine Mollaine aval	Vernes de Lyre amont	Vernes de Lyre aval	Vernes de Lyre aval loitain	Bière amont	Bière aval	Bière aval loitain
	Code base FD71	Rançon 3 16	Rançon 4 16	Rançon 5 16	Fontaine Mollaine 1 16	Fontaine Mollaine 2 16	Vernes de Lyre 1 16	Vernes de Lyre 2 16	Papeterie 2 16	Bière 1 16	Bière 2 16	Forêt aux Merles 1 16
Caractéristiques station												
Nom cours d'eau	Rançon	Rançon	Rançon	Rau de Fontaine Mollaine	Rau de Fontaine Mollaine	Rau des Vernes de Lyre	Rau des Vernes de Lyre	Rau de la Papeterie	Rau de Bière	Rau de Bière	Rau de la Forêt aux Merles	
Commune	Marmagne	Marmagne	Broye	Autun	Broye							
Localisation	Pont d'Ajoux, amont captage	Pont d'Ajoux, aval captage	Les Cloux, Amont confluence Fontaine Mollaine	Montromble, aval confluence	Les Cloux	Amont captage	Aval captage	Préau	Amont captage	Aval captage	St Guinot	
Coordonnées aval station (Lambert 93)	X	803506.9	803402.9	802336.5	802698.2	802352.7	798924	799007.4	799967	800790.8	803402.9	802336.5
	Y	6642734.5	6642731.7	6643511.1	6644077.1	6643577.3	6644851	6644856.9	6644090.4	6644956.8	6642731.7	6643511.1
Distance à la source (en km)	9.89	9.99	11.5	0.8	1.5	1.05	1.1	3.6	1.2	1.2	3.6	
Surface du bassin versant (en km ²)	23.73	23.82	27.06	0.9	1.25	1.9	1.9	6.4	0.8	0.8	5.2	
Pente (en ‰)	2.25	2.25	3.4	20.88	13.6	11.15	11.15	2.65	11.57	16.1	5.23	
Altitude (en m)	423	422	368	454	376	438	436	328	436	434	333	
Longueur (en m)	83	85	80	57	50	50	30	57	77	74	60	
Largeur moyenne (en m)	5.8	3.6	4.3	0.98	1.02	1.7	0.5	1.7	1.47	0.88	1.49	
Profondeur moyenne (en m)	0.124	0.087	0.099	0.049	0.048	0.092	0.053	0.116	0.066	0.033	0.112	
Caractéristiques opération												
Date	21/07/2016	21/07/2016	22/07/2016	21/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	20/07/2016	20/07/2016	20/07/2016	20/07/2016
Protocole d'échantillonnage	Pêche complète à pieds en 2 passages	Pêche complète à pieds en 2 passages	Pêche complète à pieds en 1 passage	Pêche complète à pieds en 2 passages								
Surface échantillonnée (en m ²)	481.4	306	344	55.86	51	85	15	96.9	113.19	65.12	89.4	

Tableau 9 : liste des espèces capturées en 2016 dans le Bassin du Rançon

Famille	Nom Espèce	Nom Latin	Code	Réglementation nationale		Directive européenne Habitat-Faune-Flore	Liste rouge des espèces menacées en France ⁽¹⁾
				A.M. du 8/12/1988 fixant la liste des poissons protégés	Art. R 432.5 du C.E. : espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques		
BALITORIDAE	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	LOF				LC
CENTRARCHIDAE	Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES		X		NA
COTTIDAE	Chabot commun	<i>Cottus gobio</i>	CHA			Annexe II	DD
CYPRINIDAE	Chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>	CHE				LC
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	VAI				DD
PETROMYZONTIDAE	Lamproie de plane	<i>Lampetra planeri</i>	LPP	X		Annexe II	LC
SALMONIDAE	Truite fario	<i>Salmo trutta fario</i>	TRF	X			LC

⁽¹⁾ EX : Eteint dans la nature ; RE : Disparu de France métropolitaine ; CR : en danger critique d'extinction ; EN : en danger ; VU : Vulnérable ; NT : Quasi menacé ; LC : Préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable (taxon introduit, en limite d'aire, ...)

Tableau 10 : Liste des paramètres utilisés pour le calcul du Niveau Typologique Théorique

Paramètres calculs Niveau Typologique Théorique	Nom station										
	Rançon amont	Rançon aval	Rançon aval loitain	Vernes de Lyre Amont	Vernes de Lyre Aval	Vernes de Lyre Loitain	Fontaine Mollaine amont	Fontaine Mollaine aval	Bière amont	Bière aval	Bière aval éloigné
Moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds en °C (calculé sur la base de mesures réalisées entre le 17 juin et le 31 août 2016)	18.68	18.7	17.7	15.98	16.16	16.88	15.29	15.66	13.47	13.77	17.08
Dureté calco-magnésienne (analyses réalisées sur prélèvement du 09/08/2016)	33	33	40	35	35	40	60	40	40	40	40
Distance à la source	9.89	9.99	11.5	1.05	1.4	3.6	0.8	1.5	1.2	1.2	3.6
Section mouillée à l'étiage	0.72	0.31	0.43	0.16	0.03	0.20	0.05	0.05	0.10	0.03	0.17
Largeur du lit mineur	5.8	3.6	4.3	1.7	0.9	1.7	1	1.02	1.47	0.88	1.5
Pente du lit (en %) (calculée sur carte IGN SCAN25)	22.5	22.5	34	111.5	90	26.5	208.8	136	115.7	161	52.3
Niveau Typologique Théorique calculé (sur la base de mesures réalisées en 2016)	3.5	3.5	3.2	1.8	1.8	3.2	1.4	1.7	1.1	1	3
Niveau Typologique Théorique estimé (retenu dans l'étude)	3	3	3	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					19.5
<= 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	> 36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					1.56
Nombre d'espèces rhéophiles					2.28
Nombre d'espèces lithophiles					2.82
Densité totale d'individus					4.89
Densité d'individus tolérants					1.55
Densité d'individus invertivores					4.20
Densité d'individus omnivores					2.20

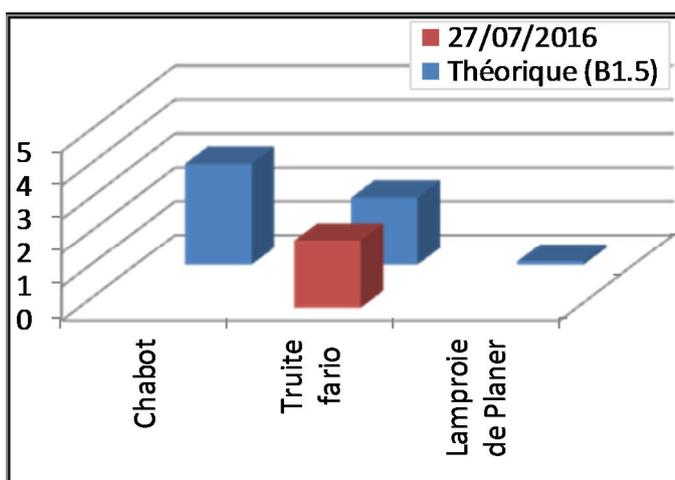


Figure 14 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Vernes de Lyre amont » et calcul de l'Indice Poisson Rivière

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					22.4
<= 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	> 36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					2.42
Nombre d'espèces rhéophiles					2.42
Nombre d'espèces lithophiles					3.62
Densité totale d'individus					3.17
Densité d'individus tolérants					3.01
Densité d'individus invertivores					2.67
Densité d'individus omnivores					5.08

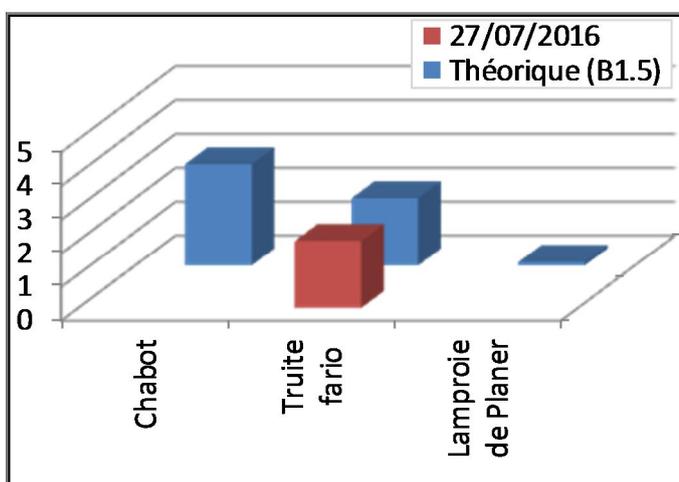


Figure 15: Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Vernes de Lyre aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					6.6
<= 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	> 36	
Excellente	Bonne	Médiocre	Moyenne	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					0.67
Nombre d'espèces rhéophiles					1.15
Nombre d'espèces lithophiles					0.26
Densité totale d'individus					0.35
Densité d'individus tolérants					0.61
Densité d'individus invertivores					2.08
Densité d'individus omnivores					1.46

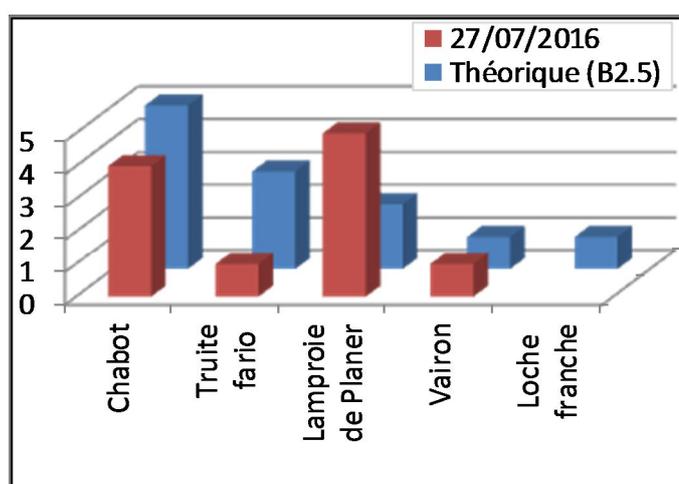


Figure 16 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Vernes de Lyre aval lointain » (Rau de la Papeterie) et calcul de l'Indice Poisson Rivière

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					17.6
≤5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	>36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					4.86
Nombre d'espèces rhéophiles					1.72
Nombre d'espèces lithophiles					4.26
Densité totale d'individus					3.22
Densité d'individus tolérants					0.10
Densité d'individus invertivores					2.98
Densité d'individus omnivores					0.45

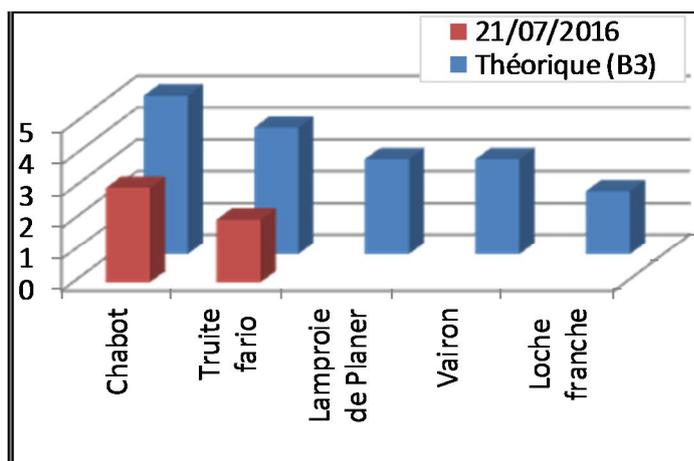


Figure 19 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Rançon amont » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					14.5
≤5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	>36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					0.72
Nombre d'espèces rhéophiles					2.04
Nombre d'espèces lithophiles					4.64
Densité totale d'individus					2.73
Densité d'individus tolérants					0.54
Densité d'individus invertivores					2.68
Densité d'individus omnivores					1.12

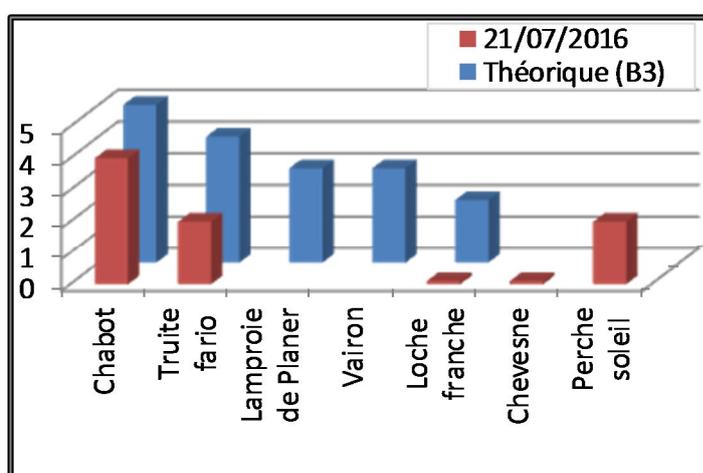


Figure 18 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Rançon aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					11.8
≤5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	>36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					0.44
Nombre d'espèces rhéophiles					1.93
Nombre d'espèces lithophiles					1.80
Densité totale d'individus					2.91
Densité d'individus tolérants					0.66
Densité d'individus invertivores					2.94
Densité d'individus omnivores					1.08

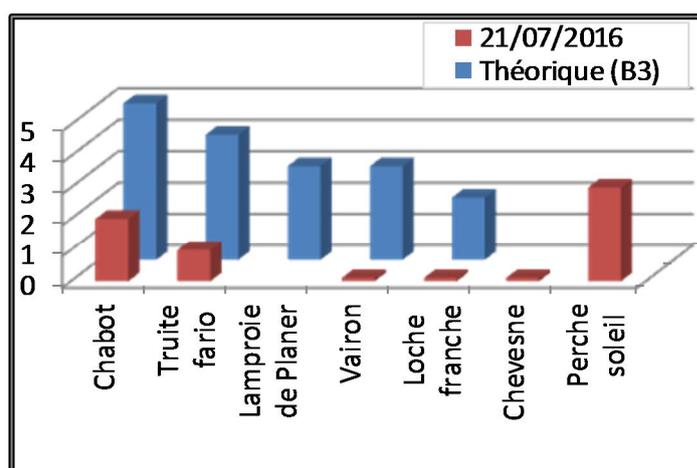


Figure 17 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Rançon aval lointain » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					33.4
<= 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	>36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					2.08
Nombre d'espèces rhéophiles					2.68
Nombre d'espèces lithophiles					3.43
Densité totale d'individus					11.93
Densité d'individus tolérants					1.56
Densité d'individus invertivores					9.68
Densité d'individus omnivores					2.08

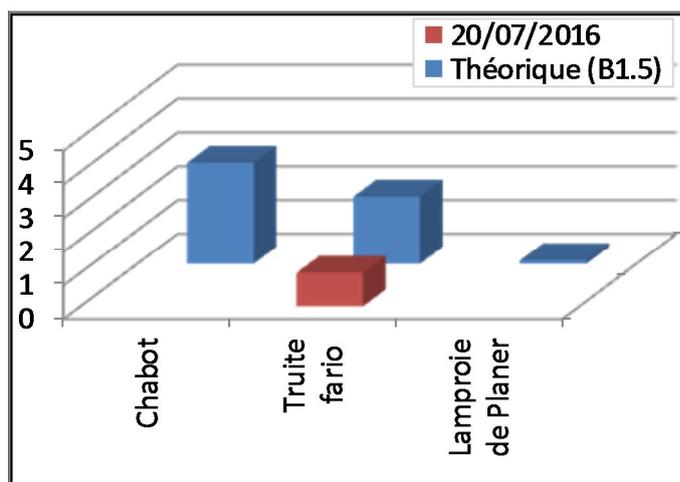


Figure 22 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Bière aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					9.5
<= 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	>36	
Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					1.49
Nombre d'espèces rhéophiles					0.77
Nombre d'espèces lithophiles					0.12
Densité totale d'individus					0.86
Densité d'individus tolérants					2.49
Densité d'individus invertivores					1.94
Densité d'individus omnivores					1.84

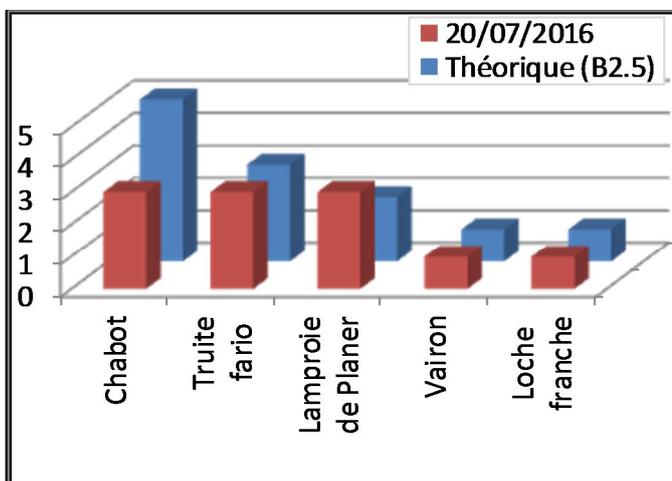


Figure 21 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Bière aval Lointain » (Rau de la Forêt aux Merles) et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					17.3
<= 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	>36	
Excellente	Bonne	Médiocre	Moyenne	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					1.32
Nombre d'espèces rhéophiles					2.47
Nombre d'espèces lithophiles					2.71
Densité totale d'individus					2.44
Densité d'individus tolérants					2.74
Densité d'individus invertivores					3.01
Densité d'individus omnivores					2.59

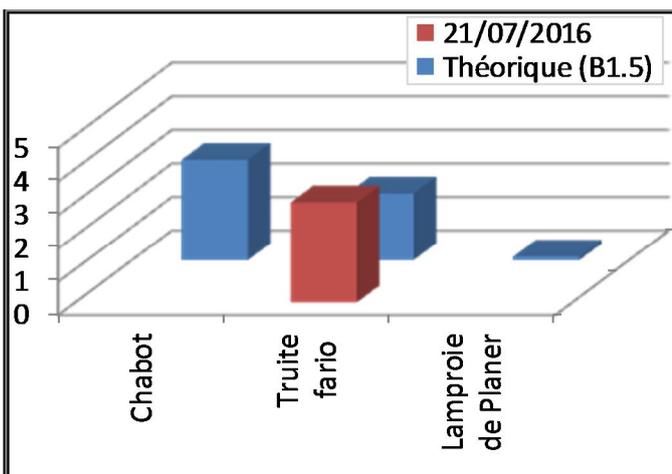


Figure 20 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Fontaine Mollaine amont » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Note Indice Poissons Rivière (IPR) :					17.5
≤ 5	]5-16]	]16-25]	]25-36]	> 36	
Excellente	Bonne	Médiocre	Moyenne	Mauvaise	
Scores des métriques de l'IPR					
Nombre total d'espèces					2.46
Nombre d'espèces rhéophiles					3.32
Nombre d'espèces lithophiles					3.97
Densité totale d'individus					1.22
Densité d'individus tolérants					2.10
Densité d'individus invertivores					1.95
Densité d'individus omnivores					2.51

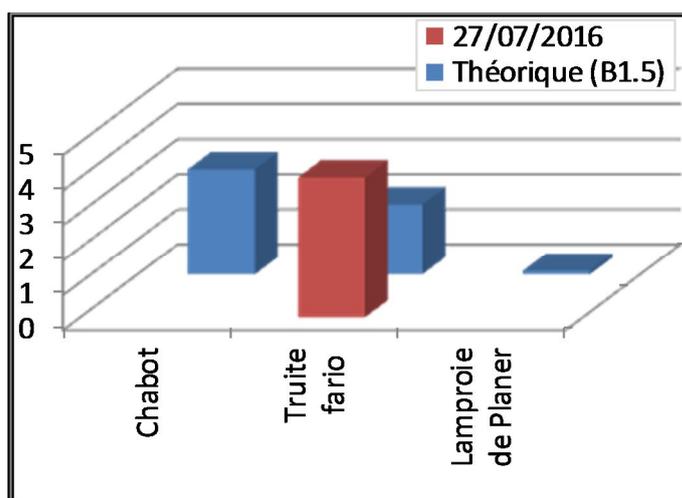


Figure 24 : Comparaison du peuplement piscicole observé et théorique de la station « Fontaine Mollaine aval » et calcul de l'Indice Poisson Rivière.

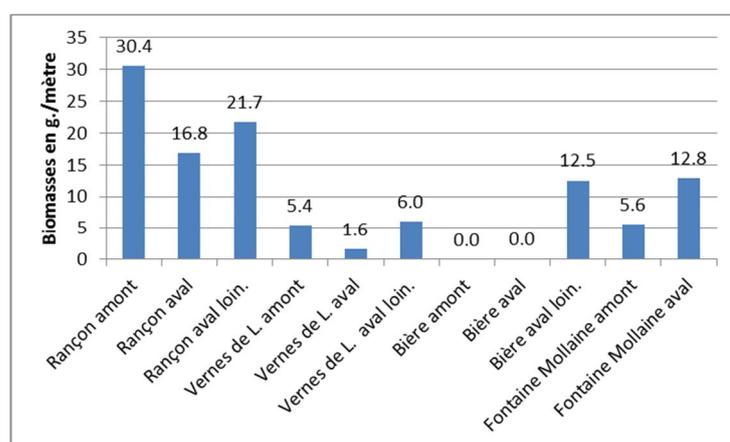
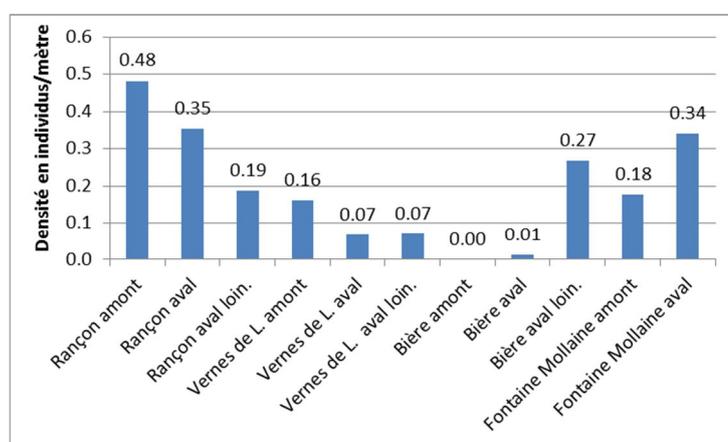


Figure 23 : Densités et biomasses de truite fario de chaque station relatives au linéaire de cours d'eau inventorié

Les peuplements piscicoles des stations des Vernes de Lyre amont et aval sont uniquement constituées de truites. Leur abondance est relativement faible (2/5) mais conforme au peuplement théorique B1.5. Rappelons toutefois que les classes d'abondance sont calculées par rapport à une surface de cours d'eau : si on observe le nombre ou la biomasse de truites par mètre linéaire de cours d'eau, on assiste bien à une chute des effectifs et des biomasses de truites entre la station située en amont du captage et la station située juste en aval alors que ces deux stations ne sont séparées que de quelques dizaines de mètres (cf. figure 23) : la densité de truites passe en effet de 0.16 indiv./m. et 5.4 g/m sur la station en amont du captage à 0.07 indiv./m et 1.6 g/m en aval. Les chabots sont absents de ces deux stations, probablement car il existe trop d'obstacles en aval de ces stations pour qu'ils puissent remonter le ruisseau jusque-là. Ces obstacles sont à la fois artificiels (seuils de pont, busages, ...) ou naturels (chutes liées à la forte pente du cours d'eau).

Le peuplement piscicole inventorié sur la station « Vernes de Lyre aval lointain » (Rau de la papeterie) est plus diversifié avec 4 espèces capturées. Les abondances de

chabot et de vairon sont à peu près conformes au peuplement théorique tandis que la lamproie de planer présente une surabondance. Les abondances de truites sont en revanche trop faibles (classe d'abondance 1/5 au lieu de 4/5). L'Indice Poisson rivière avec une note de 6.6 indique que le peuplement piscicole est de bonne qualité sur cette station.

La station amont du ruisseau de Bière est nettement impactée puisqu'aucun poisson n'a été capturé en 2016. Cette absence de poissons témoigne probablement de l'impact du captage sur la continuité écologique de ce cours d'eau, car la truite est présente juste en aval. En aval, la truite est présente mais avec une abondance très faible, probablement en lien avec le débit très faible du cours d'eau sur cette station (débit réservé uniquement). L'Indice Poisson Rivière considère ce peuplement piscicole comme étant de mauvaise qualité : cet indice pénalise les effectifs trop faibles de truite et l'absence du chabot. Comme pour la station aval des Vernes de Lyre, le chabot semble pénalisé par la taille modeste du milieu (en partie liée au captage) et par le cloisonnement du milieu (dû à la pente et aux obstacles artificiels). En aval lointain, sur le ruisseau de la Forêt aux Merles, les abondances des différentes espèces capturées (truite fario, lamproie de planer, vairon, loche franche) sont conformes au peuplement théorique sauf le chabot qui présente une abondance supérieure à la théorie (classe 5 au lieu de 3). L'Indice Poisson Rivière indique que le peuplement piscicole est de bonne qualité sur cette station

Sur les trois stations du Rançon, les espèces observées sont la truite fario et le chabot (amont et aval), ainsi que la loche franche, le vairon, le chevesne et la perche soleil qui viennent s'ajouter en aval du captage. Les abondances de truites fario sont faibles sur les 3 stations en comparaison du peuplement théorique (classes d'abondance 1 à 2/5 au lieu de 4/5), y compris en amont du captage. En effet, la station du Rançon en amont du captage subit déjà des perturbations hydrologiques fortes telles que la régulation des débits dans les plans d'eau amont qui servent de réservoir d'eau potable. Le chabot quant à lui présente des abondances variables sur les différentes stations : 3/5 sur la station amont, 4/5 en aval du captage et 2/5 en aval lointain (au lieu de 5/5 selon le peuplement théorique). Les autres espèces potentiellement présentes dans ce type de cours d'eau sont absentes (lamproie de planer) ou présentent des abondances très faibles (classe 0.1/5 pour la loche franche sur la station aval et aval lointain ; 0.1/5 pour le vairon en aval lointain). On note sur les stations aval et aval lointain la présence de deux espèces non attendues par le peuplement théorique : le chevesne et la perche soleil. Même si leurs effectifs sont modestes, la présence de ces espèces est à mettre en relation directe avec la présence de plans d'eau implantés sur le Rançon en amont qui engendrent un réchauffement de l'eau et d'où peuvent s'échapper certaines espèces de plans d'eau (perche soleil).

L'Indice Poisson Rivière indique que le peuplement piscicole du Rançon en amont du captage est de qualité moyenne. Cet indice pénalise la trop faible diversité spécifique de la station (2 espèces seulement au lieu de 3 minimums). Cette faible diversité

spécifique témoigne probablement de l'impact du barrage du captage de Pont d'Ajoux sur la continuité écologique de ce cours d'eau, car le vairon et la loche franche sont présentes en aval du barrage (avec de faibles effectifs). Les deux stations situées en aval du captage ont un peuplement piscicole de bonne qualité selon l'Indice Poisson Rivière.

Les stations situées sur le ruisseau de Fontaine Mollaine ont un niveau typologique estimé B1,5. Les abondances de truites sont supérieures au peuplement théorique : classes 3 ou 4/5 au lieu de 2/5 selon le peuplement théorique. L'Indice Poisson Rivière indique que le peuplement piscicole est de qualité moyenne sur les deux stations de ce ruisseau. A noter toutefois que la note obtenue sur les 2 stations est proche de la classe bonne qualité. Cet indice pénalise l'absence d'autres espèces en accompagnement de la truite (chabot notamment). La forte pente de ce ruisseau peut expliquer l'absence du chabot sur la station amont. Sur la station aval, l'absence du chabot est beaucoup plus étonnante, car le ruisseau de Fontaine Mollaine est très proche du Rançon, où cette espèce est bien implantée. Il semblerait donc, dans ce cas, que le ruisseau de Fontaine Mollaine ne soit pas attractif pour cette espèce.

Sur les différents ruisseaux étudiés, l'accumulation d'obstacles physiques sur le profil longitudinal pourrait donc influencer sur la présence de certaines espèces (truite fario, chabot, loche franche). La structure du peuplement piscicole n'est donc pas directement dépendante du débit, mais plutôt de la morphologie du lit. Cet effet « barrière » limite donc les mouvements des poissons vers l'amont, en raison de l'accumulation d'obstacles entraînant une disparition progressive des espèces, comme c'est le cas pour la truite fario et le chabot en amont des captage (Le Pichon et Bélliard 2012).

L'analyse piscicole réalisée auparavant était basée sur des abondances de poissons, abondances calculées par rapport à une surface de cours d'eau. Or, la principale incidence de la réduction des débits est que celle-ci engendre une réduction de la largeur en eau des cours d'eau et donc une diminution de la quantité de poissons par unité de longueur du cours d'eau. C'est pourquoi nous avons tenté une analyse des résultats par mètre de cours d'eau. Ainsi, la figure 23 permet d'observer les effectifs et la biomasse de truite par mètre de linéaire de cours d'eau. On constate que les effectifs et la biomasse de truite des cours d'eau, reporté au mètre de linéaire de pêche électrique prospecté (Figure 23), diminuent sur le ruisseau des Vernes de Lyre et le Rançon entre l'amont et l'aval du captage. Sur le ruisseau de Bière, la situation est différente puisque la truite fario est absente en amont du captage et présente en très faible quantité en aval. Sur le Rançon et les Vernes de Lyre, il apparaît donc que les captages induisent une diminution des effectifs de truites en lien direct avec la perte de surface en eau due aux prélèvements.

2. Qualité physique du cours d'eau

A. Méthode Tronçon

Pour chaque tronçon étudié, une classe de qualité leur a été attribuée. La qualité physique de chaque cours d'eau va maintenant être détaillée à travers l'analyse de quatre composantes que sont l'hétérogénéité, l'attractivité, la connectivité et la stabilité (Figures 25 à 28).

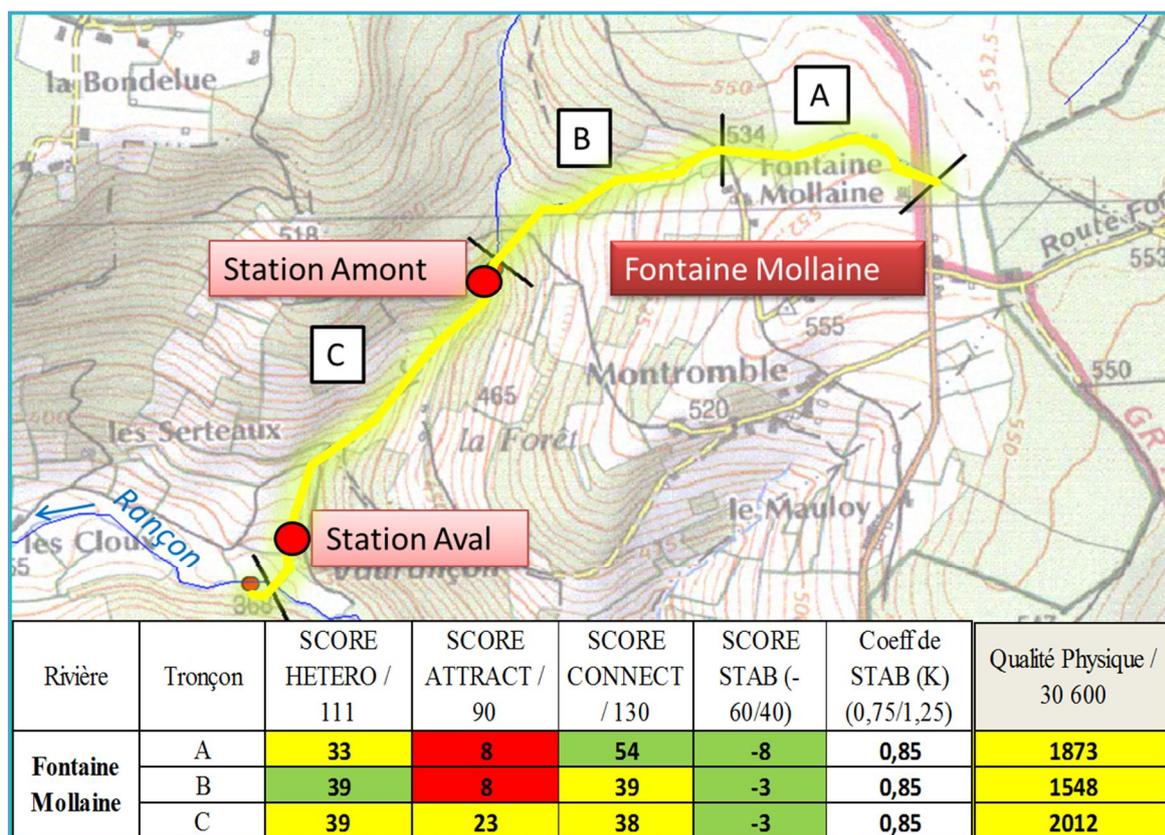


Figure 25 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour les tronçons de Fontaine Mollaine

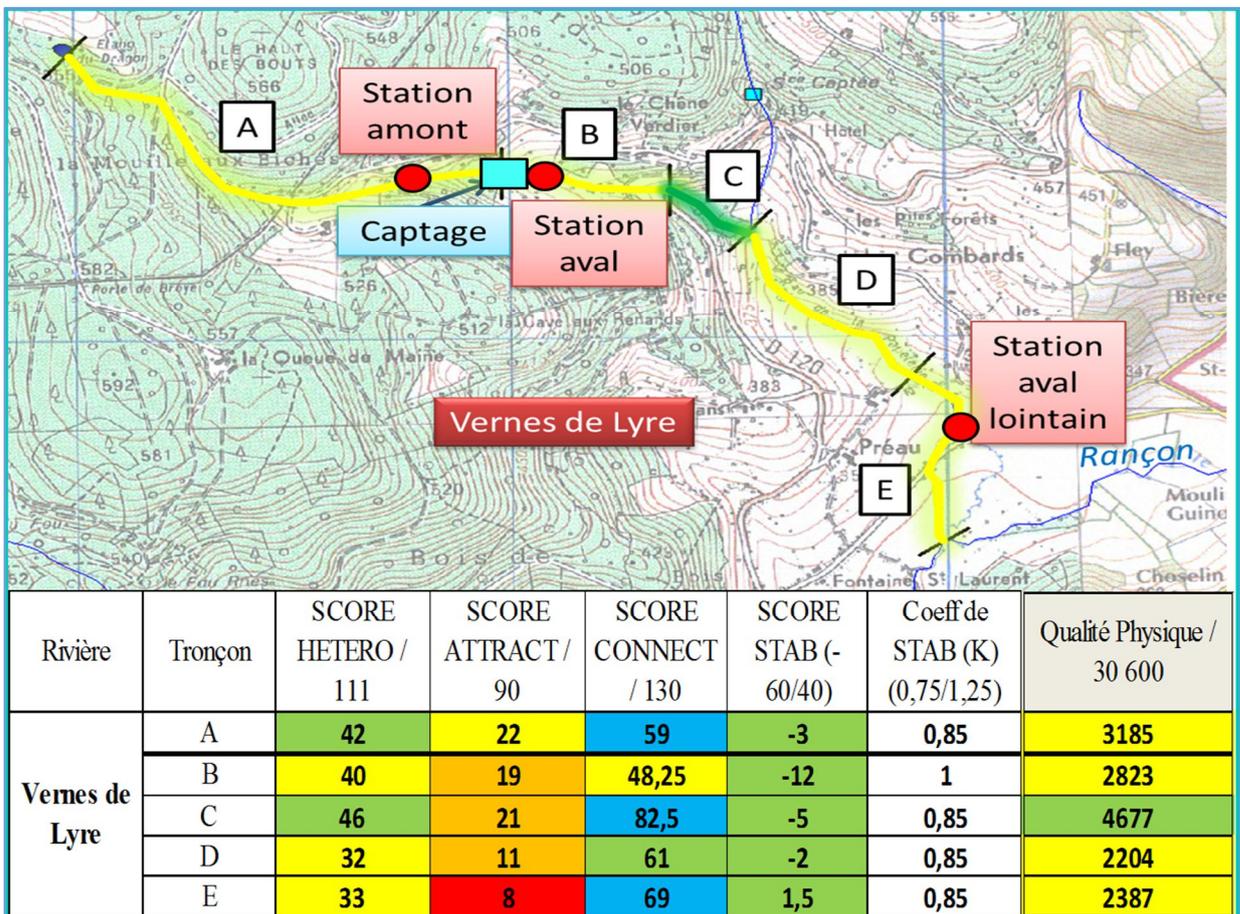


Figure 27 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour les tronçons des Vernes de Lyre.

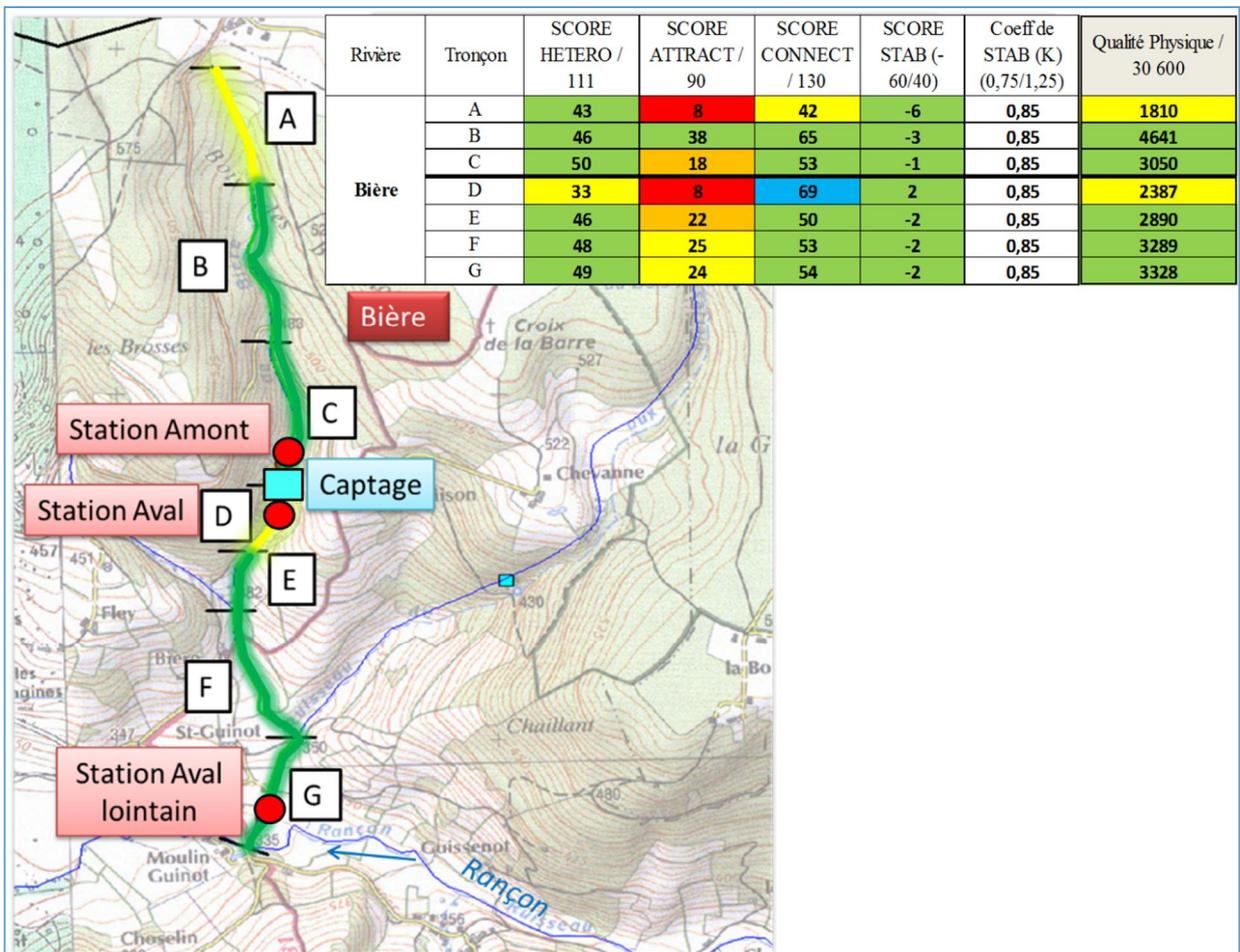


Figure 26 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour les tronçons du ruisseau de Bière

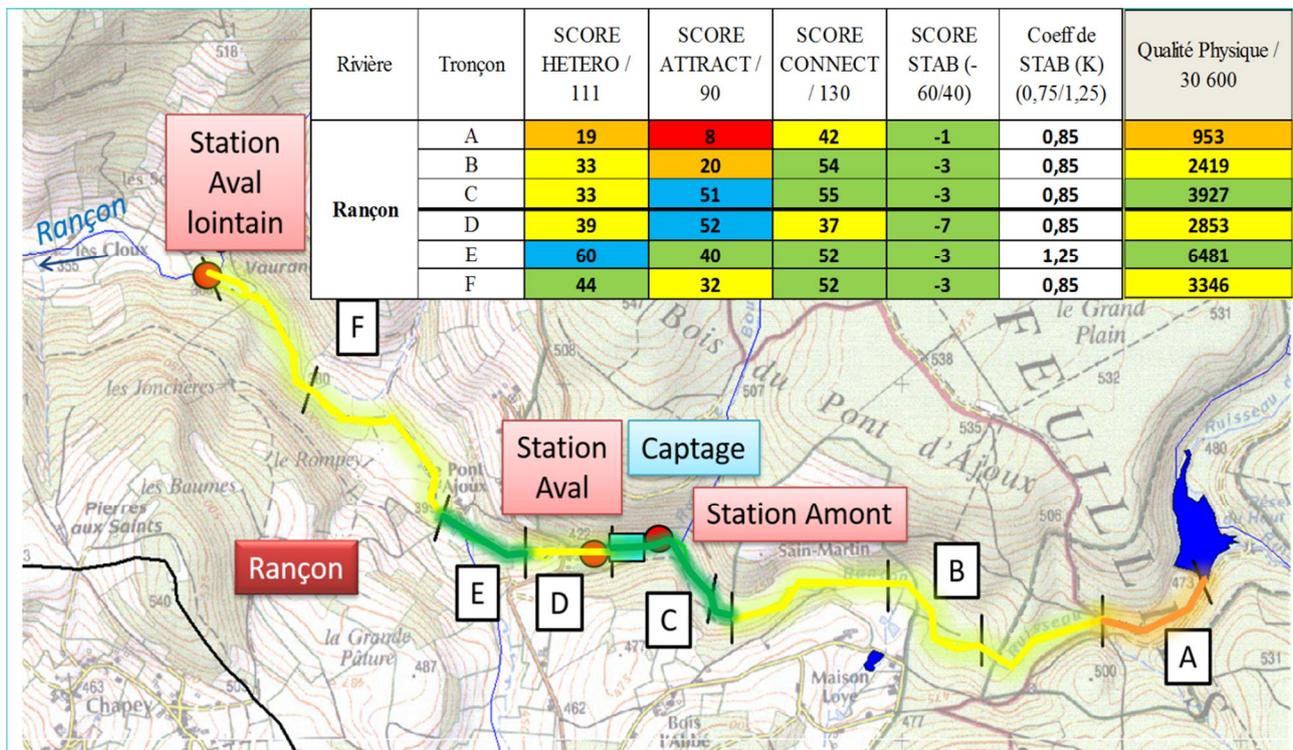


Figure 28 : Score de qualité physique de la méthode Tronçon pour la portion du Rançon étudié.

Les tronçons du ruisseau des Vernes de Lyre, de Fontaine Mollaine et du Rançon (Figure 25 à 28) sont en grande majorité représentés par une classe de qualité physique médiocre (jaune) malgré de bons scores en termes de connectivité et de stabilité du cours d'eau. L'hétérogénéité du lit est relativement médiocre en raison d'une faible diversité d'habitats (classes de hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement et substrats) et de faciès au niveau des tronçons. Sur les stations comprenant des captages, on peut remarquer que l'attractivité des substrats diminue systématiquement entre les stations amont et aval. Ces faibles scores sont expliqués par la présence de blocs (sans anfractuosités) en guise de substrats dominants sur la quasi-totalité du linéaire des tronçons prospectés, ainsi qu'une banalisation, à la baisse, des classes de vitesse et de hauteur d'eau liée à la perte de débit. La faible présence de frayères et de caches peut aussi expliquer ces scores médiocres (sauf pour les tronçons du Rançon). En effet, les tronçons montrant une très bonne attractivité étaient représentés par des zones où les superficies de caches pour l'ichtyofaune étaient importantes.

Les tronçons du ruisseau de Bière ont obtenu de meilleurs scores que les autres cours d'eau étudiés dans le bassin du Rançon. Il montre une bonne qualité physique sur une grande partie de son linéaire. Cependant, il ne déroge pas à la règle et voit sa qualité physique diminuer à l'aval du captage.

Ces captages représentent des obstacles à la continuité écologique et impactent la morphologie du cours d'eau. En effet, on observe un rétrécissement du lit entre les tronçons amont et aval, renforçant l'effet de banalisation des faciès et des habitats. Une qualité physique médiocre du cours d'eau entraîne un potentiel habitationnel faible, et donc une capacité biogène médiocre.

Par ailleurs, le ruisseau censé servir de témoin (Fontaine Mollaine) possède une qualité physique médiocre sur tout son linéaire. Les faibles scores des cours d'eau du

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

bassin du Rançon ne sont donc pas uniquement la faute des captages. Cela s'explique aussi par le fait que ces cours d'eau de tête de bassin versant possèdent des pentes fortes faisant parfois obstacle à la continuité écologique, et entraîne une faible diversité de la mosaïque habitationnelle pouvant accueillir une faune diversifiée. La présence de portions busées (Vernes de Lyre) sur ces cours d'eau impacte aussi sur la continuité écologique.

B. Méthode IAM

Le protocole IAM a été appliqué pour chaque station des cours d'eau étudiés. Différents indices relatifs à l'hétérogénéité et l'attractivité de chaque station, vont être présentés (Tableau 11 et Figure 29). Les cartographies des substrats/supports, des classes de hauteurs et de vitesses de courant sont présentées en annexes (Annexe 23).

Tableau 11 : Résultats des IAM des ruisseaux du bassin du Rançon et d'autres paramètres (indice de diversité, régularité, nombre de substrat, hauteur d'eau, vitesse de courant et de pôle).

Station	Ind_Div	IAM / IAMref	Régularité	nbr S	nbr H	nbr V	nbr Pôles
VdL amont	1,42	0,96	0,86	7	3	4	44
VdL aval	1,05	8,81	0,89	5	2	3	15
VdL aval lointain	1,35	0,97	0,81	9	3	3	46
Rançon amont	1,40	0,55	0,80	6	3	4	55
Rançon aval	0,87	0,16	0,69	4	3	3	18
Rançon aval lointain	1,05	0,33	0,70	9	3	3	31
Bière amont	1,49	0,68	0,86	9	2	4	53
Bière aval	1,04	0,27	0,82	4	2	3	18
Bière aval lointain	1,21	0,58	0,80	6	2	4	31
FM amont	1,10	0,49	0,83	6	2	3	21
FM aval	1,01	0,36	0,77	7	2	2	20

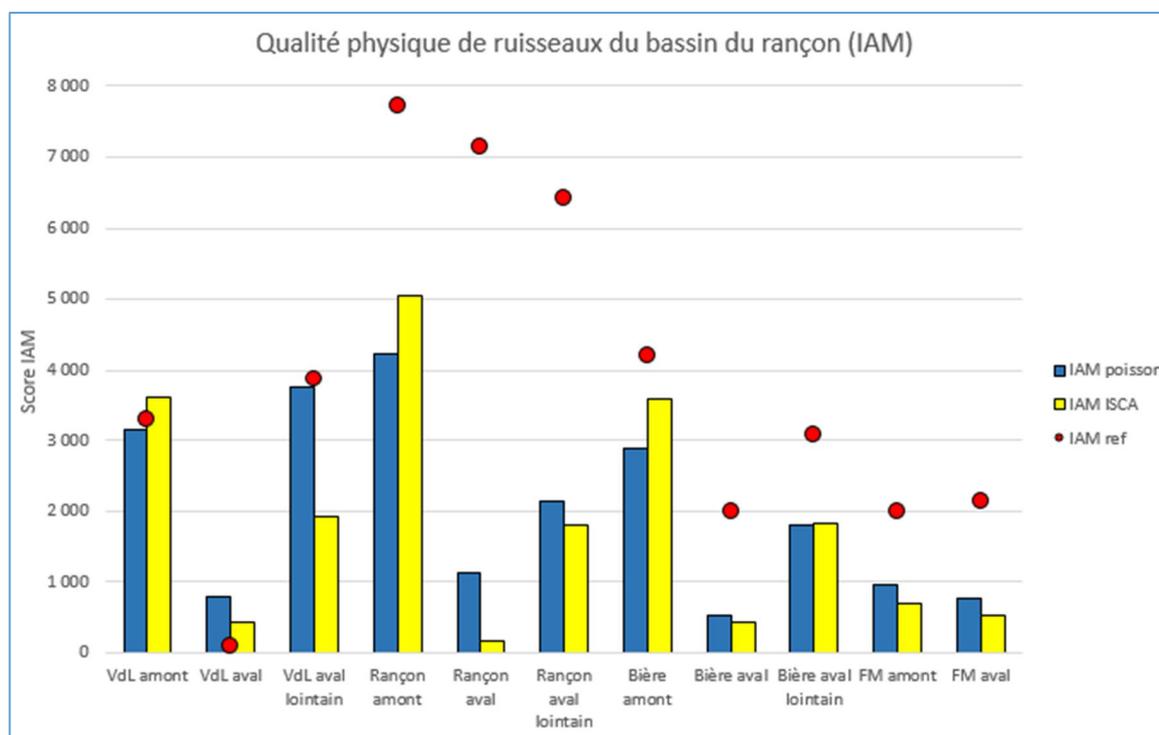


Figure 29 : Scores IAM poisson et écrevisses (ISCA), ainsi que les IAM de référence associées pour chacune des stations étudiées.

D'après le Tableau 11 et la Figure 29, on voit que les stations des Vernes de Lyre ont un fort potentiel habitationnel pour l'ichtyofaune et la population astacicole par rapport à celui de référence (entre 96% en amont et 97% du potentiel atteint en aval lointain). La station en aval proche du captage montre un rapport IAM/IAMref de l'ordre de 881%, ce qui témoigne bien d'un dysfonctionnement de cette portion du cours d'eau. Les forts indices de diversité, oscillant entre 1,05 et 1,42 traduisent une bonne complexité de la mosaïque habitationnelle au niveau stationnel. Ceci est appuyé par les indices de régularité qui montre une bonne diversité des pôles d'attractions. On retiendra qu'en aval du captage il existe une perte d'habitat. En effet, on passe de 7 à 5 types de substrats différents et on voit une réduction des pôles d'attractions (44 en amont contre seulement 15 en aval).

Les stations du ruisseau de Bière montrent aussi une perte importante des pôles d'habitats entre l'amont et l'aval du captage. En effet, on passe de 53 à 18 pôles. En aval le potentiel habitationnel de la station aval est atteint qu'à hauteur de 27%, contre 68% en amont. On notera une résilience plus en aval avec 58% du potentiel atteint.

Les stations du Rançon suivent les mêmes conclusions que pour les autres ruisseaux captés. A savoir, une forte diminution des pôles d'attractivité (55 en amont contre 18 en aval), suivie d'une banalisation de la mosaïque habitationnelle, traduit par un plus faible indice de Shannon et de régularité (respectivement 0,87 et 0,69).

Les stations témoins de Fontaine Mollaine montrent de faible potentiel habitationnel (49% en amont et 36% en aval). Ceci provient d'une homogénéisation des substrats, en grande majorité des blocs sans anfractuosités (peu attractifs pour le peuplement piscicole), et donc peu biogène.

De manière générale, les stations aval des cours d'eau comprenant un captage montrent des rétrécissements des largeurs de lit et une banalisation de la mosaïque habitationnelle bien marquées par rapport à l'amont (Annexe 23). De plus, en aval du captage des Vernes de Lyre et de Bière, on remarque un phénomène d'enfoncement du lit. On notera aussi que la continuité écologique est inexistante entre l'aval et l'amont des captages. En effet, en aval du captage l'eau est restituée au cours d'eau via un petit tuyau d'environ 6 cm de diamètre et à une hauteur de plus de 1 mètre pour les Vernes de Lyre et de Bière. Sur le Rançon, le captage est apparenté à un seuil de plus d'2,5 mètres de haut. Tous ces facteurs peuvent appuyer le fait que la capacité biogène de ce cours d'eau soit limitée. Sur ces cours d'eau, la méthode IAM rejoint ce qu'il a été dit dans la méthode Tronçon, à savoir que les captages ont des conséquences en aval sur la morphodynamique du ruisseau.

C. Coefficient découlant des Mag20

Le coefficient morphodynamique et les indices relatifs à la qualité physique des cours d'eau découlant du protocole Mag20 sont exposés ci-après (Tableau 12). Au vu de ce qu'il a pu être dit concernant la capacité d'accueil de l'ichtyofaune, nous allons maintenant nous tourner sur le peuplement macrobenthique.

Tableau 12 : Résultats de différents indices de qualité physique (Coefficient morphodynamique, indice de complexité et de fragilité.

Stations	Coeff. Morphodyn. (/20)	Complexité	Fragilité
VdL Amont	12	2,65	0,94
VdL Aval	10	2,13	0,92
VdL Av.Loin	12	2,47	0,78
Bière Amont	10	2,66	0,84
Bière Aval	9	0,64	0,32
Bière Av.Loin	12	2,15	0,83
Rançon Amont	13	1,82	0,70
Rançon Aval	12	0,31	0,16
Rançon Av.Loin	13	1,46	0,46
FM Amont	11	1,92	0,74
FM Aval	12	1,94	0,69

On rappelle que le coefficient morphodynamique traduit la capacité d'une station à accueillir une faune macrobenthique diversifiée. On constate que, tout cours d'eau confondu, cette note ne dépasse pas 13/20, ce qui reflète un potentiel d'accueil médiocre. De plus, pour tous les ruisseaux captés, on remarque une diminution de cette note dû à l'impact des captages sur la morphodynamique et l'homogénéisation du lit du cours d'eau (réduction de la largeur en eau en aval).

Les stations des Vernes de Lyre possèdent un indice de complexité des substrats très élevé (proche de la limite maximale 3,3). L'indice de fragilité de ce même ruisseau est très proche de 1 ce qui traduit une bonne stabilité des substrats accueillant la faune benthique à court terme. Le ruisseau de Bière et le Rançon montrent des stations en amont du captage avec une complexité de la mosaïque habitationnelle benthique ainsi qu'une bonne stabilité dans le temps. Tandis qu'en aval, ces deux indices chutent au point de passer à des capacités biogènes benthiques faibles et instables.

Sur le ruisseau de Fontaine Mollaine on ne remarque pas de changement de note pour les différents indices entre l'amont et l'aval. En d'autres termes, les captages entraînent des modifications de la morphodynamique du lit du cours d'eau en aval. Ceci entraîne une diminution de la capacité biogène globale (poissons et macrobenthos).

3. Physico-chimie

Des analyses physico-chimiques de ces eaux de surface ont été faites concernant les paramètres cités auparavant (Annexe 24). On rappelle qu'une seule campagne de mesure a été réalisée le 9 août 2016. Tout d'abord, lorsque l'on compare les résultats aux valeurs de la grille SEQ-Eau, on constate que, dans l'ensemble, pour toutes les stations étudiées, ces cours d'eau présentent des eaux de très bonne qualité d'un point de vue chimique vis à vis de l'aptitude à la biologie. Hormis pour la station amont de Fontaine Mollaine qui montre une quantité élevée de matières en suspension, sans doute due à des difficultés de prélèvements en raison des conditions d'étiage. Les classes de qualité définies par le SEQ-Eau et Nisbet & Verneaux montrent les mêmes conclusions. Toutefois, plusieurs campagnes de mesures, ainsi que des données antérieures auraient été utiles pour intégrer les variations saisonnières de la qualité physico-chimique de ces eaux.

On rappellera que le sous-indice In, permettant le calcul du Cb2 lors des Mag20, avait montré aussi une bonne qualité de l'eau des stations d'étude. Cela explique pourquoi ces ruisseaux sont captés. Ils représentent des ressources de bonne qualité, et donc, peu de traitement à mettre en œuvre par la suite pour la destiner à la consommation humaine. Il n'est donc pas anodin d'obtenir de bons résultats en termes chimiques. Ces zones de captage sont protégées. De plus, les captages en eux-mêmes n'engendrent aucune modification chimiques amont-aval de l'eau vu que ces installations servent uniquement de zones de prélèvements. Donc les faibles abondances piscicoles ne peuvent être expliquées par la composition chimique de l'eau.

Tableau 13 : Résultats des mesures de températures effectuées entre le 17/06/2016 et le 31/08/2016 sur les différentes stations étudiées (tmj : température moyenne journalière ; Tm30j max : température moyenne des 30 jours les plus chauds ; VdL : ruisseau des Vernes de Lyre ; FM : ruisseau de Fontaine Mollaine).

Stations	Tmj minimale (°C)	Tmj maximale (°C)	Tm30j max	Part de jour ou Tmj est		
				< 4°C	entre 4 et 19°C	>19°C
VdL amont	12.4	18.2	15.98	0	100	0
VdL aval	12.6	18.4	16.16	0	100	0
VdL aval lointain	13.1	19.3	16.88	0	99	1
Bière amont	11.3	15.1	13.47	0	100	0
Bière aval	11.4	15.5	13.77	0	100	0
Bière aval lointain	12.6	19.6	17.08	0	96	4
FM amont	12.0	17.9	15.29	0	100	0
FM aval	12.1	18.4	15.66	0	100	0
Rançon amont	14.3	20.8	18.68	0	83	17
Rançon aval	14.3	20.9	18.7	0	83	17
Rançon aval lointain	13.5	20.0	17.7	0	97	3

De plus, en ce qui concerne la thermie (Tableau 13) de ces ruisseaux, on constate que la température de l'eau est restée fraîche (entre 11,3 et 20,9°C) au cours de la période estivale (du 17 juin au 31 août 2016). Ces températures sont optimales pour la truite car elle vit dans des eaux qui font entre 0 et 20°C (Keith et al. 2011). On notera

qu'au-delà de 19°C la truite cesse de se nourrir et se retrouve en état de stress respiratoire important (EcoGEA 2005). Dans le cas présent, la thermie n'a pas été un facteur limitant le développement de la truite au cours de l'été car les périodes de stress ne sont pas prolongées.

Les stations amont et aval sont forestières alors que les stations aval éloignées sont plutôt prairiales. Un taux élevé de ripisylve riveraine peut permettre une alternance de zones d'ombre et de lumière contribuant à la fraîcheur des petits cours d'eau en période estivale. De plus, l'ombrage limite le développement d'algues qui peuvent dégrader le milieu (Henner 2013). Et de manière générale, les petits cours d'eau correspondent à la partie de l'hydrosystème dont la température est la plus soumise à celle de l'air ambiant (Lhéritier 2012).

Ces températures sont à mettre en lien avec les conditions météorologiques de l'été 2016. En effet, d'après les bulletins climatiques mensuels de Météo France, jusqu'à la moitié du mois de juin, les températures de l'air ont été modestes avec l'influence des précipitations importantes des mois précédents. Puis à partir de la fin du mois de juin, les températures se sont considérablement réchauffées et les pluies ont cessées. Les températures journalières maximum sont représentatives de la fin de la période estivale (AccuWeather 2016). On notera cependant que le taux de dépassement de 19°C est très faible (moins de 20% pour toutes les stations).

En théorie, certaines espèces de poissons, comme la truite, cherchent la fraîcheur à l'amont, en période estivale ou de reproduction (Henner 2013). Or, dans le cas de ces cours d'eau captés, les installations de prélèvements d'eau font entrave à la continuité écologique.

4. [Méthode EstimHab et débit réservé](#)

L'application d'Estimhab sur la station du Rançon située en aval immédiat du captage (station « Rançon aval) permet de donner une valeur d'habitat ainsi qu'une surface utilisable variant avec le débit pour les différentes espèces du Rançon. Sur cette station, l'inventaire piscicole a montré que le chabot et la truite fario étaient les deux espèces les plus abondantes sur cette station. La loche franche, espèce présente avec de faibles effectifs, et le vairon, espèce présente sur la station « Rançon aval lointain » - mais qui, en théorie, pourrait aussi être présente sur cette station - ont aussi été pris en compte dans cette analyse.

Le protocole Estimhab nécessite de connaître le débit médian naturel du cours d'eau (Q50). Artelia en 2016 a calculé le débit médian naturel spécifique du ruisseau des Grolliers, un petit affluent du Rançon, sur la base de mesures effectuées par Véolia. Le débit médian naturel est aussi disponible sur la station de suivi hydrologique du Mesvrin à Mesvres mais les données du ruisseau des Grolliers ont été retenues car Artelia précise que « les données sur le ruisseau des Grollier retranscrivent plus fidèlement le comportement hydrologique d'un petit bassin-versant à forte pente ». A partir du débit médian naturel spécifique de la station de suivi hydrologique du bassin des Grolliers

(5.34 l/s/km²) et de la surface du bassin-versant du Rançon au niveau du site étudié (23.7 km²), le débit médian naturel de la station « Rançon aval » a donc été estimé à 0.126 m³.s⁻¹.

Le protocole Estimhab nécessite aussi de strictes conditions de débits pour les campagnes de mesures. Deux campagnes de mesures ont été nécessaires afin de respecter ces conditions de débit : une campagne en moyennes eaux le 10/06/16 (campagne réalisée au débit appelé « Q2 ») et une campagne en basses eaux le 17/08/2016 (campagne réalisée au débit appelé « Q1 »). Les deux campagnes de terrain ont permis de respecter les conditions de débits préconisées par le protocole Estimhab (et notamment Q2 > 2xQ1 – cf. Tableau 14). On note cependant que le débit en moyennes eaux (Q2) est largement supérieur au débit médian naturel (Q50) alors que le protocole indique que « l'idéal est de choisir Q2 le plus proche possible du Q50 » (Lamouroux N., 2008).

Tableau 14 : Débits jaugés lors des deux campagnes de mesure et Débit médian naturel estimé pour la station « Rançon aval »

	Date	Débit (en m ³ .s ⁻¹)	Q50 estimé(en m ³ .s ⁻¹)
Campagne n°1	10/06/2016	Q2 = 0.32	0.126
Campagne n°2	17/08/2016	Q1 = 0.034	

La mise en œuvre d'Estimhab a permis de réaliser deux graphiques : l'un permettant d'observer l'évolution de la valeur d'habitat (VHA) des différentes espèces piscicoles en fonction du débit du cours d'eau (cf. figure 30), l'autre permettant d'observer l'évolution de la surface pondérée utile (SPU) (cf. figure 31). Ces graphiques ont été réalisés pour une gamme de débit comprise entre 3.4 l.s⁻¹ (minimum imposé par la méthode) et 350 l.s⁻¹. L'observation de la courbe d'évolution de la VHA permet d'identifier, par lecture graphique :

Pour la truite fario adulte :

- une zone de gain entre 3.4l/s et 25l/s, la VHA passant de 9 à 12 % sur cette gamme de débit par rapport à sa valeur initiale ;
- une zone de gain faible entre 25l/s et 230l/s, avec un gain de VHA modeste qui passe de 12 à 15.8 % (alors que la gamme de débit est beaucoup plus importante),
- une stagnation au-delà de 230l/s.

Pour la truite fario juvénile :

- une zone de gain entre 3.4l/s et 25l/s, la VHA passant de 40 à 43.5 % sur cette gamme de débit ;
- une zone de gain faible entre 25l/s et 70l/s, avec un gain de VHA modeste qui passe de 43.5 à 44.2 %
- une baisse au-delà de 70l/s.

Pour le chabot :

- une zone de gain rapide entre 3.4l/s et 25l/s, la VHA passant de 8.8 à 15.6 % sur cette gamme de débit ;
- une zone d'accroissement régulier entre 25l/s et 350 l/s, avec un gain de VHA qui passe de 15.6 à 29.2 %.

L'observation de la courbe d'évolution de la SPU pour chaque espèce en fonction des débits du cours d'eau permet d'observer des évolutions de SPU quasiment identiques à l'évolution des VHA.

La lecture de ces graphiques permet donc de constater que la valeur de débit réservé actuel, fixé à 35 l.s⁻¹, semble assez judicieuse. Cette valeur de débit correspond en effet à une valeur de VHA de 12.9 % pour la truite adulte. Or, au-delà de 25 l.s⁻¹ les gains de VHA sont modestes pour les truites adultes. De plus, cette valeur de débit réservé correspond à la valeur d'habitat optimale pour la truite juvénile. Enfin, pour le chabot, même si des gains importants de VHA sont possibles au-delà de 35 l.s⁻¹, le débit réservé actuel semble être plutôt un bon compromis.

Ce graphique permet en revanche de constater que, pour toutes les espèces prises en compte, le débit dit « de crise » fixé à 12 L/s, mis en place lors des étiages très sévères, correspond à des valeurs de VHA faibles. Estimhab montre clairement que ce débit est pénalisant pour toutes les espèces étudiées. Rappelons que cette situation de crise a été mise en place à deux reprises lors des 3 dernières années : entre le 11 juin et 15 novembre 2014 et entre fin juin et de le 25 novembre 2015 (source : communication orale : N. Roussel, CUCM et E. Poulet, ONEMA). A la lecture de ces graphiques, la valeur de débit de 25 l.s⁻¹ semble être la valeur minimale absolue à respecter pour limiter la perte d'habitat des espèces piscicoles du Rançon.

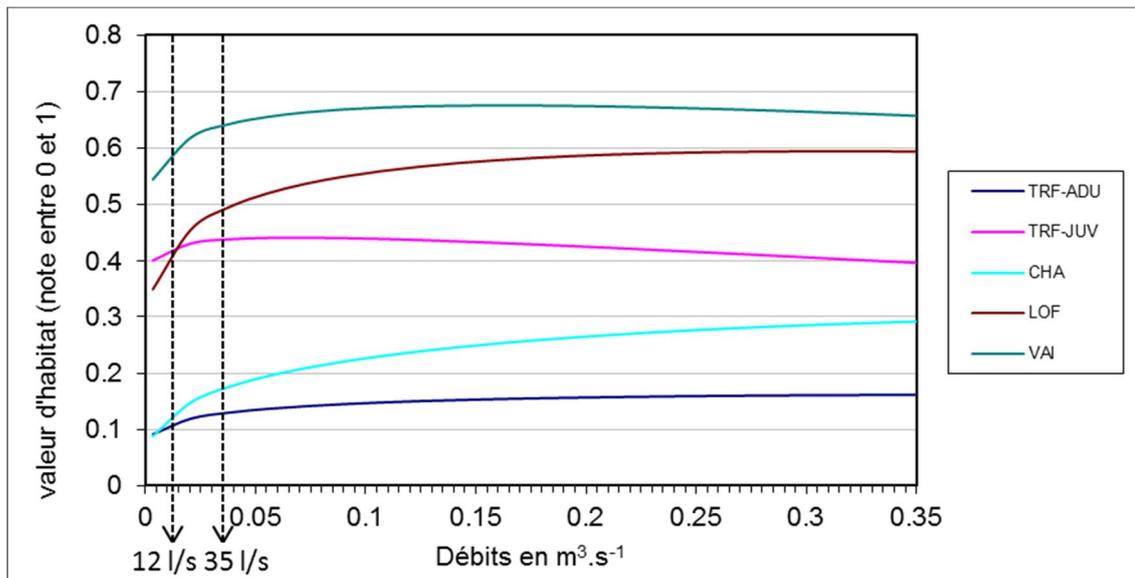


Figure 30 : Valeur d'habitat pour différents débits, pour les espèces présentes sur le Rançon en aval du captage (méthode EstimHab) (TRF-ADU : truite fario adulte ; TRF-JUV : truite fario juvéniles ; CHA : chabot ; LOF : loche franche ; VAI : vairon)

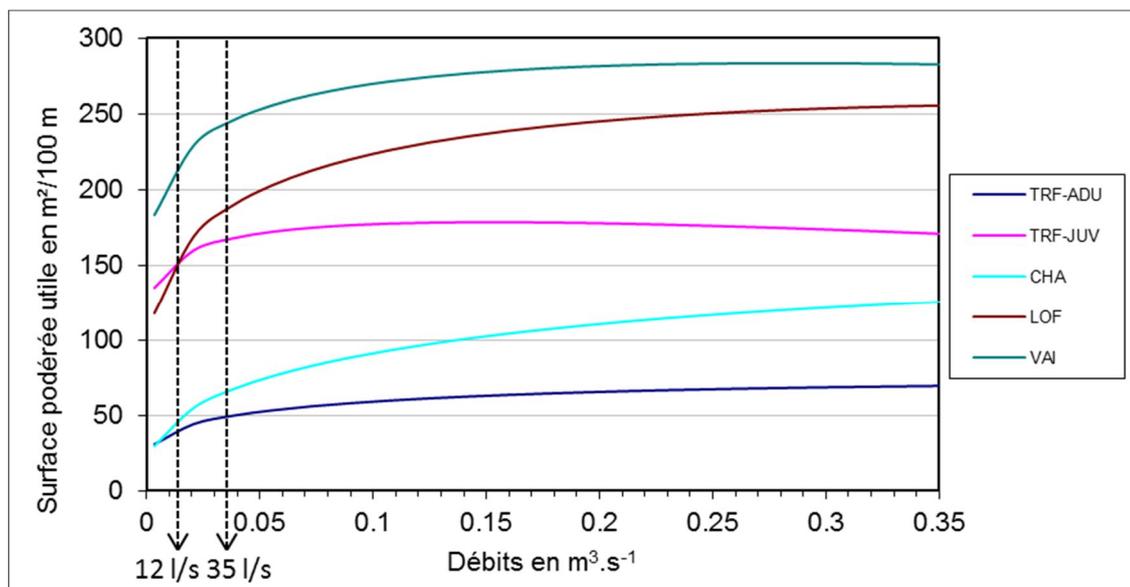


Figure 31 : Surface pondérée utile (en m²/100 m de cours d'eau), pour différents débits, pour les espèces présentes sur le Rançon en aval du captage (méthode EstimHab) (TRF-ADU : truite fario adulte ; TRF-JUV : truite fario juvéniles ; CHA : chabot ; LOF : loche franche ; VAI : vairon)

Chapitre 3 : Discussion

Les graphes et tableaux précédents ont montré la présence d'un peuplement macrobenthique globalement peu polluosensible, mais plutôt polysaprobe. De manière générale, la qualité du peuplement macrobenthique diminue systématiquement en aval du captage. Cela provient d'un changement dans la morphologie du cours d'eau en aval de l'ouvrage. Un rétrécissement du lit induit une perte d'habitat et de surface en eau utile à la faune aquatique. En aval lointain du captage, cette surface en eau augmente par l'apport de petits affluents et d'un élargissement du lit. On observe alors une meilleure qualité de la communauté macrobenthique.

En ce qui concerne l'ichtyofaune, il a été démontré que dans les bassins hydrographiques français, la pente est le premier facteur physique qui explique la variation de la richesse spécifique de poissons, suivi de la température, de la distance à la source, de l'altitude et de la largeur (Onema 2010). Les habitats en amont, dans le chevelu des sources, n'est favorable qu'aux espèces les plus spécialisées. Ce qui explique l'unique présence de la truite fario dans les stations situées en amont captages et en aval immédiat. Cette espèce est la plus spécialisée pour faire face aux obstacles franchissables inféodés à de fortes pentes. L'homogénéité des substrats de ce type de milieu limite l'installation d'un peuplement plus complexe (Onema 2010). Au-delà de la rupture du continuum écologique (biologique et sédimentaire), les ouvrages engendrent une dégradation de la qualité physique par une simplification des habitats aquatiques. Ce qui est le cas dans le bassin versant.

Il serait tentant de dire que la solution pour trouver un milieu plus préservé et en meilleur état est de stopper tout prélèvement d'eau de surface sur les affluents du Rançon. Cependant, les besoins en eau des habitants de la CUCM et des industries persistent. Les sources des affluents du Rançon sont des milieux où il est plus simple de prélever car l'eau est de bonne qualité (ce qui évite d'avantage de traitements en usine), surtout pour la période hivernale, quand la ressource est la plus abondante. Cependant, lorsque qu'en été ces sources peu prélevées, les apports en eau sont complétés par la prise d'eau de Pont d'Ajoux. Les réservoirs de Saint-Sernin servent à l'approvisionnement en eau brute des industriels. Cette eau est de moins bonne qualité que les affluents du Rançon.

Des solutions afin de préserver les cours d'eau du bassin du Rançon peuvent être proposées. Cette étude a mis en avant un impact des ouvrages de prises d'eau implantés dans le lit mineur des cours d'eau qui font office d'obstacle à la continuité écologique et qui induisent une dégradation de la qualité physique. La restauration de la continuité écologique par la mise en place de passes à poissons ou d'une rivière de contournement peut permettre d'améliorer sensiblement la situation, notamment pour la truite fario. La mise en place d'une passe à poisson est d'ores et déjà envisagée au niveau du barrage de Pont-d'Ajoux. Au niveau de la prise d'eau des Vernes de Lyre, la mise en place d'une

rivière de contournement pourrait être une mesure pertinente, tout comme un réaménagement de la rivière de contournement déjà existante au niveau de la prise d'eau du ruisseau de Bière (la rivière de contournement existe déjà au niveau de la prise d'eau du ruisseau de Bière mais une chute infranchissable pour la faune piscicole s'est formée dans cette portion du cours d'eau, la rendant inopérante).

Un ajustement du débit réservé au niveau du barrage du Pont d'Ajoux est sans doute à envisager : une modulation des débits réservés pourrait être proposée au niveau de cette prise d'eau. Au vu des résultats de la méthode Estimhab, il est nécessaire d'éviter au maximum les périodes de crise où le débit réservé est fixé à 12 l/s. Dans la mesure du possible, un minimum de 25 l/s permettrait de limiter l'impact de la réduction du débit sur la quantité d'habitat disponible pour la faune piscicole. La modulation serait aussi nécessaire pour optimiser le fonctionnement d'une éventuelle passe à poissons au niveau du barrage de Pont d'Ajoux.

Concernant les prises d'eau situées sur le ruisseau des Vernes de Lyre et le ruisseau de Bière, même si des évolutions importantes des peuplements piscicoles et/ou macrobenthiques et de leur habitat sont observées en aval de chacune des deux prises d'eau, l'étude ne permet pas de vérifier si les débits réservés actuels sont suffisants ou pas. En revanche, les nombreuses visites de terrain effectuées ont permis de constater que ces deux ouvrages étaient équipés de systèmes de trop plein situés 100 à 200 m en aval de ces prises d'eau. En aval immédiat de la prise d'eau, il y a donc un tronçon de cours d'eau dans lequel transite uniquement le débit réservé quasiment toute l'année (sauf période de crue importante). Ces tronçons de cours d'eau sont clairement les plus impactés par les ouvrages de prélèvements d'eau. Pour ces deux captages, il est donc proposé, dans la mesure du possible, que soit supprimé le système de trop plein et que le débit réservé ainsi que le débit non prélevé puisse transiter dans une rivière artificielle contournant totalement le captage. Cet aménagement permettrait ainsi d'augmenter le débit de la rivière de contournement envisagée pour restaurer la continuité écologique, ce qui la rendrait sans doute plus attractive pour la faune piscicole.

Conclusion / Ouverture

L'ensemble des informations récoltées relatif à la qualité physique, ainsi que sur l'état du peuplement piscicole et macrobenthique du Rançon et de ses affluents, ont permis d'identifier les problèmes engendrant une dégradation de ces milieux.

Ainsi, le potentiel physique des ruisseaux de ce bassin est altéré par la présence de captages d'eau potable, qui rompt l'équilibre morphodynamique des cours d'eau. Localement, l'attractivité des zones situées en aval de ces installations est pénalisée par l'artificialisation des lignes d'eau et par l'homogénéisation des habitats.

Le potentiel piscicole naturel est freiné, entre autres, par le cloisonnement des tronçons en lien avec les captages et les faibles débits. Les fortes pentes de ces cours d'eau de tête de bassin sont aussi à prendre en compte. Il existe des obstacles (naturels ou artificiels), difficilement franchissables pour certaines espèces de poissons, avant qu'ils arrivent au captage, en raison des pentes importantes. Par ailleurs, une diminution de l'impact de certains captages peut être envisagée en ne prélevant au niveau uniquement l'eau utile à l'alimentation en eau de la CUCM (suppression des trop-pleins en aval des captages) et par l'aménagement de rivières de contournement. Afin de convenir d'un débit optimal de prélèvement, il serait préférable de faire une étude pluriannuelle des capacités biogènes de ces cours d'eau (pêches électriques et analyses du peuplement macrobenthique) afin d'intégrer les variations saisonnières au cours de l'année, et les variations interannuelles.

Si à l'avenir, les aménagements des installations de captage et les ouvrages de franchissement piscicole sont mises en place, la situation des cours d'eau du bassin du Rançon devrait sensiblement s'améliorer. Il sera possible de mesurer l'amplitude de l'effet de restauration de la qualité habitationale des cours d'eau, indispensable à l'épanouissement d'une faune aquatique naturelle, riche et diversifiée.

Bibliographie

- Académie François Bourdon. 2015. « La saga des captages Schneider ». *static.reseadeassociations.fr*.
<http://static.reseadesassociations.fr/cities/1273/documents/kp104eooffeiww.pdf>.
- AccuWeather. 2016. « Météo du mois de septembre pour Broye 2016 - Prévision AccuWeather pour Saône-et-Loire France (FR) ». *AccuWeather*. Consulté le septembre 18. <http://www.accuweather.com/fr/fr/broye/137748/september-weather/137748>.
- AFNOR. 1992. « Détermination de l'indice biologique global normalisé (I.B.G.N.). Norme NF.T 90-350 ».
- Agence de l'eau Loire-Bretagne. 2016. « Têtes de bassins versants ». Consulté le février 5. http://www.eau-loire-bretagne.fr/Plan_Loire/eau_espaces_especes/bassins_versants.
- AIDA. 2010. « Arrêté du 12/01/10 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du code de l'environnement ». http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/4171.
- Andréassian, Vazken, et Jean Margat. 2012. *Rivières et rivaux : Les frontières de l'eau*. Editions Quae. <http://scd.univ-fcomte.cyberlibris.com.scd1.univ-fcomte.fr/reader/istream/docid/88813350/page/1/searchterm/riviere%20et%20rivaux>.
- Arrignon, Jacques. 1998. *Aménagement piscicole des eaux douces*. Editions Lavoisier Tec & Doc.
- Arcott, Dave B, Klement Tockner, et James V Ward. 2005. « Lateral organization of aquatic invertebrates along the corridor of a braided floodplain river ». *Journal of the North American Benthological Society* 24 (4): 934-954. doi:<http://dx.doi.org/10.1899/05-037.1>.
- ARTELIA, et CUCM. 2016. « Restauration de la continuité écologique sur 3 ouvrages de captage en rivière ». Avant-Projet 4161286.
- Asconit Caraïbe, ODE Martinique, et DREAL Martinique. 2011. « Guide bibliographique et technique - Définition des débits minimums biologiques et des aménagements de franchissement ».
- Baran, Philippe. 1995. « Analyse de la variabilité des abondances de truites communes (*Salmo trutta* L.) dans les Pyrénées Centrales Françaises – Influence des échelles d'hétérogénéité de l'habitat ». Thèse de l'INP-ENSAT.
- . 2013. « Une démarche globale pour fixer les débits minimums biologiques ». *Onema*. Aout. <http://www.onema.fr/Une-demarche-globale-pour-fixer>.
- Baran, Philippe, Laurent Longuevergne, Dominique Ombredane, Simon Dufour, et Nadia Dupont. 2015. « Débit Minimum Biologique (DMB) et gestion quantitative de la ressource en eau ».
- Belzile, Louis, Pierre Bérubé, Van Diem Hoang, et Michel Leclerc. 1997. *Méthode échohydrologique de détermination des débits réservés pour la protection des*

- habitats du poisson dans les rivières du Québec*. Québec: INRS-Eau. <http://espace.inrs.ca/610/>.
- Bovee, K.D. 1978. « Probability Of Use Criteria For The Family Salmonidae. » Washington D.C: Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior. <https://www.fort.usgs.gov/sites/default/files/products/publications/360/360.pdf>
- . 1982. « A Guide To Instream Habitat Analysis Using The Instream Flow Incremental Methodology ». Western Energy and Land Use Team, US Fish and Wildlife Service.
- Bravard, Jean-Paul, et François Petit. 2000. *Les cours d'eau - Dynamique du système fluvial*. Armand Colin.
- BRGM. 1995. « Actualisation du guide d'établissement des périmètres de protection des captages AEP ». <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-38853-FR.pdf>.
- Brunnarius, Isabelle. 2015. « 2015, une année stratégique pour la Loue et les rivières comtoises ». *France3-régions*. janvier 30. <http://france3-regions.blog.francetvinfo.fr/vallee-de-la-loue/2015/01/30/2015-une-annee-strategique-pour-la-loue-et-les-rivieres-comtoises.html>.
- Cabinet Gay Environnement. 2000. « Indice biologique global normalisé (IBGN) : NF-T90-350 Guide technique ». Agences de l'eau.
- Cabinet Merlin, et Antéa. 2005. « Communauté Urbaine Creusot-Montceau Schéma Directeur Eau Optimisation de la gestion des ressources en eau – Phase 1 ».
- Cairns, J., Jr., K. E. Marshall, R. K. Johnson, R. H. Norris, S. R. Reice, I. R. Walker, A. L. Buikema Jr., et al., éd. 1993. « Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. », ix + 488 pp.
- Caissie, D., N. El-Jabi, et G. Bourgeois. 1998. « Instream flow evaluation by hydrologically-based and habitat preference (hydrobiological) techniques ». *Revue des sciences de l'eau* 11 (3): 347. doi:10.7202/705311ar.
- Carle, F.L, et M.R Strub. 1978. « A new method for estimating population size from removal data ». *Biometrics*, n° 34: 621-630.
- Carmen. 2013. « Bourgogne - Données et Zonages EAU ». *DREAL Bourgogne - Onema*. http://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/9/Donnees_EAU.map.
- Cemagref. 1989. « Etude des conditions d'application de l'article 410 du Code Rural sur les débits réservés - Aide à la préparation du bilan (2ème partie) ». Rapport final. Lyon.
- Choquette, Catherine, et Alain Létourneau. 2008. *Vers une gouvernance de l'eau au Québec*. Editions MultiMondes. <http://scd.univ-fcomte.cyberlibris.com.scd1.univ-fcomte.fr/reader/istream/docid/88816183/page/1/searchterm/vers%20une%20gouvernance%20de%20l'eau%20au%20quebec>.
- CNRS. 2016. « Découvrir l'eau en France - Les lois française sur l'eau ». avril 11. http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/france/05_lois_eau.htm.
- Collet, Philippe. 2011. « Une circulaire précise l'obligation légale de débit minimal à respecter pour les ouvrages en cours d'eau ». *Actu-Environnement*. août 24. <http://www.actu-environnement.com/ae/news/cours-eau-debit-minimal-barrage-13318.php4>.

- Conseil Supérieur de la pêche. 2001. « Etude piscicole et hydrologique - suivi de l'impact des débits réservés des captages du bassin du Rançon ».
- Conseil Supérieur de la Pêche. 2002. « Etude piscicole et hydrologique - suivi de l'impact des débits réservés des captages du bassin du Rançon ».
- CSP DR n°5. 1995. « Mise en place du suivi piscicole sur les parties septentrionale et médiane du bassin du Rhône - DR n°5 du CSP : année 1994 ».
- Dacharry, Monique, et Jean Margat. 1995. « BASSIN VERSANT ». <http://hydrologie.org/glu/FRDIC/DICBASSI.HTM>.
- De Lury, D.B. 1947. « On the estimation of biological populations. » *Biometrics* 4 (3): 145-167.
- Decourcière, Hervé, et J Paris. 2011. « Didacticiel pour la réalisation de cartographies IAM sur MapInfo ».
- Degiorgi, François, et Jean-Claude Raymond. 2006. « Guide technique pour l'utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante. » Agence de l'eau.
- Delarras, Camille. 2010. *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux*. Editions Lavoisier-Tec & Doc.
- Demars, Benoît O.L., Joanna L. Kemp, Nikolai Friberg, Philippe Usseglio-Polatera, et David M. Harper. 2012. « Linking Biotopes to Invertebrates in Rivers: Biological Traits, Taxonomic Composition and Diversity ». *Ecological Indicators* 23 (décembre): 301-311. doi:10.1016/j.ecolind.2012.04.011.
- DREAL Bourgogne. 2013. « Captage Grenelle, captage prioritaire - Protection des captages, Etat des lieux ». Réunion des commissaires enquêteurs, novembre 14. www.bourgogne.developpement-durable.gouv.fr.
- Eaufrance. 2016. « La directive cadre sur l'eau ». [eaufrance.fr](http://www.eaufrance.fr/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/la-directive-cadre-sur-l-eau). <http://www.eaufrance.fr/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/la-directive-cadre-sur-l-eau>.
- EcoGEA. 2005. « Estimation de la capacité d'accueil de l'habitat physique du Cousin à l'amont de Saint-Agnan pour la truite commune (*Salmo trutta* L.) ».
- . 2008. « Analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques sur les stations à Moules perlières (*Margaritifera margaritifera*) du Cousin ». Action A8-2007-1-7 du programme LIFE04NAT/FR/000082. Parc Naturel Régional du Morvan.
- . 2009. « DETERMINATION DES DEBITS MINIMA BIOLOGIQUES (DMB) POUR LES COURS D'EAU ISSUS DES EMERGENCES DE LA CHAINE DES PUY. »
- Faune et Parcs Québec. 1999. « Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats ». Direction de la faune et des habitats.
- « Fédération Départementale de Pêche 71 ». 2016. Consulté le avril 7. <http://www.peche-saone-et-loire.fr/>.
- Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, et Agence de l'eau Loire-Bretagne. 2010. « Les têtes de bassin versant : des territoires à préserver ». http://www.plan-loire.fr/uploads/media/Plaquette_TBV2010.pdf.
- « Géoportail ». 2016. <http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>.
- Gerdeaux, D. 1987. « Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait. Programme d'estimation d'effectif par la méthode de Carle et Sturb. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 13-21.

- Giret, Alain. 2012. *Les cours d'eau français - Approche quantitative*. L'Harmattan.
- Glossaire sur l'eau. 2016. « Tête de bassin versant ». Consulté le février 5. <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/t%C3%AAtede-bassin-versant>.
- Henner, Raphaëlle. 2013. « Les têtes de bassin versant, des espaces à considérer pour une gestion durable et intégrée de la ressource en eau - Identifications cartographique, mise en place d'une méthodologie de caractérisation des pressions, proposition d'objectifs et de règles de gestion sur le bassin de la Sarthe ». Rapport de stage de M2 Géographie. Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe. http://www.bassin-sarthe.org/assets/documents/pdf/RapportStageTdBV_R.Henner.pdf.
- Jauffret, D. 2014. « Contexte géologique et hydrogéologique d'un projet de carrière de fluorine sur le plateau d'Antully et avis provisoire sur l'impact de ce projet sur les eaux de surface et souterraine (Saône-et-Loire) ». Rapport Final BRGM/RP-64163-FR. BRGM.
- Keith, Philippe, Henri Persat, E Feunteun, et Jean Allardi. 2011. *Les Poissons d'eau douce de France*. Biotope Editions. Inventaire & biodiversité.
- Lambert, P, E Feunteun, et C Rigaud. 1994. « Étude de l'anguille en marais d'eau douce. Première analyse des probabilités de capture observées lors des inventaires par pêche électrique. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 111:21.
- Lamouroux, N. 2002. « Estimhab: estimating instream habitat quality changes associated with hydraulic river management ». Cemagref Lyon - Onema.
- . 2008. « EstimHab - Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau. »
- Lamouroux, N, E Doutriaux, C Terrier, et M Zylberlat. 1999. « Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 352: 45-61.
- Lamouroux, Nicolas, et Herve Capra. 2002. « Simple Predictions of Instream Habitat Model Outputs for Target Fish Populations ». *Freshwater Biology* 47 (8): 1543-56. doi:10.1046/j.1365-2427.2002.00879.x.
- Lamouroux, Nicolas, et Y Souchon. 2002. « Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams ». *Freshwater Biology* 47: 1531-42.
- Lasne, Emilien, et Richard Sabatié. 2009. « Méthodologie d'échantillonnage des ammocètes ». http://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/images/pdf/Lamproies/protocole_echantillonnage_ammocetes_2012.pdf.
- Laurent, M, et P Lamarque. 1975. « UTILISATION DE LA MÉTHODE DES CAPTURES SUCCESSIVES (DE LURY) POUR L'ÉVALUATION DES PEUPELEMENTS PISCICOLES ». *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 259: 66-77.
- Le Pichon, Céline, et Jérôme Bélliard. 2012. « La distribution spatiale des peuplements de poissons dans les petits bassins versants. » *Science Eaux et Territoires*, n° 3.
- Leclerc, M, P Boudreau, J Bechara, L Belzile, et D Villeneuve. 1994. « Modélisation de la dynamique de l'habitat des jeunes stades de saumon atlantique (Sa/mo sa/a/) de la rivière Ashuapmushuan (Quebec, Canada). » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 332: 11-32.
- le-creusot. 2016. « Le Creusot, ville de toutes les énergies ». [le-creusot.fr](http://www.le-creusot.fr/histoire-et-patrimoine). <http://www.le-creusot.fr/histoire-et-patrimoine>.

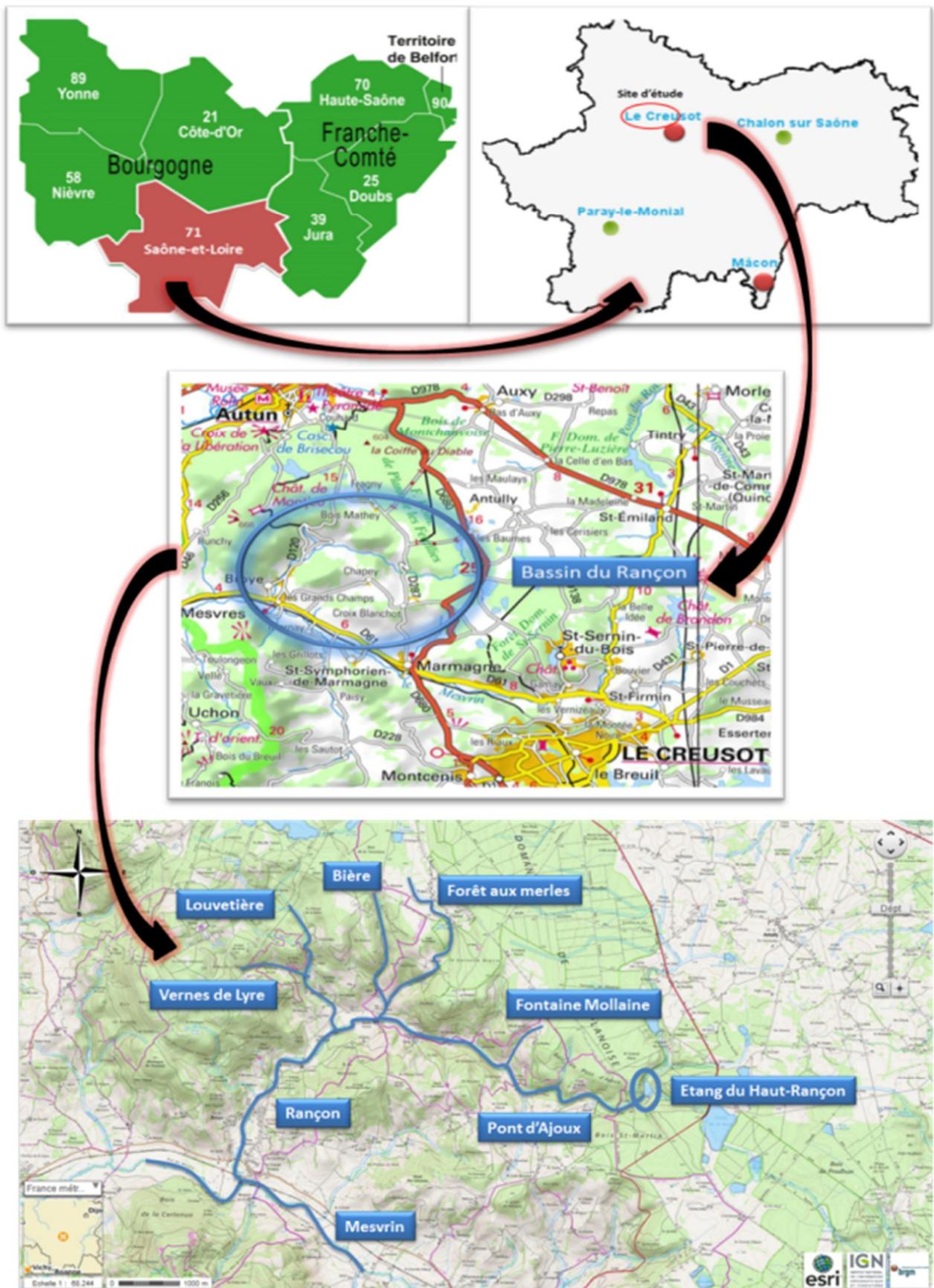
- Les agences de l'eau, Onema, et Ministère de l'Ecologie. 2016. « Le bassin versant ». Consulté le février 2.
- Lhéritier, Nicolas. 2012. *Les têtes de bassin : de la cartographie aux échelles mondiale et française à la caractérisation des ruisseaux limousins*. Limoges. <http://www.theses.fr/2012LIMO2012>.
- Lowe, Winsor H, et Gene E Likens. 2005. « Moving Headwater Streams to the Head of the Class ». *BioScience* 55 (3): 196-197.
- Mahieu, Jérôme, et Laurent Paris. 1998. *Les écrevisses en Morvan*. Cahiers Scientifiques. Vol. 1. http://www.bourgogne-nature.fr/fichiers/les-ecrevisses-en-morvan-cs1_1376295672.pdf.
- Merot, Philippe. 2006. *Qualité de l'eau en milieu rural : Savoirs et pratiques dans les bassins versants*. Editions Quae. <http://scd.univ-fcomte.cyberlibris.com.scd1.univ-fcomte.fr/reader/istream/docid/40000899/page/1/searchterm/qualit%C3%A9%20de%20l'eau%20en%20milieu%20rural>.
- Meyer, Judy L, David L Strayer, Bruce J Wallace, Sue L Eggert, Gene S Helfman, et Norman E Leonard. 2007. « The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks ». *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION* 43 (1): 86-103. doi:10.1111/j.1752-1688.2007.00008.x.
- Ministère de l'Ecologie. 2009. *Circulaire DGALN/DEB/SDEN/EN4 du 21 octobre 2009 relative à la mise en oeuvre du relèvement au 1er janvier 2014 des débits réservés des ouvrages existants*.
- . 2011. *Circulaire du 5 juillet 2011 - Mise à jour des principes généraux d'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, (Débit Minimal Biologique)*.
- Musy, André, et Christophe Higy. 2004. *Hydrologie - Une science de la nature*. Vol. 1. 2 vol. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Muus, B, et P Dahlstrom. 2011. *Guide des poisons d'eau douce et de pêche*. Delacahux & Niestlé.
- Nguyen Van, Rémi. 2012. « Les altérations physiques en têtes de bassin versant sur les régions Bretagne-Pays de la Loire - A la recherche d'«aqua incognita». » Mémoire de stage de M2 Espace et Milieux. onema Bretagne-Pays de la Loire. http://www.onema.fr/IMG/pdf/2012_013.pdf.
- ONEMA. 2007. « Le débit, élément-clé de la vie des cours d'eau ». Focus.
- Onema. 2010. « Les typologies des cours d'eau ». http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/15_conn11_typol_vbat.pdf.
- . 2012. « La dynamique fluviale, à l'origine de la biodiversité et du bon état écologique ». [onema.fr](http://www.onema.fr). novembre. http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/3_conn1_dynfluv_vbat.pdf.
- . 2015. « Les têtes de bassin versant, un enjeu essentiel pour la ressource en eau », n° 36 (décembre): 6.
- . 2016. « Têtes de bassin : Comment concilier les enjeux sur ces territoires hors du commun ? » In . Paris. <http://www.onema.fr/4-5-mars-colloque-Tete-de-bassin?archives=2015>.
- ONEMA, BRGM, et IRSTEA. 2016. « Captages - Protection des captages destinés à l'alimentation en eau potable vis-à-vis des pollutions diffuses ». [onema.fr](http://www.onema.fr). <http://captages.onema.fr/enjeu/la-protection-des-captages>.

- ONEMA, et Cemagref. 2011. « Contrôle des débits réglementaires - Application de l'article L. 214-18 du Code de l'environnement ».
- OPIE Benthos. 2016. « Office pour les insectes et leur environnement ». *opie.benthos.fr*. <http://www.opie-benthos.fr/opie/monde-des-insectes.html>.
- Préfet de l'Eure. 2015. « Doctrine débit minimum biologique au droit des ouvrages hydrauliques ». mars 12. <http://www.eure.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement/Politique-de-l-eau-et-de-la-nature/La-mission-Inter-Services-de-l-Eau-et-de-la-Nature-MISEN27/Doctrines/Doctrine-debit-minimum-biologique-au-droit-des-ouvrages-hydrauliques>.
- Préfet de l'Heure, et ONEMA. 2014. « Doctrine pour la mise en place du débit minimum biologique (Art L214-18 du code de l'environnement) ».
- Préfet du Gers. 2013. « Obligation de respect du débit réservé ». août 12. <http://www.gers.gouv.fr/layout/set/print/Politiques-publiques/Environnement/Gestion-de-l-eau/Irrigation-et-gestion-des-prelevements/Obligation-de-respect-du-debit-reserve>.
- Préfet Saone-et-Loire. 2006. *Arrêté du 5 octobre 2006 - Autorisation de prélèvements d'eau par la CUCM*.
- Sabaton, C, et J Miquel. 1993. « La méthode des microhabitats: un outil d'aide au choix d'un débit réservé à l'aval des ouvrages hydroélectriques. Expérience d'Electricité de France ». *Hydroécologie Appliquées* 1 (5): 127-163.
- Sabaton, Catherine. 2003. « Méthode des microhabitats dans les cours d'eau - Approche IFIM et Approche ESTIMHAB ». Scientifique. EDF.
- SAGE Vilaine. 2012. « Les têtes de bassin ». http://www.sagevilaine.fr/downloads/Qualite_milieux/T2BV/CLE_20121218_Rapport_T2BV.pdf.
- SANDRE. 2011. « Zonages techniques et réglementaires du domaine de l'eau ». http://captages.onema.fr/system/files/sandre_2011_0.pdf.
- Saône-et-Loire Le Département. 2016. « Adduction d'eau potable ». *saoneetloire71.fr*. <http://www.saoneetloire71.fr/preserver/eau-et-assainissement/adduction-deau-potable/#.VOVtvORcMsl>.
- Saône-et-Loire Le Département, et Agence de l'eau RMC. 2013. « L'observation de l'eau en Saône-et-Loire ». http://www.saoneetloire71.fr/uploads/tx_estiondoc/observatoire-eau-2013-bd.pdf.
- SDVP de Saône et Loire. 2009. « Fiche cours d'eau - l'Arroux ».
- Sed 74. 2010. « L'eau en montagne - Fiche action AB.3 «Débits minima, Débits biologiques, Débits objectifs d'étiage, Synthèse méthodologique et proposition d'harmonisation pour les cours d'eau de tête de bassin» ».
- Souchon, Y. 2002. « L'habitat des cours d'eau dans tous ses états. » Mémoire HDR. Lyon.
- Souchon, Y, et H Capra. 2004. « Aquatic habitat modelling: biological validation of IFIM/Phabsim methodology and new perspectives. » *Hydroécologie Appliquées* 1 (14): 9-25.
- Souchon, Y, N Lamouroux, H Capra, et André Chandèsris. 2003. « La méthodologie EstimHab dans le paysage des méthodes de microhabitat ». Cemagref Lyon.
- Souchon, Y, F Trocherie, E Fragnoud, et C Lacombe. 1989. « modèles numériques des microhabitats des poissons : application et nouveaux développements. » *Revue des sciences de l'eau*, 807-830.

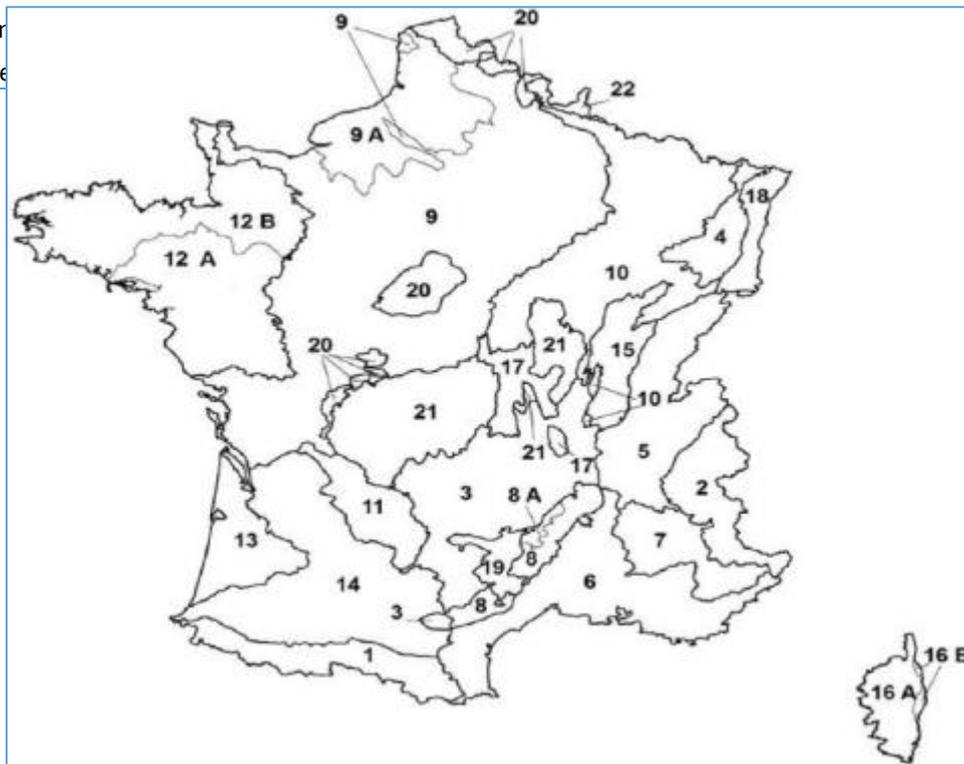
- Tachet, Henri, Philippe Richoux, Michel Bournaud, et Philippe Usseglio-Polatera. 2010. *Invertébrés d'eau douce - Systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions.
- Teleos. 2000. « Méthode standard d'analyse globale de la qualité de l'habitat aquatique ».
- Téléos. 2003. « Protocole de l'analyse standard des mosaïques d'habitats par l'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) ».
- Teleos. 2006. « Programme LIFE NATURE - Analyse de la composition des peuplements de Macro-invertébrés benthiques de trois ruisseaux du Morvan ».
- Téléos, et Fédération de pêche 39. 2004. « Contribution à la recherche des causes de régression de l'écrevisse "Pieds Blancs" (*Austropotamobius pallipes*) ». Expérimentation dans le département du Jura de 2000 à 2003.
- Teleos Suisse, et LBE de l'Université de FC. 2000. « Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le Mag20 ».
- Thoumy, Denis. 2011. « Eau potable et urbanisme ». Montrond les Bains, novembre 17. <http://www.loire.fr/upload/docs/application/pdf/2012-04/eau-potable-ddt42.pdf>.
- Usseglio-Polatera, Philippe, Jean-Gabriel Wasson, et Virginie Archaimbault. 2007. « circulaire DCE 2007/22 relative au protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des invertébrés pour la mise en oeuvre du programme de surveillance sur cours d'eau. »
- Valentin, S, J.G Wasson, et M Philippe. 1995. « Effects of hydropower peaking on epilithon and invertebrate community trophic structure, Regulated Rivers ». *Research and Management*, n° 10: 105-119.
- Vannote, Robin L, Wayne G Minshall, Kenneth W Cummins, James R Sedell, et Colbert E Cushing. 1980. « The River Continuum Concept ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Verneaux, Jean. 1977. « Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Déterminisme approché de la structure biotypologique. » *Compte Rendu. Académie des Sciences de Paris*.
- . 1982. « Expression biologique qualitative et pratique, de l'aptitude des cours d'eau au développement de la faune benthique. Un coefficient d'aptitude biogène : le Cb2. » *Laboratoire d'hydrobiologie et Centre d'étude des Eaux continentales*.
- Vibert, R, et R Cuinat. 1961. « Possibilités actuelles de la pêche électrique en France ». *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 89-98.
- Wallace, J Bruce, et S. L Eggert. 2009. « Benthic Invertebrate Fauna, Small Streams ». *Encyclopedia of Inland Waters* 2: 173-190.
- Waringer, Johann, et Wolfram Graf. 2011. *ATLAS DES LARVES DE TRICHOPTERES - Larves d'Autriche et de ses pays limitrophes*. Erik Mauch Verlag.
- Wasson, Jean-Gabriel, André Chandresis, Hervé Pella, et Laurence Blanc. 2002. « Running Waters Typology for the European Water Framework Directive : the Hydro-ecoregion approach ». CEMAGREF. <http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/2typologie%20Montpellier%20Wasson.pdf>.
- Wasson, J.G, A Chandresis, Hervé Pella, Laurence Blanc, Bertrand Villeneuve, et Nicolas Mengin. 2004. « Détermination des valeurs de référence de l'IBGN et propositions de valeurs limites du "Bon État" ». Cemagref.

Annexes

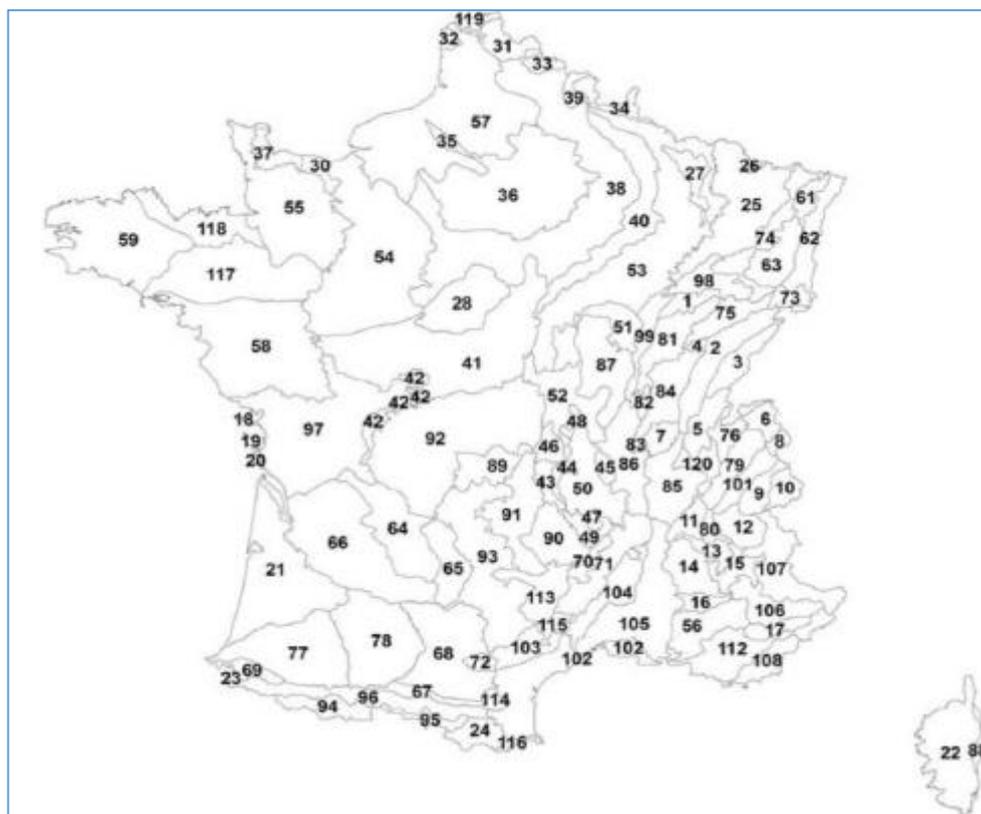
Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le



Annexe 1 : Localisation des différents sites d'étude sur le bassin du Rançon (géoportail.fr)



Annexe 2 : Numérotation des HER-1 en France. Source : AIDA, 2010.



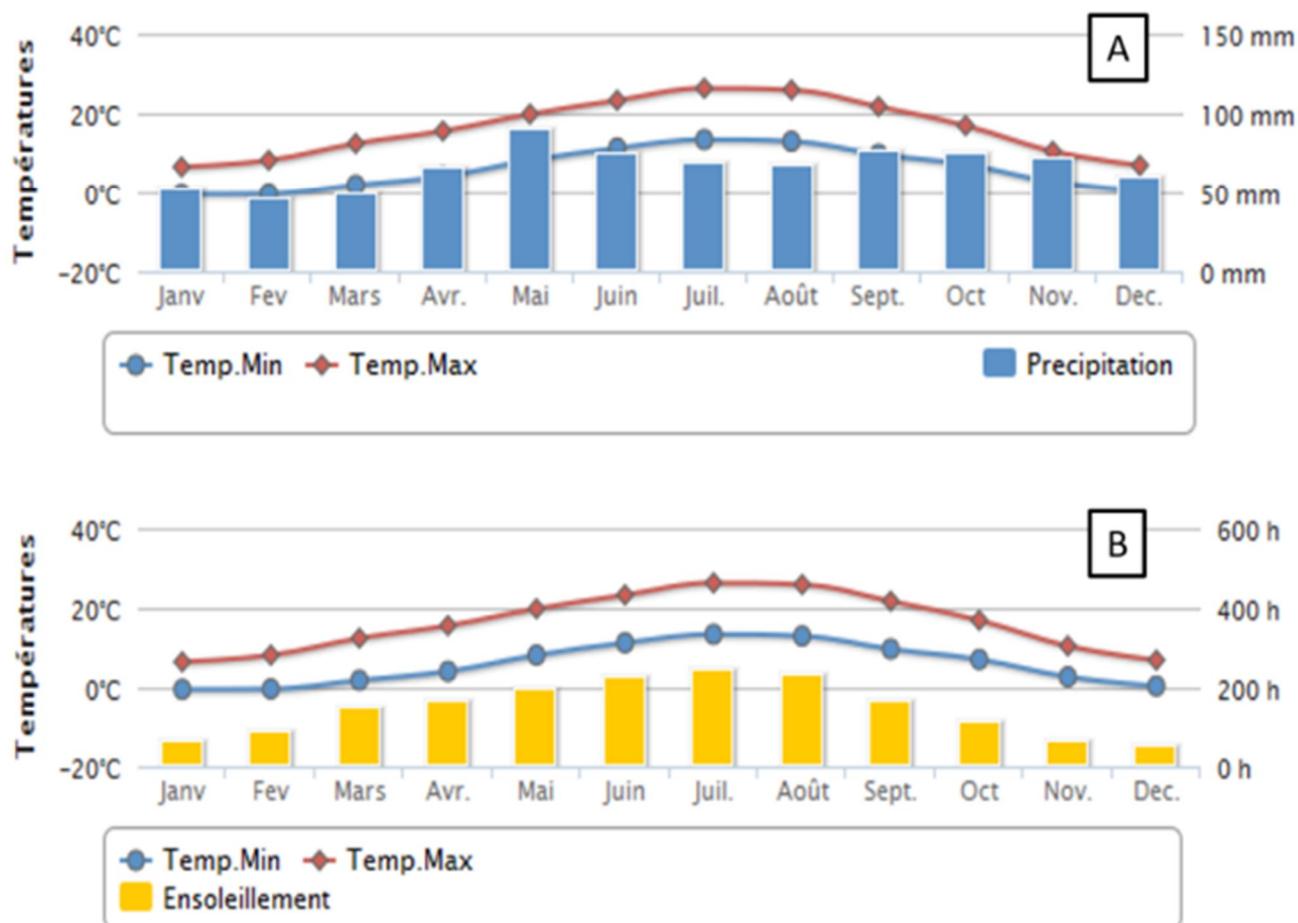
Annexe 3 : Numérotation des différentes HER-2 en France. Source : AIDA, 2010.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

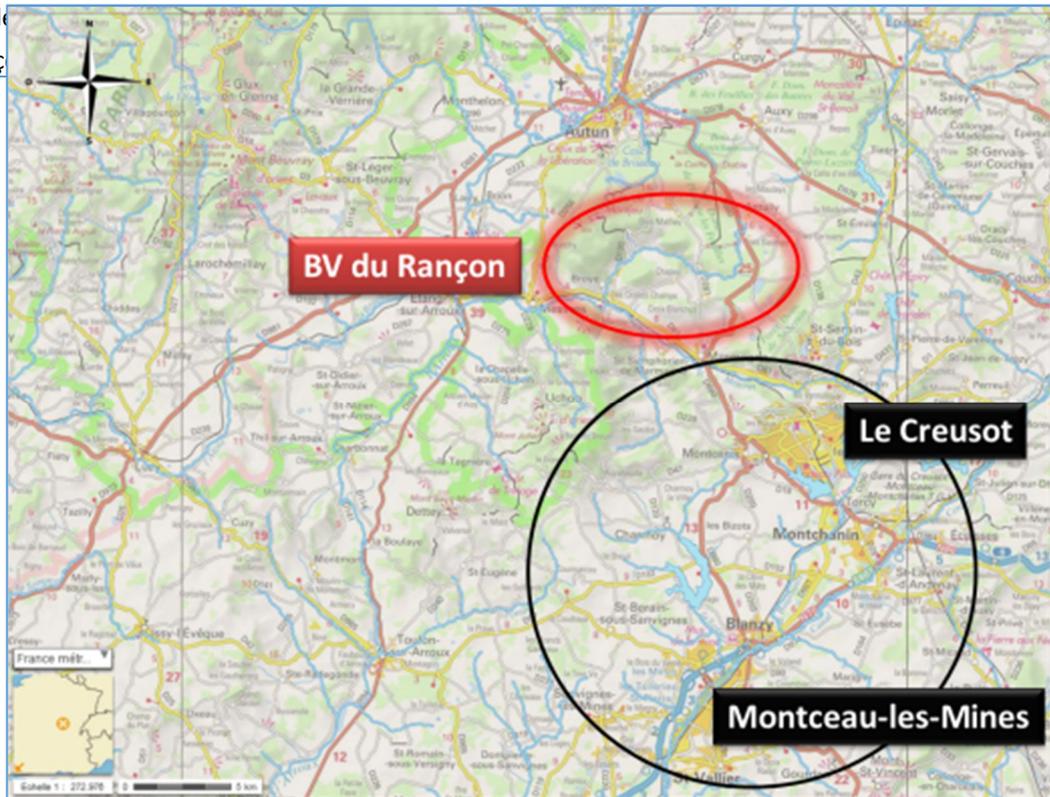
CODE DE L'HYDROCORÉGIION de niveau 1	LIBELLÉ DE L'HYDROCORÉGIION de niveau 1	CODES DES HYDROCORÉGIIONS de niveau 2 composant l'hydrocorégion de niveau 1
1	Pyrénées	23, 24, 67, 69, 94, 95, 96
2	Alpes internes	8, 9, 10, 12, 101, 107
3	Massif central Sud	43, 44, 47, 49, 50, 72, 86, 90, 91, 93
4	Vosges	63, 74
5	Jura – Préalpes Nord	2, 3, 5, 6, 11, 76, 79, 80, 85, 120
6	Méditerranéen	56, 102, 104, 105, 108, 112, 114, 116
7	Préalpes du Sud	13, 14, 15, 16, 17, 106

CODE DE L'HYDROCORÉGIION de niveau 1	LIBELLÉ DE L'HYDROCORÉGIION de niveau 1	CODES DES HYDROCORÉGIIONS de niveau 2 composant l'hydrocorégion de niveau 1
8	Cévennes	70, 71, 103
9	Tables calcaires	30, 32, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 54, 57, 97
10	Côtes calcaires Est	1, 25, 26, 27, 51, 53, 75, 82, 83, 98, 99
11	Causses aquitains	64, 65
12	Armoricain	55, 58, 59, 117, 118
13	Landes	18, 19, 20, 21
14	Coteaux aquitains	66, 68, 77, 78
15	Plaine Saône	4, 7, 81, 84
16	Corse	22, 88
17	Dépressions sédimentaires	45, 46, 52
18	Alsace	61, 62, 73
19	Grands Causses	113, 115
20	Dépôts argilo-sableux	28, 31, 33, 39, 42, 119
21	Massif central Nord	48, 87, 89, 92
22	Ardennes	34

Annexe 4 : Noms de différentes HER-1 et HER-2 en France. Source : AIDA, 2010.



Annexe 5 : Diagramme des variations annuelles des températures et des précipitations (A), ou d'ensoleillement (B) sur le Creusot. Source : meteofrance.fr.



Annexe 6 : Localisation géographique des deux principales communes de la CUCM.

Taxons	Niveau de détermination
Plécoptères	Genre
Ephéméroptères	Genre
Trichoptères	Genre
Coléoptères	Genre
Hétéroptères	Genre
Odonates	Genre
Mégaloptères	Genre
Plannipennes	Genre
Hyménoptères	Genre
Lépidoptères	Genre
Crustacés	Genre
Bivalves	Genre
Gastéropodes	Genre
Achètes	Genre
Turbellariés	Genre
Diptères	Famille
Bryozoaires	Famille
Cnidaires	Famille
Branchiopodes	Ordre
Oligochètes	Classe
Némathelminthes	Classe
Hydracariens	Classe

Annexe 7 : Niveau systématique de détermination des différents ordres de macroinvertébrés benthiques. Source : Teleos, 2000.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Mégaloptères	Trichoptères	Ephéméroptères	Plécoptères
<i>Sialis lutaria</i>	<i>Philopotamus</i> (2 sp)	<i>Choroterpes picteti</i>	<i>Perlodes</i> (2 sp)
<i>Osmylus fulvicephalus</i>	<i>Wormaldia</i> (3 sp)	<i>Habroleptoides</i> (2 sp)	<i>Isogenus nubecula</i>
	<i>Diplectrona felix</i>	<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	<i>Isoperla</i> (3 sp)
	<i>Hydropsyche</i> (4 sp)	<i>Potamanthus luteus</i>	<i>Dinocras cephalotes</i>
	<i>Ecnomus tenellus</i>	<i>Ephoron virgo</i>	<i>Perla</i> (2 sp)
	<i>Cymus trimaculatus</i>	<i>Ephemera</i> (4 sp)	<i>Siphonoperla torrentium</i>
	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	<i>Brachycercus harrisellus</i>	<i>Xanthoperla apicalis apicalis</i>
	<i>Polycentropus</i> (2 sp)	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Taeniopteryx</i> (2 sp)
	<i>Psychomyia pusilla</i>	<i>Serratella ignita</i>	<i>Brachyptera</i> (3 sp)
	<i>Lype phaeopa</i>	<i>Ephemerella notata</i>	<i>Amphinemura</i> (2 sp)
	<i>Tinodes rostocki</i>	<i>Torleya major</i>	<i>Protonemura</i> (6 sp)
	<i>Rhyacophila</i> (6 sp)	<i>Metreletus balcanicus</i>	<i>Nemoura</i> (5 sp)
	<i>Glossosoma conforme</i>	<i>Alainites muticus</i>	<i>Nemurella pictetii</i>
	<i>Agapetus</i> (3 sp)	<i>Baetis</i> (6 sp)	<i>Capnioneura mitis</i>
	<i>Hydroptila sparsa</i>	<i>Baetopus tenellus</i>	<i>Zwicknia</i> (3 sp)
	<i>Ithytrichia lamellaris</i>	<i>Nigrobaetis niger</i>	<i>Leuctra</i> (13 sp)
	<i>Ptilocolepus granulatus</i>	<i>Centroptilum luteolum</i>	
	<i>Agrypnia varia</i>	<i>Cloeon dipterum</i>	
	<i>Phryganea bipunctata</i>	<i>Labiobaetis tricolor</i>	
	<i>Brachycentrus maculatus</i>	<i>Proclleon</i> (2 sp)	
	<i>Micrasema</i> (3 sp)	<i>Siphonurus aestivalis</i>	
	<i>Crunoecia irrorata</i>	<i>Oligoneuriella rhenana</i>	
	<i>Lepidostoma basale</i>	<i>Ecdyonurus</i> (2 sp)	
	<i>Drusus annulatus</i>	<i>Electrogena affinis</i>	
	<i>Chaetopteryx villosa</i>	<i>Heptagenia</i> (2 sp)	
	<i>Chaetopterygopsis macclachlani</i>	<i>Dacnogenia coeruleans</i>	
	<i>Anabolia nervosa</i>	<i>Kageronia fuscogrisea</i>	
	<i>Glyphotaenius pellucidus</i>	<i>Rhithrogena</i> (2 sp)	
	<i>Limnephilus</i> (4 sp)		
	<i>Allogamus ligonifer</i>		
	<i>Colpotaulius incisus</i>		
	<i>Enoicyla pusilla</i>		
	<i>Halesus radiatus</i>		
	<i>Micropterna lateralis</i>		
	<i>Parachiona picicornis</i>		
	<i>Potamophylax</i> (2 sp)		
	<i>Apatania eatoniana</i>		
	<i>Goera pilosa</i>		
	<i>Lithax niger</i>		
	<i>Silo</i> (2 sp)		
	<i>Odontocerum albicome</i>		
	<i>Adicella reducta</i>		
	<i>Ceraclea</i> (2 sp)		
	<i>Mystacides azureus</i>		
	<i>Oecetis</i> (2 sp)		
	<i>Sericostoma personatum</i>		

Annexe 8 : Liste faunistique des macroinvertébrés macrobenthiques retrouvés en Saône-et-Loire, au genre. Source : OPIE Benthos 71.

Codification des substrats/supports et hiérarchisation de leur attractivité d'après XP T90-333

Codes	Désignation
S11	Bryophytes
S10	Spermaphytes immergés Hydrophytes
S9	Débris organiques grossiers Litières
S8	Chevelus racinaires et substrats ligneux immergés racines, branches
S7	Sédiments minéraux de grande taille galets 2,5 cm à 25 cm
S6	Blocs facilement déplaçables >25 cm
S5	Granulats grossiers graviers 0,25 cm à 2,5 cm
S4	Spermaphytes émergents Hélophytes
S3	Sédiments fins +- organiques "vases" ≤ 0,1 mm
S2	Sables et limons < 0,25 cm
S1	Algues
S0	Surfaces uniformes dures naturelles ou artificielles roche, dalle, blocs, marnes et argiles

Codification non hiérarchisée des vitesses et de hauteurs d'eau

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

Annexe 9 : Codification directive de l'espace fluvial pour échantillonner les biocénoses benthiques. Source : Teleos & LBE de l'Université de FC, 2000.

Annexe 10 : Détermination de la note IBGN et de robustesse (Cabinet Gay Environnement 2000)

L'I.B.G.N. est établi à partir du tableau d'analyse (Tableau ci-dessous) comprenant en ordonnée les 9 groupes faunistiques indicateurs et en abscisse les 14 classes de variété taxonomique.

On déterminera successivement :

- La variété taxonomique de l'échantillon ($\sum t$), égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu. Ce nombre est confronté aux classes figurant en abscisse du tableau.
- le groupe faunistique indicateur (GI) en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

On déduit l'I.B.G.N. du tableau à partir de son ordonnée (GI) et de son abscisse ($\sum t$). Par exemple : Si GI = 8 et $\sum t$ = 33 alors IBGN = 17. Pour la note de Robustesse on prend en compte le 2^{ème} taxon le plus indicateur de la liste faunistique et on fait le même calcul que pour la note IBGN.

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

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

Annexe 10 : Grille d'aide au calcul de la note IBGN et de robustesse.

Source : Cabinet Gay Environnement, 2000.

Annexe 11 : Calcul de la note Cb2 : coefficient d'aptitude biogène (Verneaux 1982)

D'après la liste faunistique obtenue après la détermination de l'ensemble des prélèvements IBGN-DCE-RCS fait, on peut calculer la note Cb2.

On recherche les éléments de base, utiles au calcul de la note :

N = nombre total de taxons présents dans l'échantillon global,

n = nombre de taxons représentatifs (nombre d'individus ≥ 3),

K = variable, fonction du rapport $n / 4$, rapprochée à l'entier par excès,

Σi = somme des indices (i) les plus élevés, en fonction de la variable K (nombre d'individus ≥ 3).

On calcul les 2 sous indices de la note Cb2 :

$$Iv = 0.22 \times N \quad \text{et} \quad In = 1.21 \times (\Sigma i \text{ max.} / K) \quad (\text{Iv et In sont arrondis à une décimale})$$

On obtient alors la note finale du Cb2 :

$$Cb2 = In + Iv \text{ (arrondis à } +/- 0,25)$$

<p style="text-align: center;">i = 9 (5)</p> <p>Astacidae (except. <i>A. leptodactylus</i> et <i>P. leniusculus</i>) Beraeidae Chloroperlidae Perlodidae Thremmatidae</p>	<p style="text-align: center;">i = 5 (16)</p> <p>Aeschnidae Blephacerae Bythinellidae Ceratopogonidae Cordulegasteridae Ecnomidae Elmidae Gomphidae Hydraenidae Leptoceridae Libellulidae Limoniidae Planariidae Sialidae Stratomyidae Tipulidae</p>	<p style="text-align: center;">i = 2 (8)</p> <p>Ancylidae Atyidae Baetidae Bithynidae Cambaridae Glossiphoniidae Planorbidae Valvatidae</p>
<p style="text-align: center;">i = 8 (8)</p> <p>Brachycentridae Capniidae Goeridae Oligoneuriidae Perlidae Philopotamidae Siphonuridae Taeniopterygidae</p>	<p style="text-align: center;">i = 4 (14)</p> <p>Aphelocheiridae Calopterygidae Coenagrionidae Dugesiidae Dytiscidae Ephemerellidae Gyrinidae Limnobiidae Limnephilidae Platycnemididae Simuliidae Sphaeriidae Tabanidae Unionidae</p>	<p style="text-align: center;">i = 1 (5)</p> <p>Asellidae Chironomidae Dreissenidae Erpobdellidae Oligochètes</p>
<p style="text-align: center;">i = 7 (11)</p> <p>Empididae Ephemeridae Glossosomatidae Helophoridae Heptageniidae Lepidostomatidae Molannidae Odontoceridae Polymitarcidae Potamanthidae Sericostomatidae</p>	<p style="text-align: center;">i = 3 (11)</p> <p>Caenidae Corixidae Dendrocoelidae Gammaridae Hydrobiidae Hydropsychidae Limnaeidae Neritidae Physidae Piscicolidae Viviparidae</p>	
<p style="text-align: center;">i = 6 (14)</p> <p>Athericidae Dryopidae Haliplidae Helodidae/Scirtidae Hydroptilidae Leptophlebiidae Leuctridae Nemouridae Osmylidae Phryganeidae Polycentropodidae Psychodidae Psychomyidae Rhyacophilidae</p>		

Annexe 11 : Répertoires des 92 indicateurs d'invertébrés macrobenthiques classés selon i.
Source : Verneaux 1982.

Espèces		Directive Européenne "Habitats-Faune-Flore"		Arrêté du 8 Dec. 1988	Convention de Bernes
Nom Vernaculaire	Nom latin	Annexe II	Annexe V		Annexe III
Barbeau fluviatile	Barbus barbus		X		
Chabot	Cottus gobio	X			
Spirilin	Alburnoides bipunctatus				X
Lamproie de Planer	Lampetra planeri	X		X	X
Vandoise	Leuciscus leuciscus			X	
Truite fario	Salmo trutta fario			X	

Annexe 12 : Statut et mesures de protection des espèces piscicoles du BASSIN VERSANT du Rançon. Source : ARTELIA et CUCM, 2016.

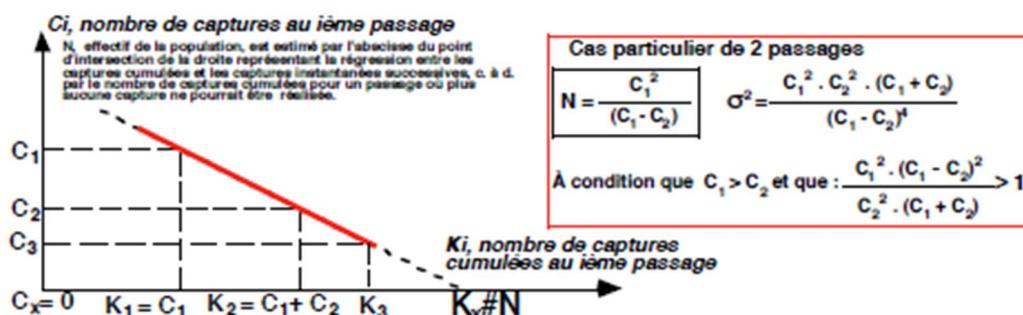
Méthode d'estimation des densités et des biomasses

I. Méthodes par enlèvements successifs

Principe

Les stratégies "par épuisement" à prospecter exhaustivement la station à l'occasion de plusieurs prélèvements successifs, sans remise, qui doivent diminuer de façon sensible la densité en place : l'efficacité de chaque "passage" doit au moins dépasser 20 % (RICKER 1970). 4 méthodes statistiques appartenant à 2 sous-familles sont employées pour estimer les densités de population à partir de ce mode d'échantillonnage.

Formules de régression : méthodes de LESLIE et de DE LURY



Ces 2 méthodes estiment l'effectif de la population en place en assimilant la diminution des taux de capture en fonction du nombre de passages à des régressions linéaires (LESLIE ET DAVIS 1939) ou log-linéaire (DELURY 1947-1951, CHAPMANN 1954). Graphiquement, l'effectif total est estimé par l'intersection entre le prolongement de la courbe de régression des captures successives jusqu'à 0 et l'axe des captures cumulées. Le taux d'efficacité doit rester constant et supérieur à 50 % à chaque passage. Des formules simples fournissent l'estimation et sa variance dans le cas simple de 2 passages. Des programmes informatiques calculent ces variables dans les autres cas (GERDEAUX 1987).

Maximum de vraisemblance : méthodes de ZIPPIN et de CARLE ET STRUB

Des approches probabilistes améliorent les estimateurs de l'effectif des populations échantillonnées en recherchant, par itérations, le maximum de vraisemblance (ZIPPIN 1956-1958, informatisé par HIGGINS 1985) ou le maximum de vraisemblance pondéré (CARLE et STRUB 1978, informatisé par GERDEAUX 1987). Pour la "Carle et Strub", l'efficacité de capture suit elle-même une loi de probabilité : sa constance n'est donc pas obligatoire. Cette variable peut même augmenter d'un passage à l'autre, mais l'intervalle de confiance associé à l'estimation sera alors plus large.

Conditions statistiques d'application et protocole d'échantillonnage (SEBER 1973)

- [1] La population doit être stationnaire :
- [1a] sans immigrations/émigrations
 - [1b] sans recrutement/mortalité

Pour la pêche électrique, la condition [1a] se traduit par la nécessité de délimiter la station par des obstacles infranchissables (chute, seuil à fort dénivelé) ou de l'isoler par des filets-barrages à l'amont et à l'aval. La condition [1b] est automatiquement remplie car les passages successifs sont réalisés le même jour.

- [2] La probabilité de capture doit être la même pour tous les individus

Cette condition impose de balayer l'intégralité de sa surface avec le champ électrique. Il faut donc utiliser une anode tous les 4 mètres, diamètre d'efficacité électrotactique minimal des anodes en pêche électrique.

- [3] La probabilité de capture doit être constante à chaque passage, sauf pour Carle et Strub.

Pour la pêche électrique, la condition [3] est extrêmement difficile à réaliser. Cet aspect conduit à préférer systématiquement la méthode Carle et Strub. Cette approche admet d'ailleurs des probabilités de capture plus faibles pour chaque passage et fournit, dans tous les cas, des intervalles de confiance plus étroits. L'efficacité de chacun des passages doit tout de même dépasser 25 % pour éviter un biais trop important.

Pour chacune des méthodes, l'efficacité de chaque passage peut être estimé *a posteriori* par le rapport entre le nombre de capture du passage considéré et le nombre estimé de poissons peuplant le milieu, compte tenu de l'effectif déjà capturé. Dans la pratique, 2 ou 3 passages sont réalisés, suivant la valeur de cette efficacité appréciée au vu de la différence des résultats obtenus entre les 2 premiers passages (cf. encart n°7).

Annexe 13 : Fiche descriptive de la méthode de De Lury et de Carle & Strub pour l'estimation des densités et des biomasses lors de pêches électriques. Source : De Lury 1947, Carle & Strub 1978.

8	75	150	300	600	5,00	10,00	20,00
5	50	100	200	400	25,50	51,00	102,00
1	3	5	10	20	2,75	5,50	11,00
15	175	350	700	1400	4,50	9,00	18,00
20	200	400	800	1600	8,00	16,00	32,00
2	6	13	25	50	8,25	16,50	33,00
2	10	20	40	80	0,13	0,25	0,50
6	38	76	152	304	8,00	16,00	32,00
10	96	193	385	770	25,00	50,00	100,00
3	17	35	69	138	12,50	25,00	50,00
5	28	55	110	220	10,00	20,00	40,00
5	28	55	110	220	19,00	38,00	76,00
3	13	25	50	100	17,50	35,00	70,00
0,5	2	4	8	16	6,25	12,50	25,00
2	6	13	25	50	0,30	0,60	1,20
6	58	115	230	460	5,00	10,00	20,00
0,5	2	5	9	18	7,50	15,00	30,00
1	3	6	12	24	0,50	1,00	2,00
3	18	35	70	140	0,40	0,80	1,60
1	3	6	12	24	0,25	0,50	1,00
1	4	8	15	30	0,50	1,00	2,00
0,5	2	5	9	18	6,25	12,50	25,00
0,5	2	4	8	16	2,50	5,00	10,00
0,5	3	5	10	20	3,75	7,50	15,00
1	5	9	18	36	4,50	9,00	18,00
1	4	8	15	30	1,00	2,00	4,00
6	63	125	250	500	3,25	6,50	13,00
15	170	340	680	1360	27,50	55,00	110,00
5	30	60	120	240	2,75	5,50	11,00
25	500	1000	2000	4000	15,75	31,50	63,00
0,5	1	3	5	10	5,00	10,00	20,00
0,5	2	5	9	18	3,75	7,50	15,00
0,5	2	4	8	16	1,25	2,50	5,00
4	23	46	92	184	0,30	0,60	1,20
2	8	15	30	60	0,10	0,20	0,40
5	25	50	100	200	0,03	0,06	0,12
2	10	20	40	80	0,16	0,32	0,64
3	15	30	60	120	15,50	31,00	62,00

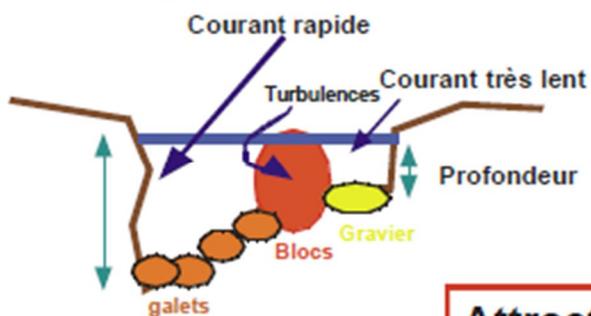
Nb / 10 ares

Kg/ha

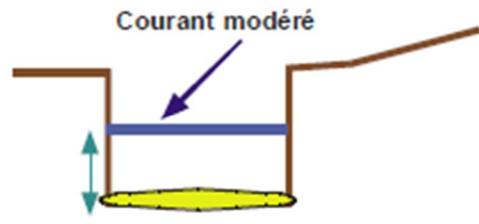
Annexe 14 : Limites des cotes d'abondance pour les estimations exhaustives (ex : pêches à 2 passages ou plus).

Hétérogénéité

Hétérogène

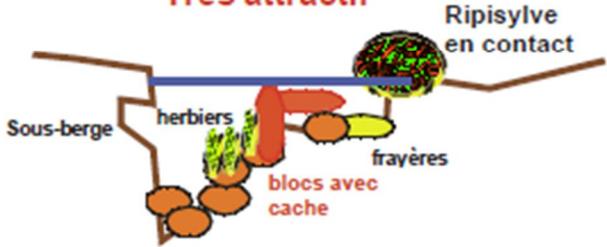


Très homogène

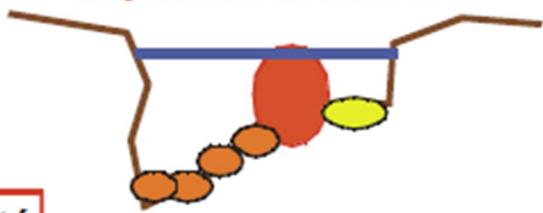


Attractivité

Très attractif

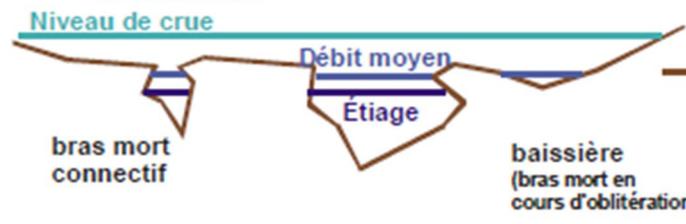


Moyennement attractif

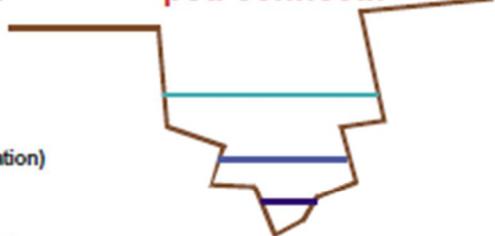


Connectivité

Connectif



peu connectif



Stabilité

Figures d'érosion >> dépôts

Figures d'érosion # dépôts

Figures d'érosion << dépôts

INSTABILITÉ

ÉQUILIBRE

COLMATAGE

Annexe 16 : Schéma des 4 composantes de la qualité physique des cours d'eau. Source : Teleos 2000.

Annexe 18 : Calcul de l'IAM (Indice d'Attractivité Morphodynamique) (Téléos 2003)

Problématique et concepts

La méthode utilisée est fondée sur une analyse cartographique standard des mosaïques de substrats/supports, de hauteurs d'eau et de vitesses de courant. Mise au point par la DR 5 du CSP (1994–1996), puis finalisée par TELEOS (1999–2003), cette approche fournit des images comparables de l'hétérogénéité et de l'attractivité biogène d'un cours d'eau à l'échelle de la station. A qualité d'eau et niveau trophique égaux, les capacités piscicoles d'un site d'eau courante sont en effet déterminées par la diversité et la qualité des combinaisons de hauteurs d'eau, de vitesses de courant et de substrats/supports.

La démarche diagnostique utilisée consiste à réaliser une cartographie codifiée de chacune de ces composantes de la qualité physique, puis de considérer leur combinaison. Les compositions des différentes mosaïques et de leur superposition peuvent ainsi être appréciées et confrontées d'une station à l'autre.

Les limites des classes d'hétérogénéité de chaque composante ont été déterminées statistiquement. Leur combinaison définit des zones d'attraction différentielle vis-à-vis des poissons : elles sont appelées "pôles d'attraction". Cette notion intègre l'aspect dynamique de l'intérêt offert par un habitat pour l'ensemble des espèces.

Les capacités piscicoles associées à la structure physique d'une station sont chiffrées globalement. et non pas reconstituées placette par placette, ni fondées sur la définition de préférences spécifiques associées séparément à chaque descripteur fondamental (substrat, profondeur, vitesse). Leur évaluation diffère donc au plan conceptuel de celle qui est obtenue par la mise en oeuvre de la méthode des "micro-habitats" ou de ses dérivés.

Fondements de la méthode

Suivant cette optique, les 3 composantes fondamentales de l'habitat aquatique sont analysées simultanément. On découpe en fait l'espace potamique en zones homogènes au point de vue à la fois de la **hauteur d'eau**, de la **vitesse**, et du **couple substrat/support**. Ces différentes catégories de structures spatiales sont appréciées à une échelle globale, en transformant les mesures métriques en classes de valeur biologique dont les seuils ont été déterminés statistiquement.

1) Dans un 1er temps, les hauteurs d'eau (respectivement : les vitesses de courant) sont mesurées au centimètre (resp. : au centimètre/seconde) sur des transects qui servent à tracer des courbes bathymétriques d'équidistance 5 cm (resp. d'isovitesses d'équidistance 5 cm/s). Ces documents graphiques sont alors transformés en cartes des zones de profondeur (resp. : de vitesse) d'intérêt ichtyologique différentiel. Pour cela les valeurs métriques sont regroupées en classes significatives pour le poisson : les limites de ces classes ont été déterminées statistiquement à partir de la répartition spatiale instantanée des poissons enregistrée sur une centaine de stations (60 cours d'eau, MORILLAS 1994). Simultanément, l'espace fluvial est découpé en placettes homogènes au point de vue des substrats (granulométrie) et des supports (végétation, caches...). En cas de configuration hétérogène, c'est le support ou le substrat le plus

attractif vis-à-vis de l'ichtyofaune qui est pris en compte. La hiérarchisation de l'attractivité a elle aussi été déterminée statistiquement.

2) Dans un 2^{ème} temps, l'intersection de ces 3 niveaux d'information permet de tracer la cartographie des pôles d'attraction. Ces entités spatiales composites expliquent de façon dynamique la répartition spatiale des poissons à l'échelle de l'habitat et donc déterminent la part du potentiel de production liée à celui-ci à l'échelle de la station.

3) Dans un 3^{ème} temps, le comptage des différentes catégories de descripteurs et de leurs surfaces relatives constitue une mesure de l'hétérogénéité de la station. Parallèlement, la pondération de la représentativité de chaque pôle par son coefficient d'attractivité apprécie le degré d'hospitalité qualitative du cours d'eau à l'endroit considéré.

Les **faciès** ne sont pas intégrés dans la définition de ces pôles, car cette description correspond à une échelle plus globale (un faciès se compose de plusieurs pôles). Cependant, afin de **relier les 2 échelles de travail entre elles**, les faciès rencontrés sur la station cartographiés puis confrontés avec la séquence de succession type des faciès présentés par le cours d'eau, sur un même tronçon fonctionnel.

Cette description complémentaire est nécessaire pour vérifier la bonne représentativité du tronçon cartographié vis-à-vis de ce tronçon. En outre, elle permet d'apprécier les interférences entre échelles emboîtées. Les faciès bien représentés qui n'appartiennent pas à la station pêchée pour diverses raisons (techniques, matérielles, financières...) seront indiqués et les interprétations devront en tenir compte.

Modalités pratiques

Pour pouvoir comparer différentes stations d'un même cours d'eau entre elles ou en mesurer l'évolution temporelle, il est important de **standardiser** les modalités pratiques de relevés de terrain et de cartographie. Avant tout, **les descriptions se font en été** (périodes de développement des herbiers), durant **l'étiage moyen** (facteur limitant).

Toutefois, pour certains cours d'eau ou pour certaines problématiques, une description complémentaire pourra être réalisée pour le débit à pleins bords ou /et pour une crue de fréquence annuelle ou/et en étiage d'hiver. Lors de mesures réalisées pour des débits importants, la cartographie est simplement réajustée à partir des relevés réalisés en étiage (hauteurs d'eau et vitesses mesurées de nouveau mais substrats inchangés sauf pour les bordures). Pour chaque cartographie, 4 séries de mesures et de dessins sont réalisées en découpant la station en placettes homogènes pour le descripteur considéré (vitesses du courant, hauteurs d'eau, substrats et supports, pôles d'attraction).

Sur le terrain, les vitesses et les hauteurs d'eau sont mesurées et repérées sur des transects à l'aide d'une jauge graduée, d'un courantomètre et de plusieurs décamètres. Des lignes d'isovitesses et d'isoprofondeurs sont alors tracées par intrapolation entre les différents transects: si besoin, les limites de zones obtenues sont vérifiées par des mesures ponctuelles complémentaires. Les placettes associées aux différents substrats/supports dont l'attractivité est hiérarchisée sont métrées à l'aide d'un topofil et représentée exhaustivement.

Définition des faciès

Les faciès sont des zones homogènes définies par la forme globale du lit (chenal ou annexes, dénivelé, courbure...), la dominante des vitesses de courant et la hauteur modale de la tranche d'eau au centre du chenal. Les différents faciès sont répertoriés dans l'annexe "Explication des fiches de description de l'habitat du tronçon".

Description du substrat-support

La station est ensuite découpée en placettes d'une surface supérieure à 1 mètre carré ou 0,1.12, l'étant la largeur de la lame d'eau, homogène en ce qui concerne les substrats support. La plupart du temps, seul l'élément le plus attractif relevé sur une placette est noté. En cas de substrats/supports composites, la hiérarchisation indiquée ci-dessous permet de choisir la dominante. Un substrat/support secondaire ou une indication d'altération de l'attractivité peut cependant être ajouté (cf. ci-dessous).

*** Hiérarchisation des substrats :**

La hiérarchisation est effectuée à partir du degré d'attractivité exercé sur l'ichtyofaune. Cette « hospitalité » différentielle est considérée pour différents écostades, différentes espèces, différentes exigences de chaque espace (nutrition, reproduction, caches/abri, circulation/transition...). Suivant cette optique, 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 : ainsi on met sur le même plan, branchage, hydrophytes non colmatés et sousberges. Toutefois, les hydrophytes et dans une moindre mesure les branchages présentent un attrait supplémentaire comme support de fraie et de nutrition.

1° Hydrophytes (HYI) : végétaux aquatiques ou amphiphytes noyés à tige souple habitat encombré dans la masse d'eau, avec des coulées d'importance décimétrique.

2° Branchages immergés (BRA) : amas de branchages, arbres tombés ou s'avancant dans l'eau ou réseaux de racines de gros diamètre. Substrat considéré comme étant le plus attractif.

3° Sous-berge (BER) : abri creusé sous une berge en terre, créé par une cavité sous des racines immergées, faille dans une paroi rocheuse, ou cache dans les bancs de tufs fracturés (même loin du bord). Cette anfractuosité doit réellement constituer un abri contre le courant et non pas un simple marche pied.

4° Blocs (BLO) : granulats d'une taille supérieure à 20 cm et offrant une cache assez importante. Si un bloc est posé sur du sable ou dégagé par une érosion active, il n'offre plus la même qualité d'abri, il n'est pas noté comme bloc (blo) mais comme bloc sans anfractuosité (bls).

5° Hydrophytes à feuilles flottantes (HYF) : végétaux aquatiques noyés à feuilles flottantes (nénuphars, potamots...) formant un couvert horizontal, mais ne constituant pas un habitat très encombré dans la masse d'eau.

6° Hélophytes (HEL) : végétaux à tige ligneuse immergés en partie : densification d'éléments verticaux d'écartement centimétrique à pluri-centimétrique.

7° Blocs sans anfractuosité (BLS) : blocs posés sur le sable ou dégagés par l'érosion : il n'y a pas de caches proprement dites mais des zones de turbulence encore attractives pour le poisson.

8° Végétations aquatiques rases (CHV) : tous supports végétaux de faible hauteur offrant des vides de taille relativement réduite (importance centimétrique) mais très nombreuses (système

de racines de petite taille, bryophytes ou autres végétaux hydrophytes ou amphiphytes en début de croissance...)

9° Galets (GAL), taille 2 à 20 cm : anfractuosités d'ordre centimétrique, non colmatées.

10° Galets et graviers mélangés (GGR), taille 0,2 à 20 cm.

11° Graviers (GRA) : taille 0,2 à 2 cm : anfractuosité d'ordre millimétrique.

12° Sable (SAB) : taille 0,2 à 2 mm.

13° Éléments fins (FNM ou FNO) : minéral ou organique granulométrie inférieure à 2 mm, substrat n'offrant aucun abri (vase, limon...), mais éventuellement des ressources alimentaires.

14° Dalle (DAL) : substrat dur horizontal ou vertical n'offrant aucun abri (roche, marne, surface artificielle jointive, palplanche ...) et peu ou pas de ressources alimentaires.

15° Substrats particuliers : lorsque la problématique de l'étude impose une description plus fine des supports végétaux (ex : cartographie des zones de frayère des espèces recherchant spécifiquement certains types de végétation...) ou lors de cartographie de stations particulières (ex : baissière en zone inondable avec une végétation de prairie terrestre...) des substrats supplémentaires peuvent être ajoutés, en particulier "Prairie immergée" (**PRA**) correspondant à une végétation terrestre graminée.

*** Choix du nombre de substrats :**

Les principes de descriptions proposés doivent parfois être modulés en fonction des caractéristiques de la rivière, des espèces présentes, de la précision des relevés...

Cependant, le principe de travail fondamental est le suivant : **on indique un seul substrat lorsque l'un des deux substrats possède une attractivité nettement plus faible que l'autre** (HYI/fin ou BLO/GRA sont ainsi notés HYI ou BLO dans la plupart des cas). Un substrat secondaire devra être précisé suivant les règles suivantes :

1° Le **substrat le plus attractif** relevé sur une placette est considéré comme étant le substrat principal ou le substrat unique s'il représente au moins **25%** de la surface ou de l'encombrement spatial. Sinon, il est noté en substrat secondaire tandis que le support dominant est indiqué en substrat principal, même si ce n'est pas le plus attractif.

2° On indiquera également deux substrats lorsque la dimension des caches ou vides caractéristiques de ces substrats est très différente et n'intéresse pas les mêmes poissons (ou même écostades). **Exemples** : les racines regroupant à la fois un substrat du type chevelu racinaire et une sous-berge seront notées comme "ber" en substrat principal et comme "chv" en substrat secondaire : les chabots trouveront refuge dans les petites racines, tandis que les chevaines, truites, perches... utiliseront la sous-berge. De la même manière, les zones mixtes de blocs/galets peuvent intéresser les truites, barbeaux, chevaines (dans les blocs) et les loches, chabots (dans les galets). Un substrat mixte composé principalement de petites racines, de sous-berges et branchages associés est noté "chv /bra" : chv en tant que support dominant en proportion, de nature très différente de bra ou ber (taille des vides) et bra car ce substrat est plus attractif que ber. Tuf fracturé formant des caches et bryophytes = ber/chv.

3° Enfin lorsqu'un substrat **ne dépassant pas 75 %** de surface par placette demeure systématiquement moins attractif que le substrat conjoint (exemple sable à 40% ou 60% avec galets, graviers, blocs...) mais qu'il n'apparaît jamais en substrat "pur" ou principal (>25%), il

passer substrat principal sur une fraction des placettes composites proportionnelle. Sa représentativité est appréciée empiriquement.

*** Altération ou modification de l'attractivité**

Épaississement spatial, densification (suffixe "D" à la place de la troisième lettre)

Une indication de densité d'encombrement de l'habitat est utilisée pour préciser la description des supports végétaux lorsqu'ils sont fermés par une densification qui semble pénalisante pour la circulation et la vie du poisson.

Par exemple, herbier à cératophylles très serré, envahissant et encroûté, noté HYD, ou roselière très dense et fermée notée HLD. *A contrario*, des hélophytes très épars ou des herbiers clairsemés sur fond nus sont notés hle ou hye.

Algues filamenteuses (alg) : lorsque les algues colmatent un habitat, celles-ci sont indiquées en substrat secondaire uniquement en raison des cycles de développement très rapide de ces végétaux et pour rendre comparable les cartographies. La mention supplémentaire "alg" ne sera indiquée que lorsque le développement des algues filamenteuses est visiblement **anormal** et qu'il pénalise l'habitabilité d'un substrat en colmatant les anfractuosités ; ce colmatage est par définition variable suivant les saisons (cf. Cycle de développement des algues filamenteuses).

Éléments colmatants (col) : lorsque des éléments fins colmatent un habitat ceux-ci sont indiqués en substrat secondaire uniquement de la même manière que pour les algues, afin de différencier les zones de sédimentation naturelle des secteurs qui voient leur habitabilité potentielle réduite par des pollutions physiques ou organiques. Soit les éléments fins constituent le substrat normal et unique de la placette en zone de sédimentation : **un seul substrat** est noté (fin) ; soit le colmatage par des éléments fins rend le substrat sous-jacent inutilisable par les poissons : le **substrat sous-jacent** est alors indiqué **associé** à la mention "col" pour indiquer la pollution par des matières en suspension. Cette notation permet de différencier les zones où les phénomènes de sédimentation sont naturels des secteurs qui voient leur habitabilité altérée.

Pavage des galets et des blocs (bls, gls) : lorsque des éléments minéraux grossiers sont pavés, c'est à dire lorsqu'ils composent une cuirasse sans anfractuosités ou/ et sont englobés dans des substrats plus fins qui les ferment complètement leur attractivité est fortement diminuée. Cette tendance est plus particulièrement sensible pour les galets qui perdent beaucoup de leur capacité biogènes lorsqu'ils sont pavés.

*** Représentation cartographique :**

Pour les stations où les relevés ont été réalisés à pied, la représentation des surfaces observées pour chaque substrat est réalisée à l'échelle sur un fond de carte sur toute la surface du cours d'eau. Le substrat secondaire ou l'indication d'altération est indiquée en inscrivant le code du substrat (3 lettres voir plus haut).

Description de la hauteur d'eau

Les hauteurs de la tranche d'eau sont mesurées à pied ou par écho-sondeurs sur des transects placés et divisés de façon à encadrer les ruptures de pente et les variations nettes de profondeur, ce qui représente 5 à 20 transects par station selon l'hétérogénéité du milieu. Ces mesures sont ensuite regroupées en 5 classes :

- 1 : moins de 5 cm - 3 : 21 à 70 cm

- 2 : 6 à 20 cm

- 4 : 71 à 150 cm

- 5 : plus de 151 cm.

Description de la vitesse du courant

La vitesse mesurée à 0,6 fois la hauteur d'eau sur les transects vitesses "représentatives" définis ci-dessus

- 1 : moins de 10 cm/s

- 3 : 41 à 80 cm/s

- 2 : 11 à 40 cm/s

- 4 : 81 à 150 cm/s

- 5 : plus de 151 cm/s

Constitution des pôles d'attraction

L'intersection des 3 niveaux d'information précédents sert à délimiter les pôles d'attraction. Un pôle d'attraction est donc défini par le substrat principal uniquement, dans un but de simplification, par la hauteur d'eau et par la vitesse. Par conséquent, les pôles sont codifiés par les 3 lettres du substrat principal, par le chiffre correspondant à la classe de hauteur d'eau et par le chiffre de la classe de vitesse.

Expression des résultats et règles d'interprétations.

Les cartes obtenues permettent de visualiser l'attractivité ou l'uniformité des mosaïques d'habitats. Plus synthétiquement, des indices replacent les résultats obtenus pour chaque station sur des échelles d'hétérogénéité et d'attractivité biogène.

* **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'habitats. La variété des substrats/supports ne prend en compte que les grandes catégories descriptives. Les éléments composites (mélanges de substrats) ne rentrent dans le calcul que si les matériaux qui composent le mélange ne sont pas présents de façon isolée sur la station. *Exemple : Le mélange de galet-gravier (GGR) n'est pas comptabilisé pour la variété des substrats/supports si galets (GAL ou GLS) et graviers (GRA) sont rencontrés seuls sur la station. En revanche GGR rentre dans la variété si Galets et/ou graviers sont absents. Idem pour les blocs à anfractuosités (BLO) et les blocs sans anfractuosités (BLS) Idem pour les hélophytes (HEL) et ses dérivés denses HED ou éparses HLE, pour les hydrophytes immergés (HYI) et ses dérivés denses HYD et éparses HYE, ...*

* **Div** = Diversité : mesure de la complexité et de l'hétérogénéité quantitative de la répartition des surfaces entre les catégories de chaque composante de la qualité de l'habitat.

$$\text{Div} = - \sum_{i=1}^n S_i \times [(\log_{10}(S_i))]$$

où : n est le nombre de catégorie (n=var)

Si est la surface cumulée des placettes appartenant à la ième catégorie

* **Reg** = Régularité : rapport entre la diversité observée et la diversité optimale pour une même variété correspondant à l'équirépartition.

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

$$\text{IAM} = [\sum_{i=1}^n S_i \times \text{Attract.}(\text{subs.})] \times \text{Var}(\text{subs.}) \times \text{Var}(\text{h.e.}) \times \text{Var}(\text{v.})$$

où : v. : vitesse

h.e. : hauteurs d'eau

subs. : substrats/supports

Attract. : attractivité des substrats supports.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

La hiérarchisation et la cotation de l'attractivité des substrats/supports a été déterminée statistiquement sur plusieurs dizaines de rivières. Ces scores prennent en compte les exigences de l'ensemble des pisciaires et intègrent donc l'ensemble des ressorts physiques nécessaires aux transferts trophiques.

Substrat	Code	Attractivité
branchages, grosses racines	BRA	100
sous-berges	BER	90
hydrophytes éparses	HYI	80
blocs avec caches	BLO	60
galets	GAL	50
hélophytes	HEL	40
chevelus racinaires, végétations rases	CHV	40
blocs sans anfractuosités	BLO	30
galets et graviers mélangés	GGR	25
graviers	GRA	20
galets pavés	GLS	10
litières organiques	LIT	10
sables	SAB	8
éléments fins, limons	FIN	4
fonds nus organiques, vases	FNO	3
dalles, surfaces indurées (sans cache)	DAL	1
Affluents, sources, résurgences		BONUS +25%

Cotation hiérarchisée de l'attractivité globale des substrats supports

Classe de Hauteurs d'eau	Limites
Classe 1	0 à 5 cm
Classe 2	6 à 20 cm
Classe 3	21 à 70 cm
Classe 4	71 à 150 cm
Classe 5	sup. à 150 cm

Limites de classes de hauteurs d'eau

Classe de Vitesses d'écoulement	Limites
Classe 1	0 à 10 cm/s
Classe 2	11 à 40 cm/s
Classe 3	41 à 80 cm/s
Classe 4	81 à 150 cm/s
Classe 5	sup. à 150 cm/s

Limites de classes de vitesse d'écoulement

Annexe 18 : Critères à prendre en compte pour le calcul d'un IAM.

Source : Teleos, 2000.

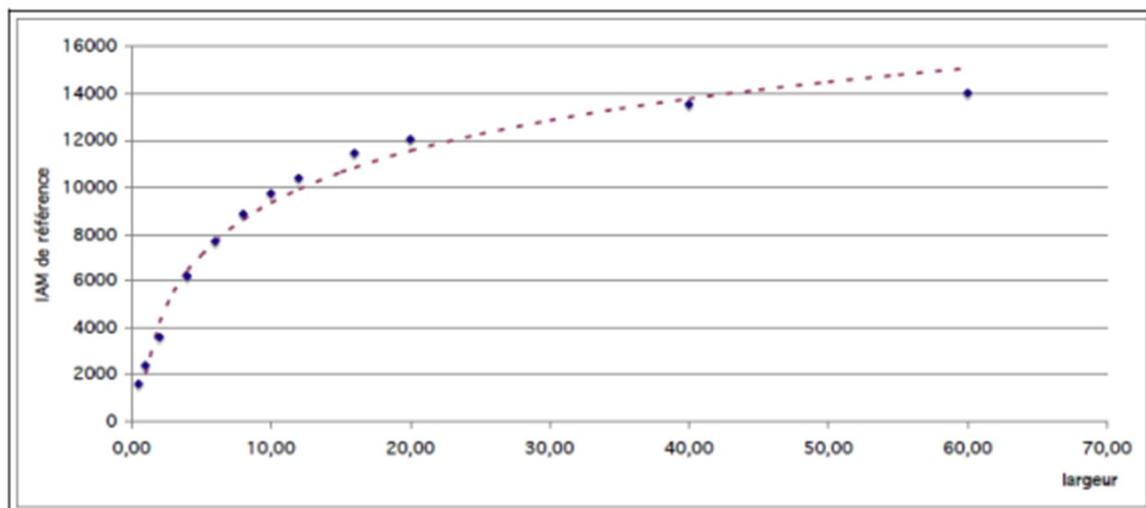
Conclusion et perspectives

L'IAM, encore expérimental, constitue une approche simplifiée car il ne tient pas compte de l'attractivité des pôles et en particulier de la variation de la valeur piscicole des substrats/supports selon les hauteurs d'eau et les courants qui les baignent. Toutefois la démarche suivie permet d'apprécier les variations spatio-temporelles quantitatives de l'hétérogénéité et de l'attractivité des mosaïques d'habitats.

Cette approche pourra également servir à l'avenir pour évaluer l'évolution de la qualité physique lors de la reprise d'érosion et du transport probable des dépôts de sables, limons et graviers remis en circulation par des vidanges mais aussi en cas d'augmentation de la valeur des débits réservés. Enfin, deux séries de règles d'interprétations sont issues des premières applications de

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

la méthode à des stations référentielles. La première permet d'apprécier la signification de l'IAM



Annexe 18 : Abaque reliant l'Index d'Attraction Morphodynamique de référence en fonction de la largeur moyenne de la station ($IAM_{ref} = (3193,4 * LN(larg)) + 2000$). Source : Téléos 2003.

en fonction de la largeur du cours d'eau.

Substrats	Code	Attractivité APP
Branchages, grosses racines immergés	Bra	100
Sous-berges	Ber	100
Chevelus racinaires, Bryophytes	Chv	90
Galets plats	Glp	90
Galets	Gal	80
Blocs avec caches	Blo	70
Hydrophytes immergés	Hyi	70
Litières	Lit	60
Galets et graviers mélangés	Ggr	60
Dalle marneuse ou argileuse fouissable	Dlf	50
Hélophytes	Hel	40
Sables	Sab	30
Graviers	Gra	20
Eléments fins, limons, vases	Fin	10
Galets pavés	Gls	5
Gravies colmatés	Grs	5
Blocs sans anfractuosités	Bls	2
Dalles indurées (sans caches)	Dal	1

Annexe 19 : Cotation de l'attractivité globale des substrats/supports pour les écrevisses pieds blancs. Source : Téléos 2003.

La
seconde
permet
d'utiliser
la
méthod
e dans le
cas de
ruisseau
à
écreviss
e (ISCA :
Indice
Spécifiq
ue de
Capacité
Astacicol
e)

Annexe 20 : EstimHab (N Lamouroux 2008)

Les éléments d'Estimhab

Estimhab évolue, c'est pourquoi son habillage informatique est léger. C'est un classeur Excel qui comporte trois feuilles : feuille 'simulations-populations', feuille 'simulations-guildes', feuille 'données-terrain'. Pour faire une simulation sur un tronçon, il est conseillé de dupliquer Estimhab.xls, de le renommer puis de le remplir.

La feuille 'simulations-populations'

C'est sur cette feuille que l'on réalise les simulations de qualité de l'habitat. Elle comporte

- un cadre où sont saisies les variables d'entrée (exemple : largeur, hauteur d'eau moyenne sur le tronçon mesurées à deux débits différents, cf. 2.1).
- des graphiques indiquant la qualité de l'habitat en fonction du débit, automatiquement simulée pour différentes espèces/stades.

Les simulations pour la truite sont valables pour les cours d'eau à truite seuls. Pour les autres espèces, les simulations sont valables pour tous les cours d'eau dans la limite du domaine de validité décrit plus loin. Les espèces actuellement prises en compte sont : TRF = truite Fario adultes et juvéniles, les simulations pour les juvéniles de truite restent valables pour les alevins de l'année ; BAF = barbeau fluviatile adulte ; CHA = chabot adulte ; GOU = goujon adulte ; LOF = loche franche adulte ; VAI = vairon adulte ; SAT = saumon atlantique (alevin et juvénile) ; OMB = ombre commun (alevin, juvénile, adulte).

La feuille 'simulations-guildes'

Même feuille, donnant des estimations de qualité de l'habitat moyennées par groupes d'espèces ayant des préférences d'habitat comparables (Lamouroux et Cattaneo, 2006). Si une espèce n'est pas prise en compte dans la feuille 'simulations-populations', on pourra simuler sa réponse typique en l'associant à la guildes la plus adaptée.

Guilde 'radier' : loche franche, chabot, barbeau <9cm

Guilde 'chenal' : barbeau >9cm, blageon >8cm (+ hotu, toxostome, vandoise, ombre)

Guilde 'mouille' : anguille, perche soleil, perche, gardon, chevesne >17cm

Guilde 'berge' : goujon, blageon <8cm, chevesne <17cm, vairon

La guildes 'chenal' correspond aux espèces d'eau courante ; c'est la guildes la plus favorisée par les augmentations de débit (et la plus affectée historiquement par la réduction des débits dans les cours d'eau aménagés). Les modifications de morphologie concerneront surtout les guildes 'radier' et 'mouille'. Le ralentissement général des écoulements liés aux aménagements réduit la proportion des espèces de la guildes 'radier'.

La feuille 'données-terrain'

Il est conseillé de s'en servir pour saisir les données de terrain (cf. protocole de terrain). Ainsi, cette feuille pourra être utilisée pour calculer les variables d'entrée nécessaires aux simulations (sur les feuilles 'simulations'). Elle sera également très utile pour poursuivre le développement et la simplification des modèles si vous envoyez une copie du classeur au Cemagref après calage sur le tronçon, ce que nous vous encourageons à faire (même en cas de confidentialité ; n'indiquez pas, dans ce cas, le nom de la rivière).

Le domaine de validité

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Le domaine de validité 'physique'

Estimhab est utilisable sur des cours d'eau de climats tempérés à morphologie naturelle ou peu modifiée (le débit, lui, peut être modifié), de pente < 5%. On évitera en pratique de l'utiliser sur des tronçons dont plus de 40% de la surface est hydrauliquement influencée par des seuils, enrochements, épis ou autres aménagements. Les simulations par espèces (sauf celles de SAT et OMB) sont tout à fait comparables à celles d'EVHA (>80% de variance en valeur d'habitat expliquée) dans une gamme de cours d'eau dont les caractéristiques hydrologiques et hydrauliques sont données ci-dessous :

Caractéristique du cours d'eau	Minimum	Maximum
Débit médian Q50 (m ³ /s)	0.20	13.10
Largeur à Q50 (m)	5.15	39.05
Hauteur à Q50 (m)	0.18	1.45
Substrat D50 (m)	0.02	0.64

Les simulations par guildes (plus celles de SAT, OMB) sont comparables à celles d'EVHA dans une gamme plus large :

Caractéristique du cours d'eau	Minimum	Maximum
Débit médian Q50 (m ³ /s)	1.00	152.00
Largeur à Q50 (m)	7.00	139.00
Hauteur à Q50 (m)	0.25	2.25
Substrat D50 (m)	0.01	0.33

Il est possible qu'Estimhab soit adapté à d'autres types de cours d'eau mais ceci demande des analyses complémentaires. La pertinence d'Estimhab repose sur l'existence de propriétés statistiques très générale des cours d'eau (forme des distributions de vitesses et de hauteurs) qu'il convient de vérifier lorsque l'on s'écarte du domaine de calibration du logiciel.

Le domaine de validité 'biologique'

Les résultats d'Estimhab sont inféodés à la pertinence des courbes de préférences hydrauliques des espèces qui ont été utilisées pour construire le modèle. Dans tous les cas, la pertinence du modèle biologique est à mettre en cause lorsque la profondeur moyenne est > 2m (limite de la pêche électrique). Les courbes de préférences impliquées dans le logiciel sont :

- TRF, SAT : courbes Cemagref-CSP, cf. DOC EVHA. Les courbes de la truite sont une adaptation des courbes d'Amérique du Nord par un panel d'experts Français.
- OMB : courbes de Mallet J.P., Lamouroux N., Sagnes P., Persat H. (2000) Habitat preferences of European grayling in a medium-size stream, the Ain river, France. Journal of Fish Biology, 56, 1312-1326. Réalisées sur l'Ain à Gévrioux (module de l'ordre de 120 m³/s). Testées et validées sur un bras secondaire. Ces courbes peuvent surestimer les vitesses utilisées par l'ombre dans des petits cours d'eau.
- Autres espèces : Leurs préférences sont étudiées dans Lamouroux et Capra (2002), téléchargeable sur <http://www.irstea.fr/estimhab>. Ces courbes sont des courbes 'moyennes' provenant de différents cours

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

d'eau (Ardèche, Loire, Rhône, Ain, Garonne, Drome). Elles sont transférables entre sites d'étude et donc utilisables sur une large gamme de cours d'eau.

Notice d'utilisation

Variables d'entrée et protocole de mesure de la géométrie hydraulique

ATTENTION AUX UNITES, tout est en m, m³/s.

Choix du tronçon : Estimhab réalise des simulations sur des tronçons (ou segments) de cours d'eau, une étude comprenant idéalement plusieurs tronçons (cf. 2.3). Le choix des tronçons dépend de l'objectif de la simulation. Cependant, l'application d'Estimhab suppose que le tronçon reflète la diversité des faciès hydrauliques se succédant localement sur le cours d'eau (radiers, plats, mouilles). En moyenne le long des cours d'eau, les séquences de faciès "radiermouille" se succèdent tous les 6-7 fois la largeur de plein bord. En conséquence, nous recommandons d'appliquer la méthode sur des tronçons de longueur > 15 fois la largeur du cours d'eau à pleins bords. Il est recommandé d'effectuer une cartographie sommaire à plus large échelle avant de choisir des tronçons représentatifs. Choisir des tronçons longs > 15 fois la largeur ne pose pas de problèmes. En revanche, choisir des tronçons plus courts ne devrait être fait qu'en cas de nécessité (ex : section court-circuitée courte, description d'une station de pêche plus courte) : il faudra justifier alors que le tronçon contient une diversité de faciès hydraulique représentative du cours d'eau localement.

Entrées

débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
24	83	0.73
80	83	1.2
débit médian naturel Q50 (m³/s)		
90		
taille du substrat (m)		
0.2		
gamme de modélisation (débits, m³/s)		
2		37

Le cadre contenant les variables d'entrée : les variables d'entrée d'Estimhab sont celles du cadre ci-dessus (reproduit à partir des feuilles 'simulations'). Ces variables sont celles qui permettent d'estimer les valeurs d'habitat à tout débit. L'essentiel des mesures de terrain consiste donc à estimer, à 2 débits différents (Q1 et Q2) les largeurs mouillées (L1 et L2) et les hauteurs d'eau moyennes (H1 et H2) du tronçon de cours d'eau. Ces mesures de terrain permettent d'estimer la géométrie hydraulique du tronçon. A un des débits doit également être mesurée la taille moyenne des éléments du substrat. Un protocole de mesure de terrain est proposé ci-dessous.

L'estimation du débit médian naturel Q50 : Outre les mesures de terrain, l'estimation du débit journalier médian du cours d'eau (Q50) en conditions naturelles (ex : s'il n'y avait pas de barrage) fait aussi partie des variables d'entrée du modèle. Estimhab est moins sensible à l'estimation de Q50 que celles des débits de mesures sur le terrain Q1 et Q2 (cf. ci-dessous), mais celle-ci doit néanmoins rester précise (erreur < 20%). On pourra se référer à une station de jaugeage proche. Dans le cas contraire, il faut extrapoler à partir d'une autre station, réaliser des mesures de terrain répétées, ou utiliser des modèles hydrologiques pertinents. L'extrapolation des débits d'une station voisine est souvent délicate et peut générer des erreurs importantes, c'est pourquoi nous recommandons fortement de l'accompagner de mesures complémentaires adéquates (VOIR le guide des bonnes pratiques en la matière :

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=1069, nous ne décrivons pas les méthodes utilisables ici). Il est important de spécifier la méthode utilisée, et d'apprécier son incertitude.

Autres estimations hydrologiques : Outre l'estimation du Q50, nécessaire au calage d'EstimHab, il est difficile d'envisager une étude d'impact de la gestion des débits qui ne comporterait pas l'estimation des caractéristiques hydrologiques synthétiques du tronçon (module, débits de crue et d'étiage). En particulier, le module (débit moyen inter-annuel naturel) est la caractéristique de référence de la loi sur l'eau. L'histoire des débits est nécessaire à l'interprétation des simulations, au vu du cycle de vie des espèces. Comme pour Q50, l'estimation de ces caractéristiques hydrologiques est un point crucial de l'étude d'impact. Il est essentiel de bien décrire la méthode utilisée, sa validation et son incertitude.

Choix des 2 débits pour les mesures de terrain: Si tenté que l'on puisse "choisir" Les largeurs et hauteurs moyennes à tout débit sont extrapolées à partir des mesures faites à Q1 et Q2, après ajustement de lois puissances reliant la largeur et la hauteur au débit (lois dites de "géométrie hydraulique"). Les extrapolations devront être correctes à la fois dans la gamme de simulation et au débit naturel médian Q50 de la rivière, car EstimHab va estimer des valeurs de largeur et hauteur à Q50. Des simulations d'incertitudes sur le choix des débits suggèrent d'utiliser des débits aussi contrastés que possibles, avec les règles suivantes :

a) $Q2 > 2 * Q1$

b) la simulation sera comprise entre $Q1 / 10$ et $5 * Q2$

c) le débit médian naturel Q50 est aussi compris entre $Q1 / 10$ et $5 * Q2$

d) les deux débits Q1 et Q2 restent inférieurs au débit de plein bord du cours d'eau.

C'est aux bas débits que les conditions hydrauliques changent vite et que les mesures sont faciles, donc l'idéal est de choisir Q1 le plus bas possible et Q2 plus proche du Q50. Peu importe le temps passé entre les deux campagnes de mesures (sauf crue exceptionnelle).

La mesure des débits Q1 et Q2 : Pour estimer Q1 et Q2, s'il y a une station de jaugeage à proximité immédiate et des apports négligeables entre la station d'étude et la jauge, on pourra s'y référer. Dans le cas contraire, il faut mesurer Q1 et Q2 dans une section adaptée (la plus rectangulaire possible, courante, pas nécessairement sur la station d'étude). Les résultats d'EstimHab sont TRES sensibles à l'estimation de Q1 et Q2, qui doit donc être précise (erreur < 10%).

Gamme de modélisation : La gamme de modélisation est celle qui intéresse l'utilisateur, mais doit être cohérente avec les valeurs de Q1 et Q2 comme expliqué ci-dessus. Les notes de qualité de l'habitat et les surfaces utiles seront estimées par le logiciel entre les deux valeurs de débit précisées ici.

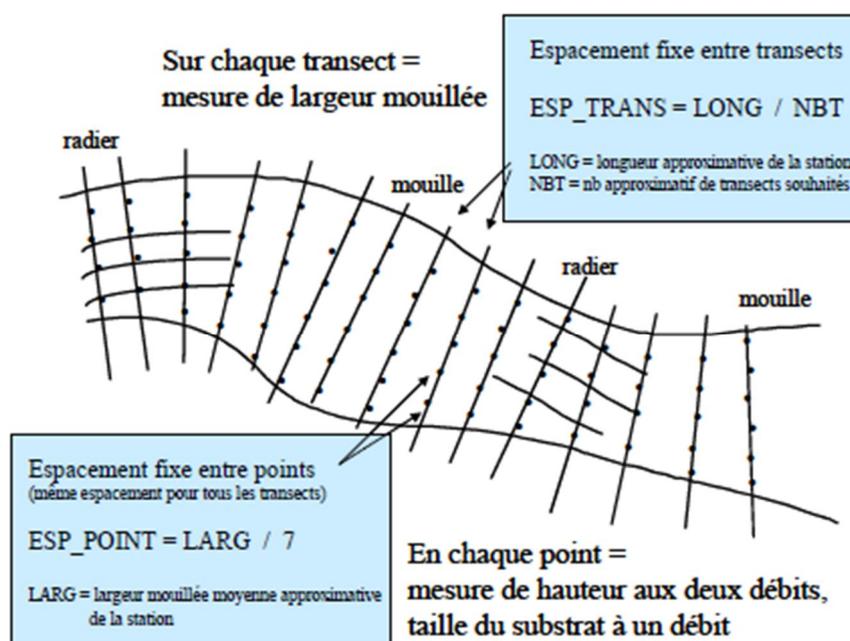
Mesures de terrain proposées pour estimer la géométrie hydraulique du cours d'eau : mesure des hauteurs et largeurs moyennes du tronçon à deux débits Q1 et Q2, mesure de la taille moyenne du substrat à 1 des 2 débits

Principe général : A chacun des deux débits de mesure Q1 et Q2 (cf. plus haut concernant le choix et la mesure de ces débits), le but du jeu est de mesurer environ 100 hauteurs d'eau locales et >15 largeurs mouillées réparties régulièrement sur le tronçon afin d'estimer la moyenne de ces variables. La taille moyenne du substrat dominant doit également être estimée à un des deux débits.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Nous proposons dans ce but de répartir > 15 transects (nombre de transect = NBT > 15) perpendiculaires à l'écoulement le long du tronçon, de mesurer la largeur mouillée de chacun de ces transects, puis de mesurer la hauteur d'eau et la granulométrie à intervalles réguliers le long de ces transects. Lors de ces opérations, la localisation des points n'a pas besoin d'être précise, puisque le but est d'estimer la valeur moyenne des mesures. Il est important en revanche que les points de mesures ne soient pas choisis par l'opérateur.

Matériel nécessaire : le seul matériel nécessaire est une tige graduée pour mesurer les hauteurs d'eau, un décamètre (ou un distance-mètre dans les grands cours d'eau) pour mesurer la largeur mouillée. Un bateau est généralement nécessaire dans les cours d'eau profonds et/ou rapides.



Annexe 20 : Résumé de l'application de la Méthode estimHab sur le terrain.

Définir un espacement constant entre les transects ESP_TRANS : Le moyen le plus 'objectif' de répartir régulièrement les transects de mesures est d'évaluer approximativement (par exemple en nombre de pas) la longueur du tronçon $LONG$. On définira alors un espacement constant entre transects en nombre de pas : $ESP_TRANS = LONG / NBT$, où NBT est le nombre de transects prévu. Les transects seront échantillonnés d'un bout à l'autre du tronçon, jusqu'à ce que l'on atteigne la limite de tronçon (il est possible qu'il n'y ait pas exactement le nombre NBT de transects prévu, ce n'est pas gênant). Le nombre de transect NBT choisi gagnera à être augmenté dans les cours d'eau hétérogènes où la largeur est très variable.

Définir un espacement entre points de mesures le long des transects ESP_POINT : Le long de chaque transect sont placés des points de mesure de la hauteur d'eau, à intervalles réguliers (ESP_POINT), l'espacement étant le même pour l'ensemble des transects. Ainsi, il y aura plus de points de mesure sur les transects larges que sur les transects étroits. Nous recommandons d'estimer de façon approximative, avant toute mesure, la largeur mouillée moyenne du tronçon entier ($LARG$). L'espacement entre deux points de mesure le long des transects sera alors fixé pour l'ensemble du cours d'eau à $ESP_POINT = LARG/7$ le long de la largeur mouillée (les parties émergées sont "sautées"). Ceci donnera environ $15 \times 7 = 105$ points de mesures de hauteurs d'eau sur l'ensemble du tronçon.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Mesure de la largeur mouillée de chaque transect : Sur chacun des transects, la largeur mouillée est mesurée perpendiculairement à l'écoulement principal, notion parfois un peu floue ...Il s'agit bien de la largeur mouillée, c'est à dire de la largeur effectivement occupée par de l'eau.

* Si un bloc de 2m de large est émergent au milieu du cours d'eau, la largeur mouillée est égale à la largeur totale moins 2m. Ainsi, la largeur mouillée est estimée en retranchant la largeur "émergée" de la largeur totale du transect.

* Si le cours d'eau comporte plusieurs bras, il faut sommer les largeurs mouillées de ces bras. Les mesures le long du transect se feront le long de la largeur mouillée de l'ensemble des bras.

Mesures de hauteur d'eau le long de chaque transect :

Une tige graduée est suffisante pour réaliser les mesures de hauteur d'eau. Cheminer précisément le long du transect perpendiculaire à l'écoulement n'est pas toujours facile dans les faciès courants : ce n'est pas très grave de dériver vers l'aval lors des mesures de hauteurs (cheminer en biais en s'éloignant légèrement du transect). Il est important cependant de ne pas 'choisir' les points de mesures de hauteur : on plonge la tige graduée à l'aveugle tous les LARG/7 pas, si celle-ci tombe au sommet d'un bloc, on mesurera la hauteur d'eau au-dessus du bloc. On ne cherchera donc pas à viser les interstices dans le substrat.

Le premier point de mesure de hauteur le long de chaque transect est choisi "au hasard" entre le bord et LARG/7 du bord. On arrête les mesures lorsqu'on arrive sur l'autre rive. Il est préférable d'estimer une valeur difficilement accessible (et de le notifier) que d'omettre un point de mesure.

Mesures des tailles de substrat : la taille de substrat dominante est mesurée à un seul débit et aux mêmes points que la hauteur d'eau (en pratique, en même temps). Nous recommandons d'estimer le diamètre de l'axe secondaire (dit axe 'b') de la particule sur laquelle la tige graduée s'est posée. Note : il y a ici un changement par rapport aux premières versions du protocole.

Exemple : sur un tronçon long de 100 pas et large de 15 pas, on choisira un transect tous les 7 pas (environ 100/15), dont on mesurera la largeur mouillée (décamètre ou mire) ; le long de chaque transect on fera une mesure de hauteur (tige graduée) et de granulométrie (estimation visuelle) tous les 2 pas (environ 15/7). Le long d'un transect, on commencera la première mesure de hauteur 'au hasard', c'est à dire parfois tout près de la berge, parfois à 1 pas de la berge, parfois à 2 pas. Les points suivants sont faits tous les 2 pas, jusqu'à ce que l'on se trouve hors de l'eau.

Précisions : Noter qu'il n'y a ni mesure de vitesse, ni besoin de tendre de câble. Noter également que ce protocole est insensible à une erreur de 5% sur les mesures de hauteurs et largeurs. L'opération dans son ensemble doit durer, pour chaque débit de mesure, au maximum 2 h à 2 personnes dans un cours d'eau traversable à pied (un peu plus en bateau). Pour chaque débit, les mesures sont notées dans un fichier, au mieux dans la feuille 'donnéesterrain' de EstimHab.

transect	largeur (m)	hauteur (m)	granu (m)
1	18	0.05	0.15
		0.15	0.07
		0.22	0.05
		0.81	0.12
		1.00	0.00
2	15	0.07	0.08
		0.10	0.20
		0.50	0.12
		etc ...	etc ...

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Le "contrôle qualité" a posteriori : Quelques éléments permettent de repérer des problèmes techniques probables dans l'utilisation d'Estimhab, une fois le classeur rempli :

* les hauteurs et largeurs mesurées sont généralement supérieures au débit le plus fort. Si cela n'est pas le cas, il faut comprendre pourquoi ou remettre en cause les mesures.

* les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur au débit) ont généralement des valeurs de l'ordre 0.15 (0 à 0.3) pour la largeur (case S13 du classeur) et de l'ordre de 0.4 (0.2 à 0.6) pour la hauteur (case T13)

* les valeurs de hauteur et de largeur estimées au Q50 doivent être réalistes (cases B66, C66, D66). Le Froude à Q50 (case F66) est généralement entre 0 et 0.5.

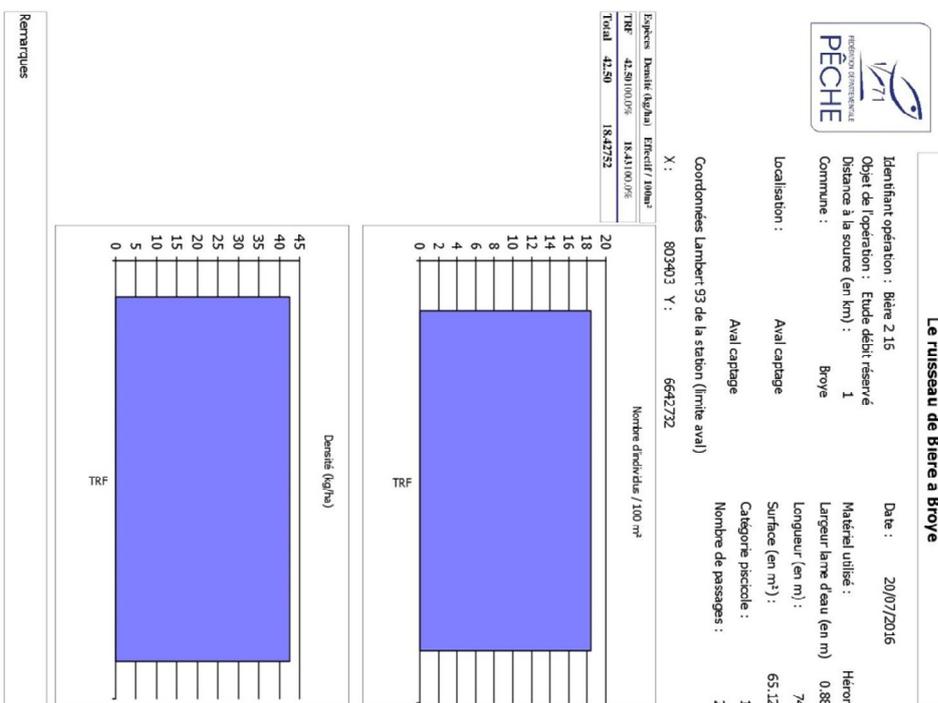
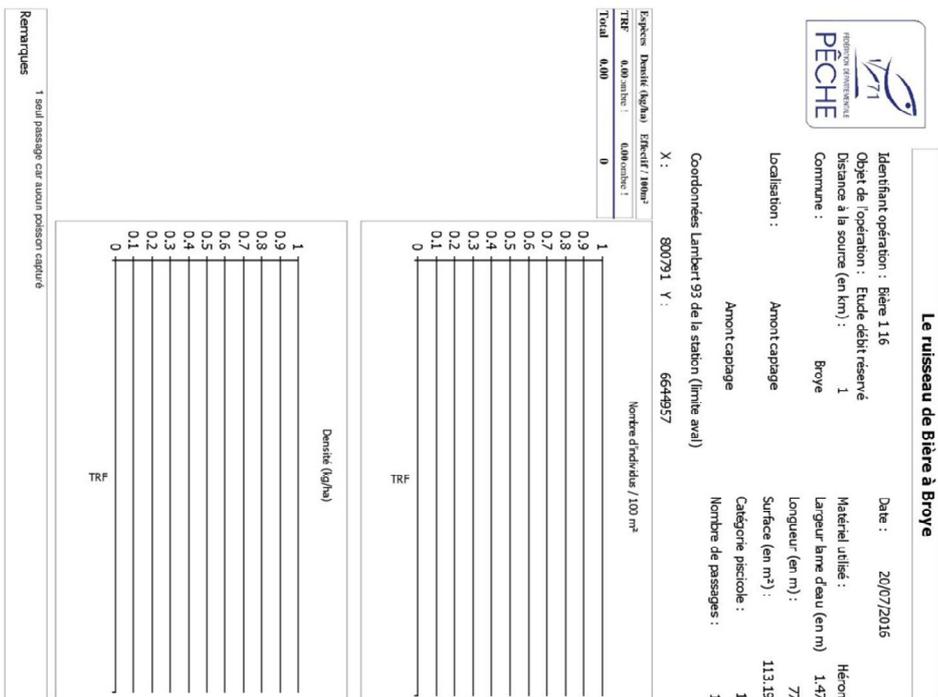
* Les photos des tronçons à chaque débit de mesures permettent d'identifier d'autres problèmes. La fourniture des données en annexe est nécessaire pour permettre des vérifications.

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le

Rançon et ses affluents.

CLASSE	ORDRE	Famille	Genre	Espèce	staté	N° Prieux																				total			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
INSECTES	PLECOPTERES	Mertoniidae	Pteronemura			3	30	1		5			10			21			7		1	78							
				Beetidae	Beetis	1	4						13	1		29	1		1		9		6	65					
	EPHEMEROPTERES	Heptageniidae	Ecdyonurus		1													8		1		1	3						
				Ephemeroidea	Serratella						1	3	1		1					1		1	1	1	18				
	TRICHOPTERES	Pisicidae	Pisicidae	Phaenocarpa																									
				Phaenocarpa	Phaenocarpa	2																							
	COLEOPTERES	Eurytomidae	Eurytomidae	Limnius																1					1	1			
				Hydrophilidae	Hydrophilidae	1																						2	
		Heteroptera	Vedidae	Microvelia																								1	
DIPTERES	Chironomidae	Chironomidae			30	28	128	3	1	3	1	1	25	2	20	60	1	66	5	3	3	10		3	1	153			
																												3	
																												2	
																												4	
																												11	
																												55	
																												3	
																													1
																													1
																													1
COGNATES	Cordulegasteridae	Cordulegaster	(identifié)												1											1			
AMPHIRODES	Gammarelia	Gammarelia		12	17	3	2	10	2	4	4	17		2	22	1	2	5	8	9		1	1	1	12	130			
OLIGOCHETES	oligo	oligo		2	1	2	7	5	1	3	4	1		6	5		3	1		3		3		3	5	52			
																										205			

Annexe 22 : Données brutes des pêches électriques du Rançon et ses affluents.



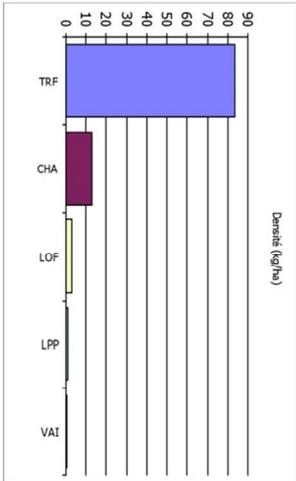
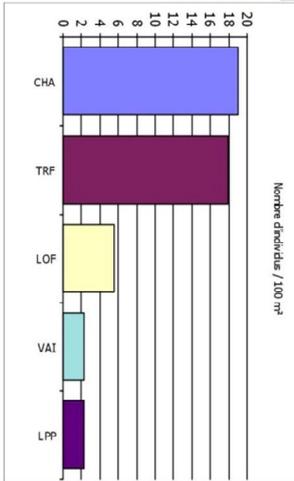


Le ruisseau de la Forêt aux Merles à Broye

Identifiant opération : Forêt aux Merles 1.16
 Date : 20/07/2016
 Object de l'opération : Etude débit réservé
 Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 4
 Largeur lame d'eau (en m) : 1.49
 Commune : Broye
 Longueur (en m) : 60
 Localisation : Saint Guinoc
 Surface (en m²) : 89.4
 Saint Guinoc
 Catégorie piscicole : 1
 Nombre de passages : 2

Coordonnées Lambert 93 de la station (limite aval)
 X : 802336 Y : 6643511

Espèces	Densité (q/ha)	Efficacité/100m²
CHA	1270	12.6%
LOF	320	3.2%
LPP	830	8.3%
TRF	8630	83.0%
VAI	0.40	0.4%
Total	100.60	46.07987



Remarques

*Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
 « Bières aval lointain »*

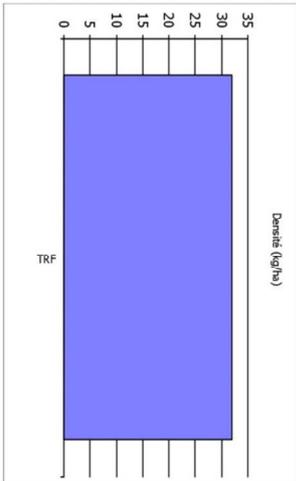
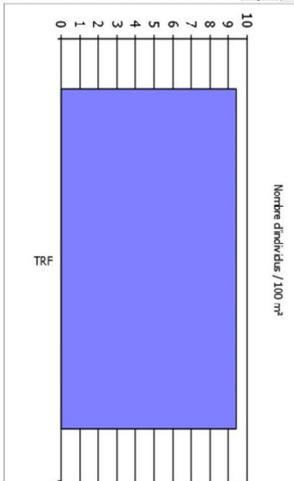


Le ruisseau des Vernes de Lyre à Broye

Identifiant opération : Vernes de Lyre 1.16
 Date : 27/07/2016
 Object de l'opération : Etude débit réservé
 Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 1
 Largeur lame d'eau (en m) : 1.7
 Commune : Broye
 Longueur (en m) : 50
 Localisation : Vernes de Lyre
 Surface (en m²) : 85
 Armont captage
 Catégorie piscicole : 1
 Nombre de passages : 2

Coordonnées Lambert 93 de la station (limite aval)
 X : 798924 Y : 6644851

Espèces	Densité (q/ha)	Efficacité/100m²
TRF	32.00	100.0%
Total	32.00	9.411765



Remarques

*Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
 « Vernes de Lyre amont »*



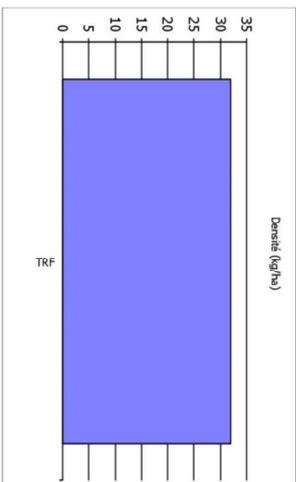
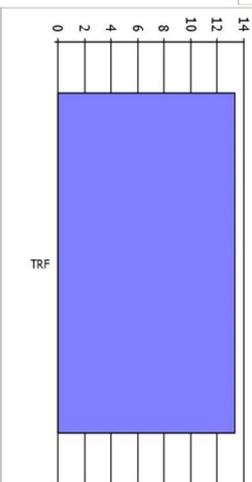
Le ruisseau des Vernes de Lyre à Broye

Identifiant opération : Vernes de Lyre 2.16 Date : 27/07/2016
 Object de l'opération : Etude débit réservé Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 1 Largeur lame d'eau (en m) : 0.5
 Commune : Broye Longueur (en m) : 30
 Localisation : Vernes de Lyre Surface (en m²) : 15
 Aval captage : Nombre de passages : 1
 Catégorie piscicole : 2
 Cordonnées Lambert (93 de la station (lirite aval))

X : 799007 Y : 6644857

Especies	Densité (kg/ha)	Efficacité /100m²
TRF	32.00	13.333333
Total	32.00	13.333333

Nombre d'individus / 100 m²



Remarques

Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
 « Vernes de Lyre aval »



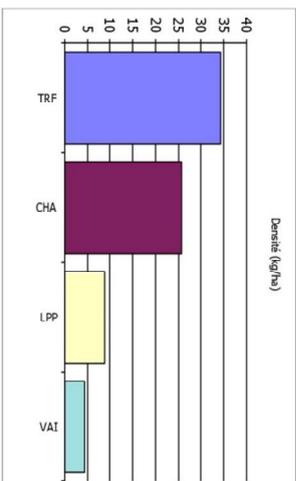
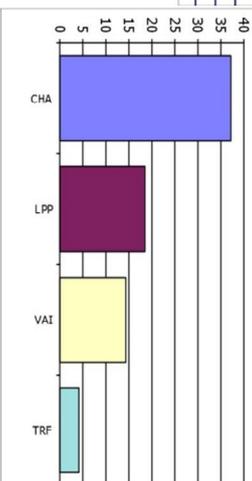
Le ruisseau de la Papeterie à Broye

Identifiant opération : Papeterie BV Rançon 2 Date : 20/07/2016
 Object de l'opération : Etude débit réservé Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 4 Largeur lame d'eau (en m) : 1.7
 Commune : Broye Longueur (en m) : 57
 Localisation : Préau Surface (en m²) : 96.9
 Préau : Nombre de passages : 1
 Catégorie piscicole : 2
 Cordonnées Lambert (93 de la station (lirite aval))

X : 7999657 Y : 6644090

Especies	Densité (kg/ha)	Efficacité /100m²
CHA	25.70	37.15
LPP	8.90	18.59
TRF	34.20	4.11
VAI	4.30	19.84
Total	73.10	74.30341

Nombre d'individus / 100 m²



Remarques

Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
 « Vernes de Lyre aval lointain »

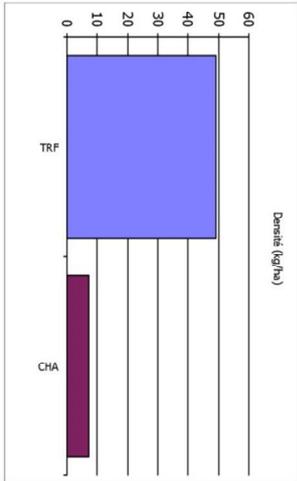
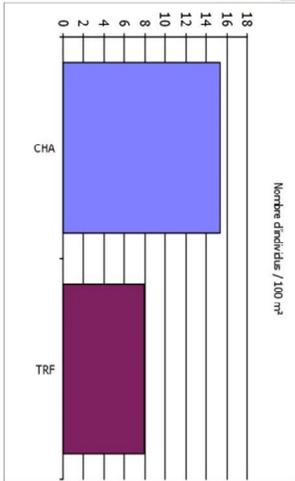


Le Rançon à Marmagne

Identifiant opération : Rançon 3 16
 Date : 21/07/2016
 Objectif de l'opération : Etude débit réservé
 Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 10
 Largeur lame d'eau (en m) : 58
 Commune : Marmagne
 Longueur (en m) : 83
 Localisation : Pont d'Ajeux
 Surface (en m²) : 4814
 amont du captage
 Catégorie piscicole : 1
 Nombre de passages : 2

Coordonnées Lambert 93 de la station (limite aval)
 X : 803507 Y : 6642734

Espèces	Densité (kg/ha)	Efficacité/100m²
CHA	7,10	12,6%
TRF	49,20	87,4%
Total	56,30	100,0%



Remarques

Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
 « Rançon amont »

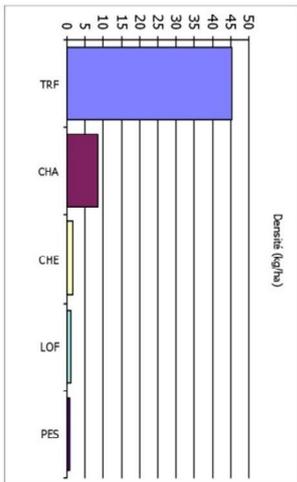
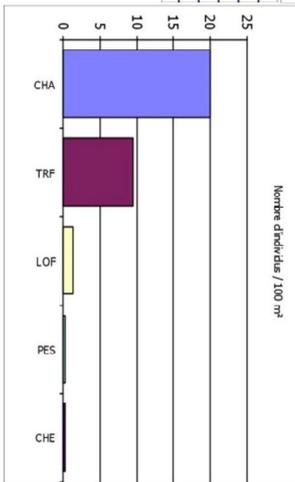


Le Rançon à Marmagne

Identifiant opération : Rançon 4 16
 Date : 21/07/2016
 Objectif de l'opération : Etude débit réservé
 Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 10
 Largeur lame d'eau (en m) : 3,6
 Commune : Marmagne
 Longueur (en m) : 85
 Localisation : Pont d'Ajeux
 Surface (en m²) : 306
 aval du captage
 Catégorie piscicole : 1
 Nombre de passages : 2

Coordonnées Lambert 93 de la station (limite aval)
 X : 803403 Y : 6642732

Espèces	Densité (kg/ha)	Efficacité/100m²
CHA	8,60	14,9%
TRF	1,20	2,1%
LOF	0,80	1,4%
PES	45,30	78,6%
Total	57,60	100,0%



Remarques

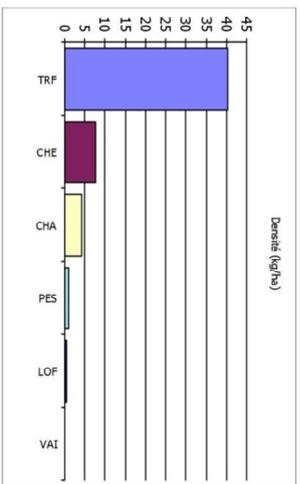
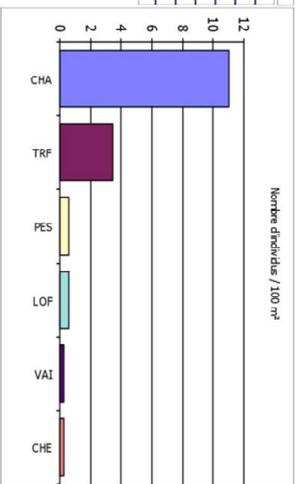
Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
 « Rançon aval »



Le Rançon à Broye

Identifiant opération : Rançon 5 16
 Date : 22/07/2016
 Object de l'opération : Etude débit réservé
 Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 12
 Largeur lame d'eau (en m) : 4,3
 Commune : Broye
 Longueur (en m) : 80
 Localisation : Les Cloux
 Surface (en m²) : 344
 Aront confluence Rau de Fontaine Mollaine
 Catégorie piscicole : 1
 Cordonnées Lambert 93 de la station (lirite aval)
 Nombre de passages : 1
 X : 802336 Y : 6643511

Espèces	Densité (kg/ha)	Efficacité /100m ²
CHA	4,30	8,0%
CHE	7,60	14,1%
LOF	0,60	1,1%
PES	1,60	1,0%
TRF	40,30	74,9%
VAI	0,60	0,0%
Total	55,00	16,2%



Remarques

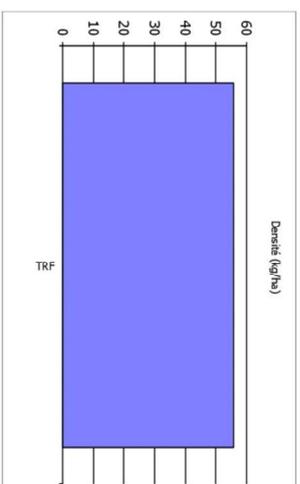
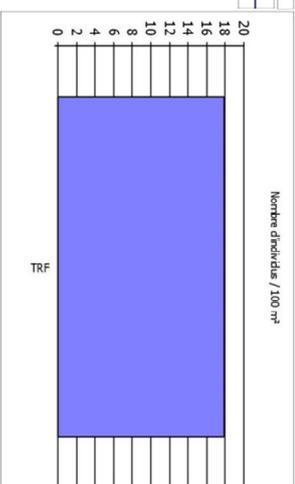
Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station « Rançon aval lointain »



Le ruisseau de Fontaine Mollaine à Autun

Identifiant opération : Fontaine Mollaine 1 15
 Date : 21/07/2016
 Object de l'opération : Etude débit réservé
 Matériel utilisé : Héron
 Distance à la source (en km) : 1
 Largeur lame d'eau (en m) : 0,98
 Commune : Autun
 Longueur (en m) : 57
 Localisation : Montromble
 Surface (en m²) : 55,86
 Aront confluence Rau
 Catégorie piscicole : 1
 Cordonnées Lambert 93 de la station (lirite aval)
 Nombre de passages : 2
 X : 802698 Y : 6644077

Espèces	Densité (kg/ha)	Efficacité /100m ²
TRF	55,00	100,0%
Total	55,00	100,0%



Remarques

Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station « Ruisseau de Fontaine Mollaine amont »

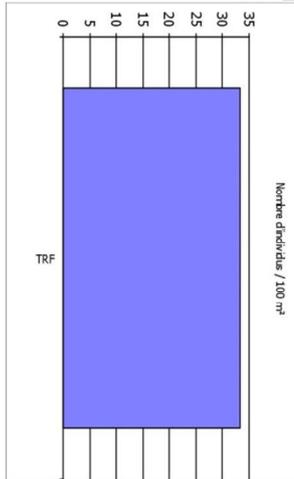


Le ruisseau de Fontaine Mollaine à Broye

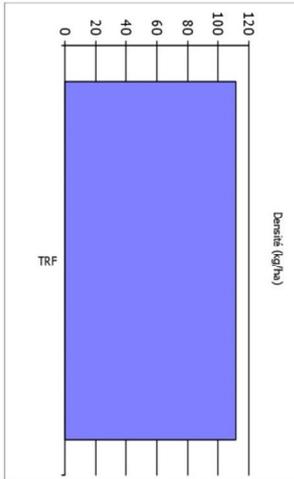
Identifiant opération : Fontaine Mollaine 2.15 Date : 27/07/2016
 Objet de l'opération : Etude débit réservé Héron
 Distance à la source (en km) : 2 Matériel utilisé :
 Commune : Broye Largeur lame d'eau (en m) : 1.02
 Localisation : Les Cloux Longueur (en m) : 50
 Surface (en m²) : 51
 Catégorie piscicole : 1
 Coordonnées Lambert 93 de la station (l'unité aval) Nombre de passages : 2
 X : 802353 Y : 6643577

Espèces	Densité (kg/ha)	Efficacité (100%)
TRF	111.80 (100%)	33.33 (100%)
Total	111.80	33.33

Nombre d'individus / 100 m²



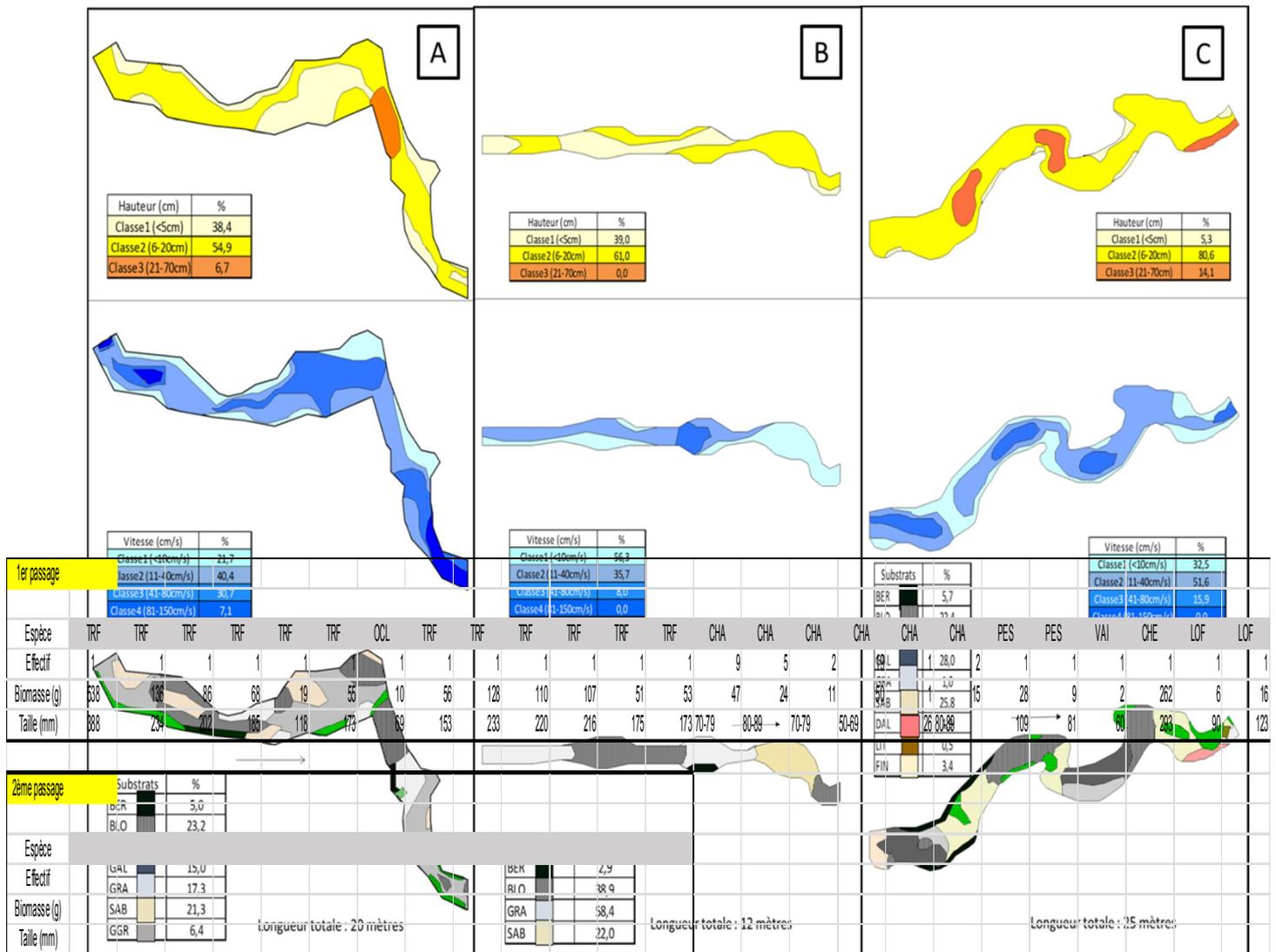
Densité (kg/ha)



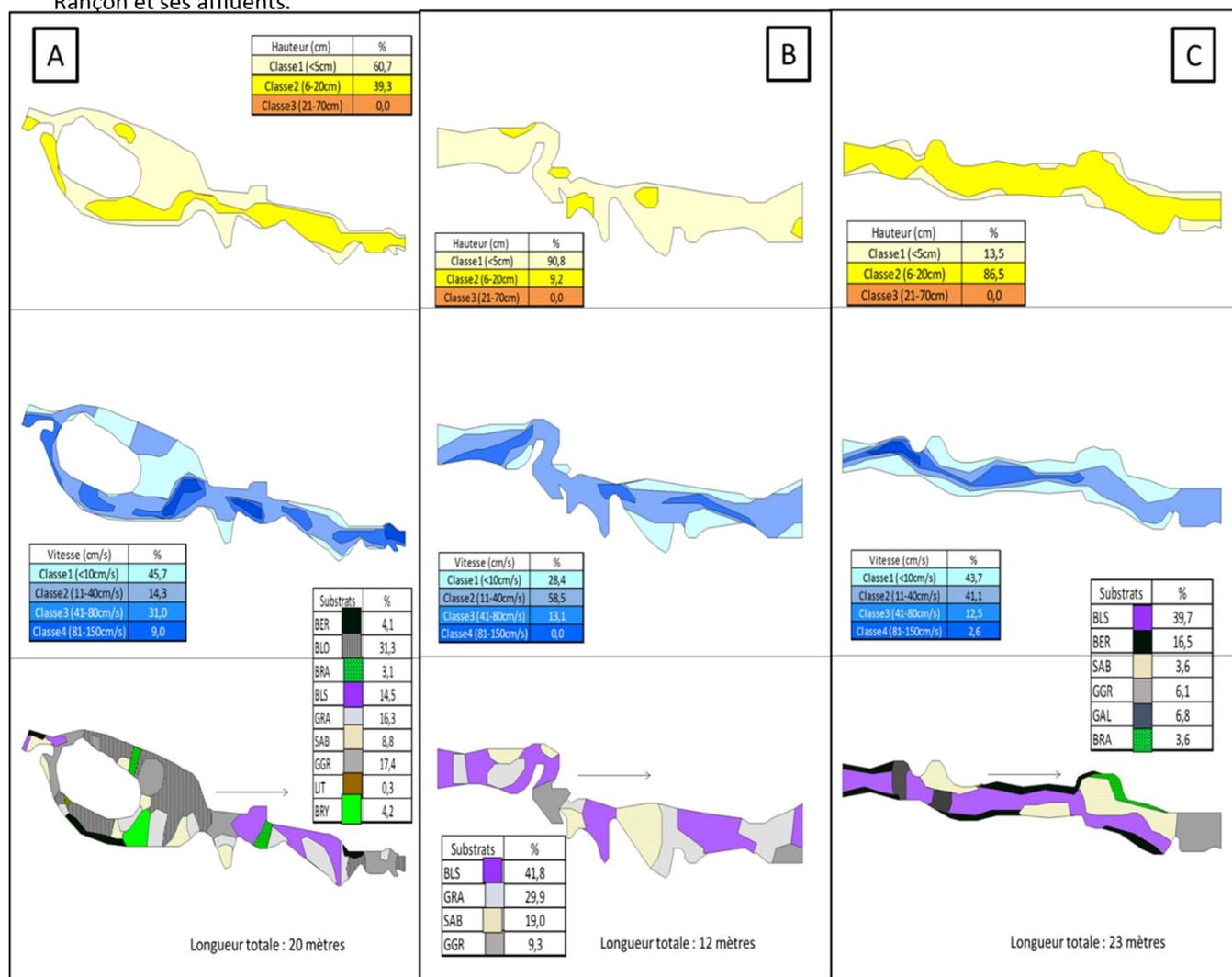
Remarques

*Résultats de l'inventaire piscicole réalisé sur la station
« Fontaine Mollaine aval »*

Annexe 23 : Cartographie IAM des stations étudiées dans le bassin du Rançon

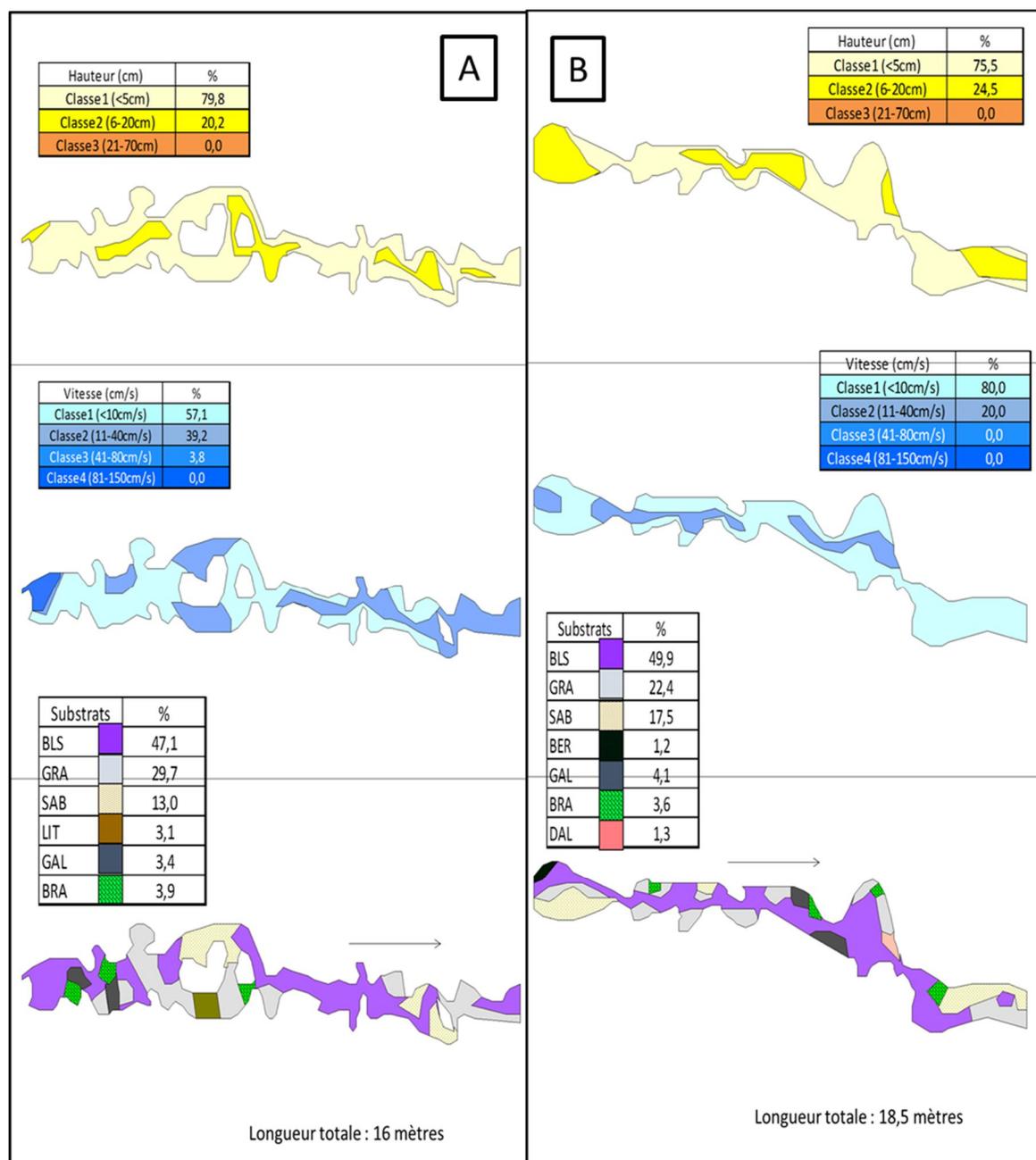


Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.



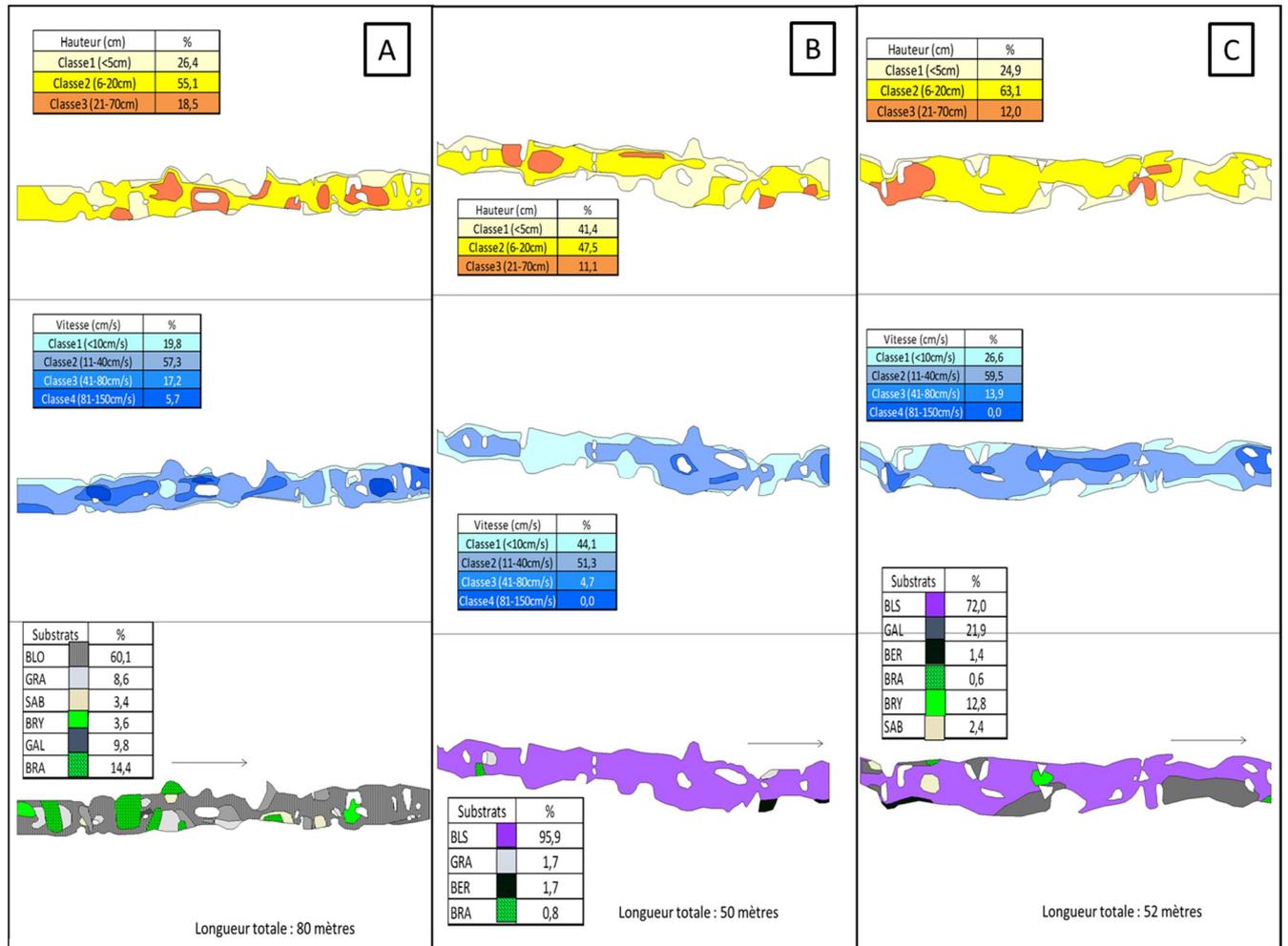
Annexe 23 : Carte des hauteurs d'eau, de vitesse et de substrats des stations du ruisseau de Bière. A) Station amont. B) Aval. C) Aval lointain. Source : MapInfo

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.



Annexe 23 : Carte des hauteurs d'eau, de vitesse et de substrats des stations du ruisseau de Fontaine Mollaine. A) Station amont. B) Aval. Source : MapInfo

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.



Annexe 23 : Carte des hauteurs d'eau, de vitesse et de substrats des stations du ruisseau du Rançon. A) Station amont. B) Aval. C) Aval lointain. Source : MapInfo

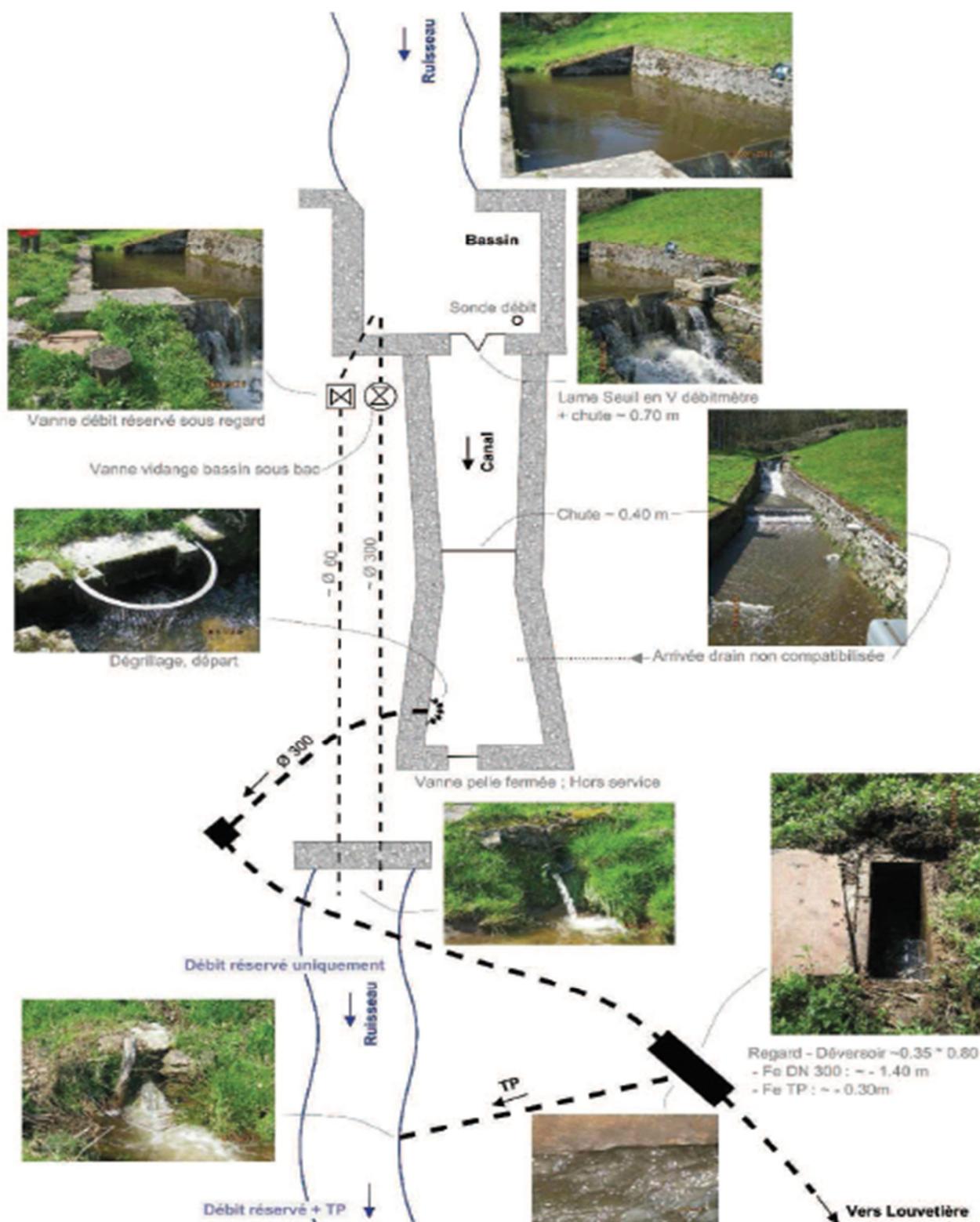
Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le Rançon et ses affluents.

Annexe 24 : résultats des analyses d'eau de surface des paramètres physico-chimiques

Ruisseau	Station	Paramètres physico-chimiques												
		pH (unité pH)	Conductivité (à 25°C en µS/cm)	Turbidité (NFU)	MEST (mg/L)	DCO (mgO ₂ /L)	DBO ₅ (mgO ₂ /L)	Ammonium (mgNH ₄ /L)	Azote Kjeldahl (mgN/L)	Nitrates + Nitrites (mg/L)	Azotes total (mgN/L)	Phosphore total (mgP/L)	Fer total (mgFe/L)	Titre hydrotimétrique (°F)
Classes d'aptitude à la biologie selon le SEQ-Eau (version 2)														
Vernes de Lyre	Aval	7,6	77	2,38	29	31	1	0,02	0,7	3,6	1,5	0,08	0,776	3,5
Vernes de Lyre	Aval Lointain	7,3	77	1,75	3	< 30	0,7	0,02	< 0,5	3,2	0,7	0,05	0,43	4
Bière	Aval	7,3	58	1,31	14	< 30	0,7	0,03	< 0,5	3,1	0,7	0,04	0,38	4
Bière	Aval Lointain	7,4	73	2,24	7	< 30	0,6	0,02	< 0,5	4,1	0,9	0,03	0,521	4
Rançon	Aval	7,3	78	1,28	< 2	30	0,7	< 0,01	0,6	1,5	< 1	0,02	0,261	3,3
Rançon	Aval Lointain	7,4	89	2,32	17	< 30	< 0,5	0,01	0,5	3,4	1,3	0,04	0,416	4
Fontain Mollaine	Aval	7,4	90	0,53	37	< 30	1	< 0,01	0,6	9,2	2,7	0,02	0,35	4
Fontain Mollaine	Amont	7,1	102	0,54	329	42	< 0,5	0,01	< 0,5	11,5	2,6	0,02	0,263	6
Classes de qualité chimique selon Nisbet & Verneaux (1970)														
Vernes de Lyre	Aval	classe n°4 (neutralité approché)	classe n°3 (minéralisation faible, typique des ruisseaux et petites rivières)		classe3 (bonne production piscicole)	classe 1 (situation normale)	classe 1 (situation normale)							Eau douce
Vernes de Lyre	Aval Lointain				classe 1 (très bonne prod. Pisc.) Normale									
Bière	Aval				classe 2 (très bonne prod. Pisc.) Normale									
Bière	Aval Lointain				classe 1									
Rançon	Aval				classe 1									
Rançon	Aval Lointain				classe 2									
Fontain Mollaine	Aval				classe3									
Fontain Mollaine	Aval Lointain				classe 7 (prod. Pisc. Faible à très faible) Anormale									

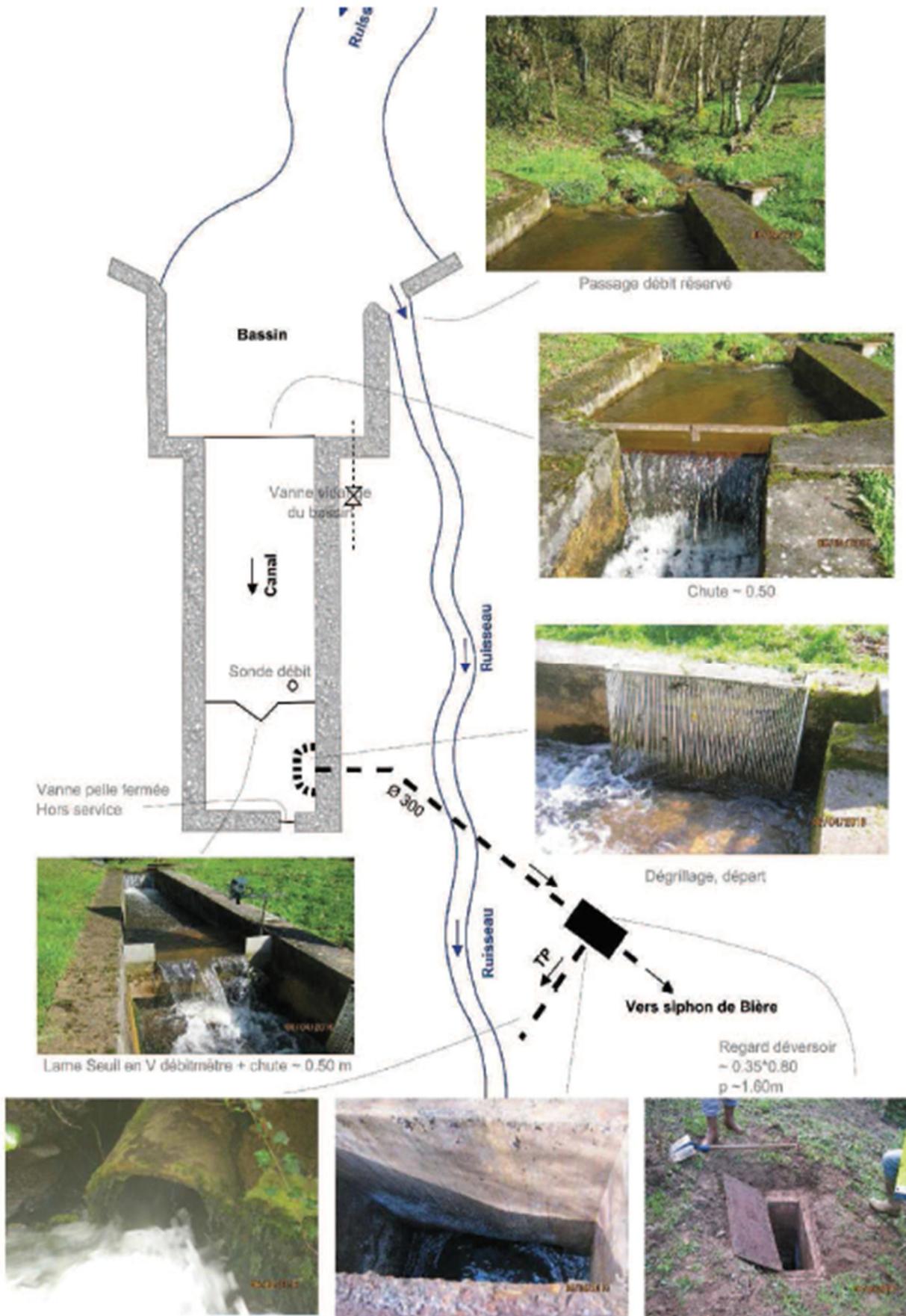
Annexe 23 : Tableau des résultats des analyses physico-chimiques des ruisseaux étudiés dans le bassin du Rançon. Comparés aux valeurs du SEQ-Eau, puis aux valeurs de Nisbet&Verneaux.

Annexe 25 : Schémas des installations de captage d'eau potable implanté sur les cours d'eau du bassin du Rançon (ARTELIA et CUCM 2016).

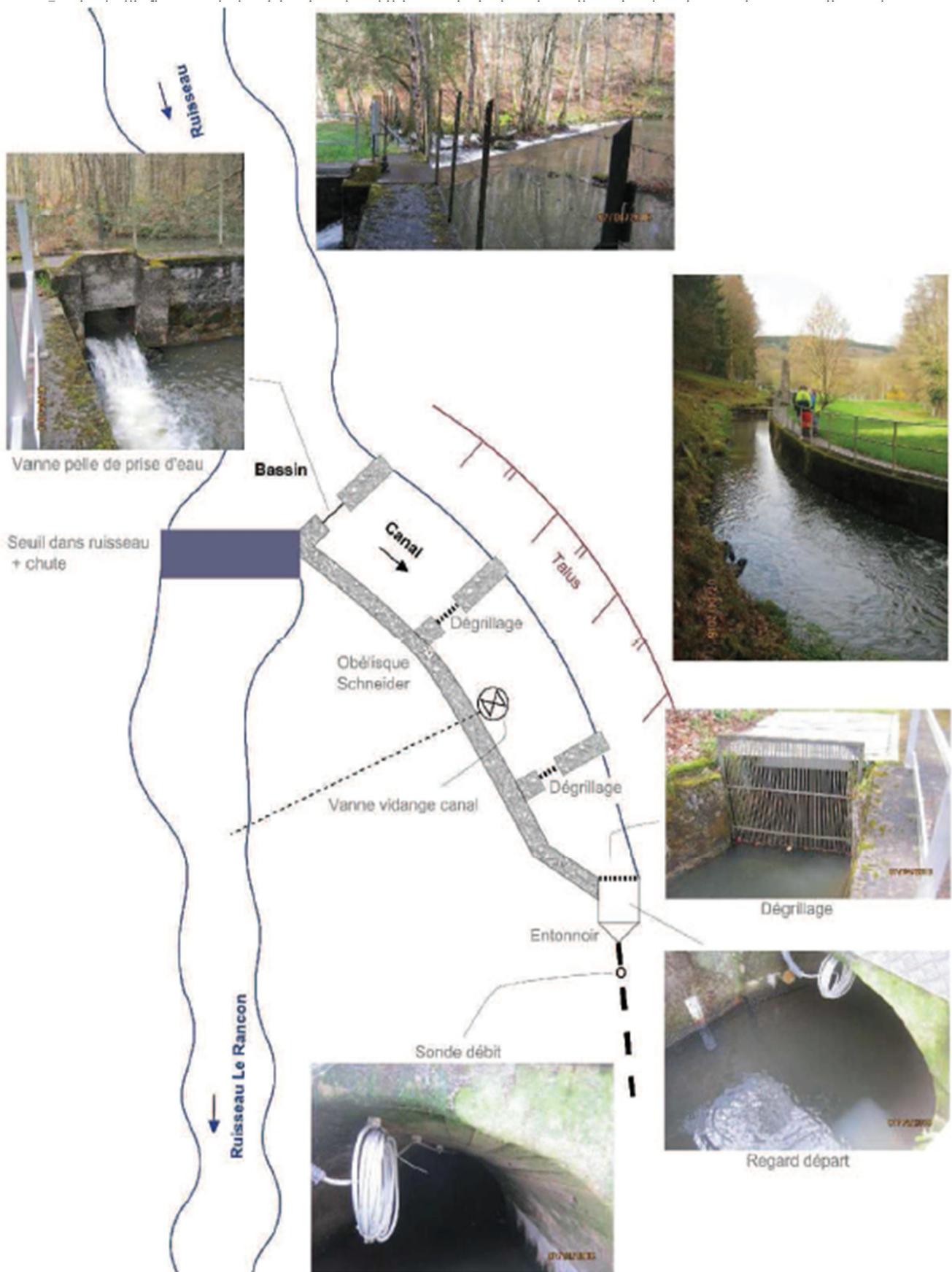


Annexe 24 : Schéma captage des Vernes de Lyre et le déversoir aval (CUCM & Artélia 2016).

Etude de l'influence de la réduction des débits au droit de prises d'eau implantées sur les cours d'eau : le

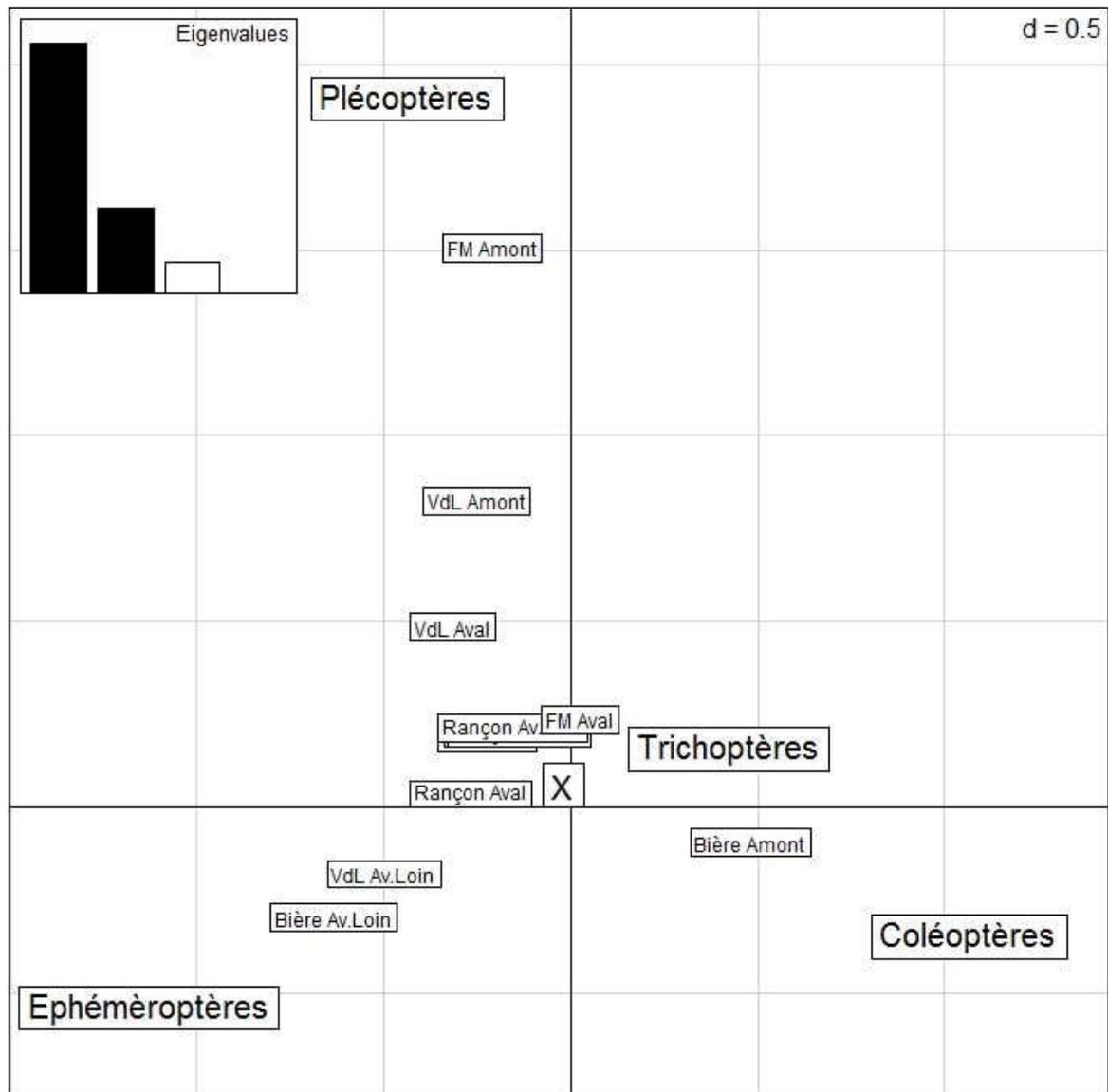


Annexe 25 : Captage de Bière et son déversoir ava (CUCM & Artélia 2016).I

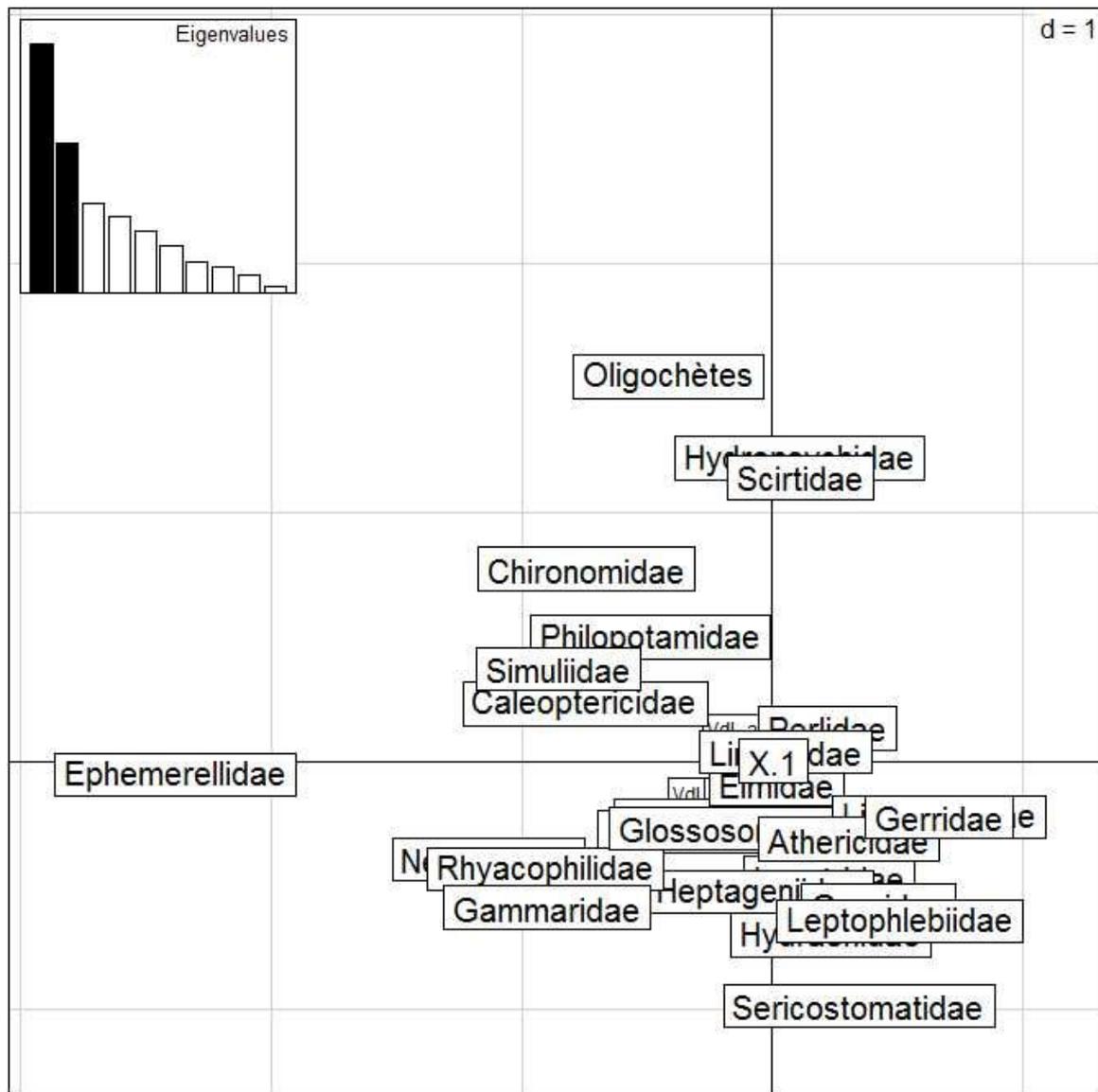


Annexe 25 : Captage du Rançon au niveau de Pont d'Ajoux (CUCM & Artélia 2016).

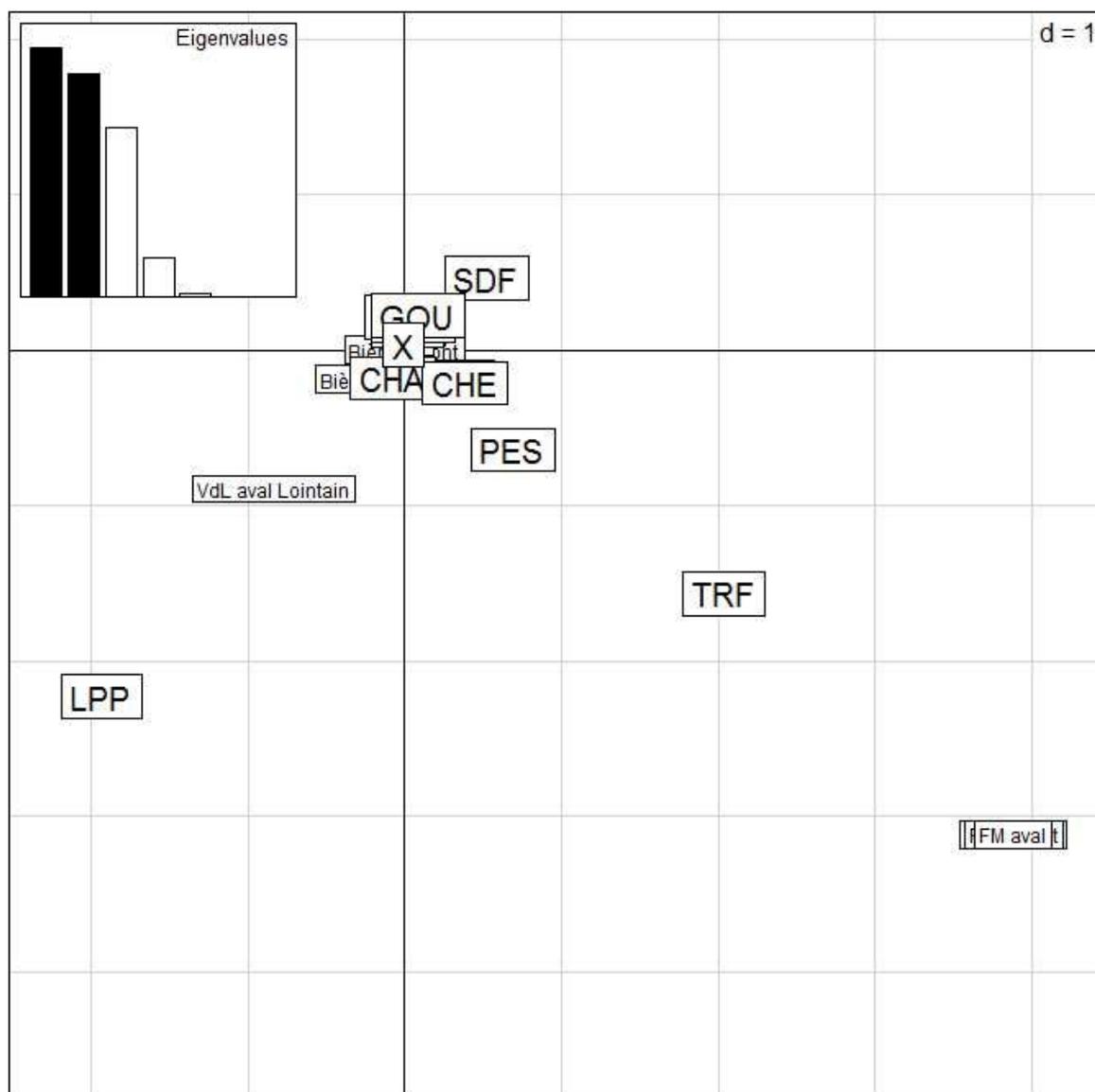
Annexe 26 : ACF des peuplements macrobenthiques et piscicoles des stations étudiées



Annexe 25 : ACF des TEP des stations étudiées dans le bassin du Rançon



Annexe 26 : ACF des taxons en abondance significative des stations étudiées dans le bassin du Rançon



Annexe 26 : ACF du peuplement piscicole des stations étudiées dans le bassin du Rançon