

# RÉSULTATS DE L'ÉTUDE ÉCO-GÉOMORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE DE L'ANNEXE HYDRAULIQUE D'UNIAS

Suivi de la reproduction du brochet (février à mai 2020)

*Licence professionnelle MAEP*

*Mention : Aménagement du territoire et urbanisme*

*Spécialité : Chargé de projets Milieux Aquatiques et Eaux Pluviales*

UNIVERSITÉ  
LUMIÈRE  
LYON 2  
UNIVERSITÉ DE LYON

La Région   
Auvergne-Rhône-Alpes

  
FÉDÉRATION DÉPARTEMENTALE  
PÊCHE

Examineurs :

Mme. LALUC Mélanie, Enseignante vacataire et directrice de projets chez GINGER Burgeap

M. NAVRATIL Oldrich, Enseignant chercheur

M. GRES Pierre, Responsable du service technique de la FDPPMA42

## Remerciements

Je remercie dans un premier temps la Fédération de la Loire (42) pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de m'avoir permis de réaliser l'intégralité de mon année d'étude au sein de sa structure. J'adresse ma gratitude à l'ensemble de ses salariés pour leur sympathie, leur bienveillance et leur bonne humeur quotidiennes, qui m'ont permis d'évoluer dans des conditions de travail favorables à la réussite de mon parcours.

J'exprime ma reconnaissance à M. MURGE Éric, directeur de la Fédération, pour m'avoir laissé la liberté quant au choix de mon projet. Celui-ci va considérablement contribuer à l'acquisition de nombreuses compétences et connaissances en hydrobiologie qui rentrent directement dans mes perspectives d'avenir professionnel.

Je tiens tout particulièrement à remercier M. GRES Pierre, responsable du pôle technique et M. SCARAMUZZI Mathieu, technicien, pour leur confiance et leur accompagnement perpétuels. Leur pédagogie et leurs excellentes connaissances scientifiques et techniques m'ont permis d'aborder et de prendre en main mon sujet dans les meilleures dispositions possibles.

Je tiens également à remercier M. NAVRATIL Oldrich, enseignant chercheur à l'Université Lumière LYON 2, pour les précieux conseils et précisions apportés quant à la réalisation de ce rapport ; ainsi que Mme. LALUC Mélanie, directrice de projets chez GINGER BURGEAP et enseignante vacataire en hydrobiologie à l'Université Lumière LYON 2, de faire partie de mon jury d'examen.

# Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objet de l'étude :</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Contexte</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Échelle du bassin versant :</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2 Échelle départementale :</b> .....	<b>3</b>
2.2.3 Activités/occupation des sols : .....	3
2.2.4 Le fleuve Loire : .....	4
2.2.5 Environnement : .....	4
<b>2.3 Problématiques majeures du secteur d'étude :</b> .....	<b>4</b>
<b>2.4 L'annexe hydraulique d'Unias, site d'étude :</b> .....	<b>5</b>
2.4.1 Attractivité des annexes hydrauliques : .....	6
<b>3. Rappel succinct de la méthodologie de l'étude</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Période de l'étude :</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 Protocole d'étude :</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Résultats</b> .....	<b>8</b>
<b>4.1 Étude hydraulique et hydrologique :</b> .....	<b>8</b>
4.1.1 Hydrologie du bassin versant : .....	8
4.1.2 Hydrologie du secteur d'étude : .....	9
4.1.2.1 Analyse globale : .....	9
4.1.3 Conditions hydrauliques : .....	9
4.1.3.1 Remarque : .....	9
4.1.3.2 Analyse : .....	10
<b>4.2 Études environnementales et morphologique :</b> .....	<b>11</b>
4.2.1 Végétation : .....	11
4.2.1.1 Remarque : .....	11
4.2.1.2 Analyse : .....	11
4.2.2 Bathymétrie : .....	11
4.2.2.1 Analyse : .....	11
4.2.3 Composition géomorphologique de l'annexe : .....	12
4.2.3.1 Analyse : .....	12
4.2.4 Profil topographique : .....	12
4.2.4.1 Analyse : .....	12
<b>4.4 Étude du zooplancton :</b> .....	<b>13</b>

4.4.1 Remarque : .....	13
4.4.2 Analyse : .....	14
<b>4.5 Étude des macroinvertébrés benthiques : .....</b>	<b>14</b>
4.5.1 Analyse : .....	14
<b>4.6 Inventaires piscicoles : .....</b>	<b>15</b>
4.6.1 Prospection géniteurs : .....	15
4.6.1.1 Remarque : .....	16
4.6.1.2 Analyse : .....	16
4.6.2 Pêche à l'électricité : .....	16
4.6.2.1 Analyse : .....	17
4.6.3 Suivi capture : .....	17
4.6.3.1 Remarque : .....	17
4.6.3.2 Analyse : .....	17
<b>5. Limites techniques et impact de l'épidémie de COVID19 .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Conclusion et perspectives .....</b>	<b>19</b>
<b>6.1 Modes de gestions et actions imaginables : .....</b>	<b>20</b>

## 1. Introduction

Poisson carnassier emblématique des eaux calmes métropolitaines, le Brochet (*Esox lucius*), est implanté sur la quasi-totalité du réseau hydrographique français. Classé comme « vulnérable » sur la liste rouge des espèces en danger (I.U.C.N.), la régression des populations de ce véritable indicateur de la qualité biologique et physique des contextes cyprinicoles (VERNEAUX, 1981) s'explique principalement par l'anthropisation des milieux, qui a eu pour conséquence la dégradation de ses habitats et plus spécifiquement de ses zones de reproduction.

En effet, les bouleversements écologiques que rencontrent les cours d'eau ont considérablement impactés le cycle biologique de l'espèce qui dépend de nombreux facteurs : morphologie du cours d'eau (zones inondables), conditions hydrologiques favorables (phénomènes d'inondations, durées d'immersion), conditions environnementales (paramètres physico-chimiques, végétation, ressources alimentaires) ...

Concernant les préconisations d'actions pertinentes dans le cadre du Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) et des suivis de la qualité des milieux et de la dynamique des peuplements piscicoles, la Fédération a décidé d'actualiser les données sur l'une des annexes hydrauliques du fleuve Loire.

Les annexes hydrauliques, sous-ensembles de l'hydrosystème, adjacentes au lit principal, constituent de véritables réservoirs de biodiversité d'intérêt majeur : elles permettent l'expansion des crues ; la régulation des paramètres physico chimiques ; elles offrent aux populations piscicoles d'abondantes sources de nourriture, des zones de protection lors des crues et s'avèrent être des milieux propices à la reproduction de nombreuses espèces principalement phytophiles, notamment le Brochet.

Localisée dans la plaine du Forez sur la commune d'Unias, cette annexe hydraulique avait été catégorisée, par une étude antérieure, comme étant le site au plus fort potentiel départemental pour la reproduction d'*Esox lucius* via ses caractéristiques morphologiques et environnementales (SPATOLA, 2004).

Malgré l'intérêt du site, les perturbations que rencontre le fleuve et le manque de données récentes sur l'état de bon fonctionnement de l'annexe ne permettent pas de maintenir ce constat. A l'échelle du secteur d'étude, l'intensification progressive des activités humaines et des occupations des sols ont grandement modifié le fonctionnement du fleuve qui souffre principalement de plusieurs perturbations morphologiques et fonctionnelles mettant à mal sa diversité écologique (CEMAGREF, 1998 ; ARALEP, 2010 ; SOGREAH, 1996).

Le site d'étude est cerné par la présence des barrages de Grangent à son amont (environ 20 km) et de Villerest à son aval (environ 30 km). Le régime hydrologique du fleuve est fortement influencé par le fonctionnement en éclusées du barrage de Grangent qui engendre d'importantes fluctuations journalières des hauteurs d'eau en aval (ARALEP, 2010).

Des problématiques de connexion et de durée d'immersion sont ainsi observées dans les annexes hydrauliques latérales. L'interruption de la continuité sédimentaire a enclenché un phénomène d'érosion progressive induisant une incision généralisée du lit mineur. Ses écarts

topographiques, accentués par les extractions de matériaux alluvionnaires des années passées, ont amplifié les pertes de connectivités latérales entre le chenal principal et les annexes hydrauliques par un abaissement de la ligne d'eau (SOGREAH, 1996).

C'est donc l'espèce emblématique des cours d'eau français qui a vu ses populations particulièrement impactées par la dégradation des corridors fluviaux en lien notamment avec ces phénomènes de déconnexions, préjudiciables à l'accomplissement de son cycle biologique. La préservation des annexes hydrauliques semble alors primordiale en faveur de l'écosystème aquatique et de l'espèce Brochet qui a un rôle d'espèce parapluie. Cette préconisation intègre les actions prioritaires du SDAGE du Bassin Loire-Bretagne et du SAGE de la Loire en Rhône-Alpes.

### 1.1 Objet de l'étude :

- ❖ L'objectif principal de cette étude va être d'étudier et d'analyser le fonctionnement de l'annexe hydraulique d'Unias durant l'année 2020 et de mettre en évidence sa fonctionnalité pour la reproduction de l'espèce Brochet *via* ses préférendums biologiques.
- ❖ Des informations complémentaires sur la morphologie de l'annexe, ainsi que sur ses caractéristiques environnementales viendront actualiser les données et permettre d'observer son état actuel.
- ❖ Par la suite, d'éventuelles propositions d'actions et de gestions pourront être proposées afin de permettre l'intégration du programme « LIFE » de restauration morphologique du fleuve Loire, porté par le Conseil Départemental et initialement mis en place sur la Loire Forézienne.

## 2. Contexte

### 2.1 Échelle du bassin versant :

Avec une superficie d'environ 7500 km<sup>2</sup> soumise à un climat de type semi-continentale et montagnard, aux influences océaniques et méditerranéennes, le bassin versant du fleuve Loire immédiat au site d'étude, jalonne les départements de l'Ardèche (07), de la Haute-Loire (43), du Rhône (69), du Puy-de-Dôme (63) et de la Loire (42).

Plus naturel sur sa partie amont, il est fortement anthropisé sur sa partie aval, dans le département de la Loire, à proximité de la capitale Stéphanoise et notamment dans la plaine Forézienne.

Celle-ci est matérialisée par une importante concentration de plans d'eau de type gravières, laissant deviner l'activité d'extraction de matériaux alluvionnaires très représentée autrefois dans la plaine alluviale du fleuve, qui est aujourd'hui soumise à une importante activité agricole.

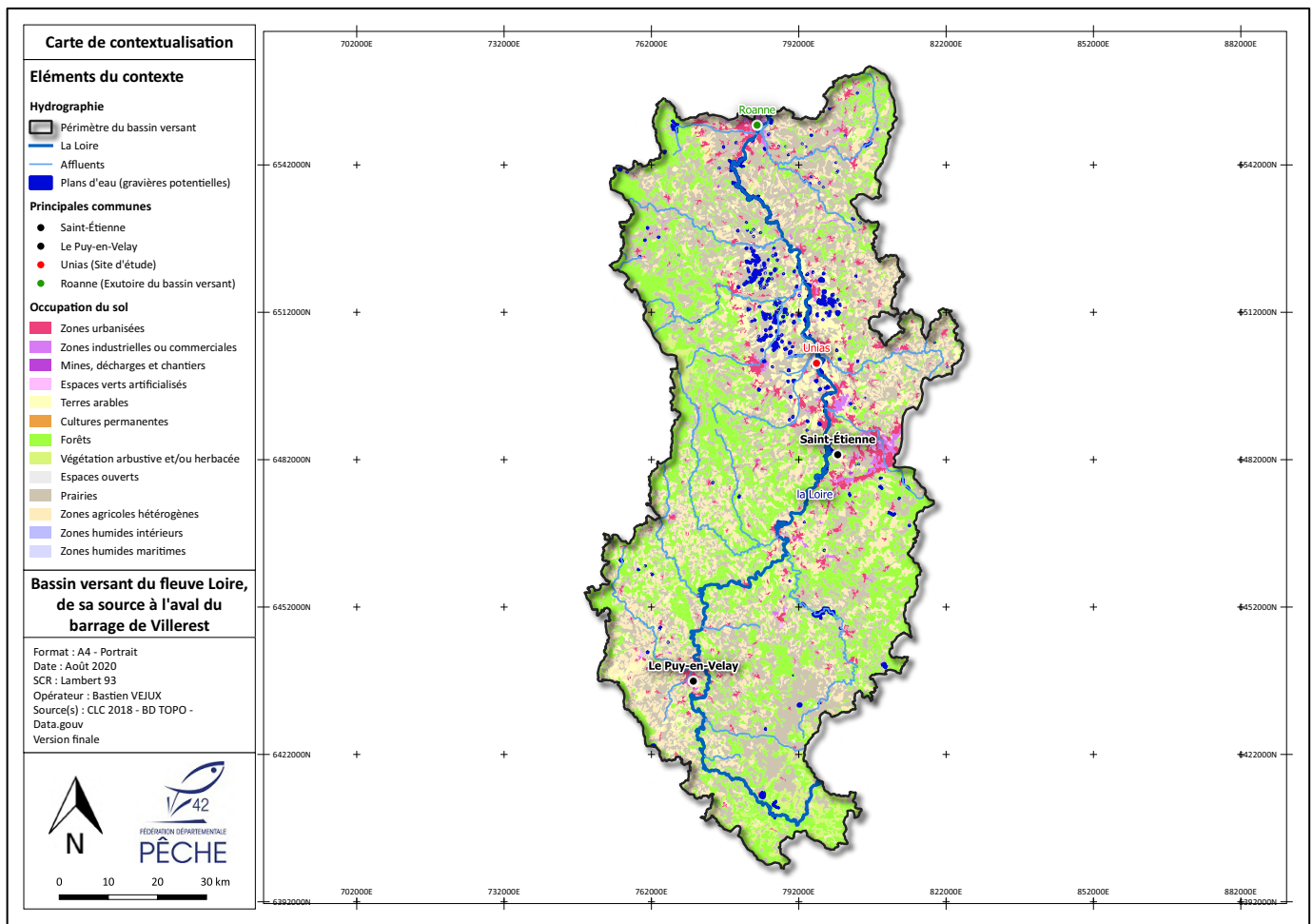


Figure 1 : Cartographie du contexte du bassin versant du fleuve Loire, de sa source à l'aval du barrage de Villerest (B. VEJUX)

(Voir annexe 3 : Cartographie du contexte géologique du secteur d'étude)

## 2.2 Échelle départementale :

La plaine du Forez est le plus grand bassin d'effondrement géologique du Massif Central à une altitude comprise entre 300 et 400 m. Elle est située au centre du département de la Loire (42) et bordée d'Est en Ouest par les Monts du Lyonnais et par les Monts du Forez.

### 2.2.3 Activités/occupation des sols :

Avec une localisation géographique proche de la ville de Saint Etienne (42), la plaine subit une dynamique démographique et socio-économique en pleine expansion. Territoire façonné par l'homme, plusieurs centaines de plans d'eau ont vu le jour du 13<sup>ème</sup> au 19<sup>ème</sup> siècle en lien avec la production piscicole qui constituait une des grandes activités du secteur. Des années 1950 à 1986, c'est l'activité des carrières de granulats qui est fortement représentée avec plusieurs millions de tonnes de matériaux alluvionnaires extraits du fleuve Loire. Les terres fertiles de la plaine ont favorisé le développement et l'intensification de l'agriculture, très largement illustrée par des grandes cultures céréalières (principalement du maïs) et l'élevage bovin qui occupent aujourd'hui environ 70% de la surface totale.

## 2.2.4 Le fleuve Loire :

Le fleuve traverse le département de la Loire (42) du Nord au Sud sur un linéaire de 127 km. Principale ressource en eau du département, la Loire est sollicitée pour ses capacités hydroélectriques avec l'implantation de deux grands barrages (Grangent 1957, Villerest 1984) qui ont considérablement impacté l'hydrologie et la dynamique fluviale du secteur. Ses grandes problématiques ont favorisé un phénomène d'abaissement de la ligne d'eau perturbant l'écosystème du fleuve et entraînant la déconnexion de ses milieux annexes.

## 2.2.5 Environnement :

Inscrite dans le cadre de deux politiques environnementales : le réseau Natura 2000 et le schéma départemental des milieux naturels du département de la Loire, la plaine est un véritable réservoir de zones humides. Ces milieux d'importance écologique majeure sont associés à une diversité d'espèces floristiques et faunistiques remarquables. Le fleuve, quant à lui, est classé en cours d'eau de deuxième catégorie piscicole. L'abaissement des vitesses de courant entre les barrages de Grangent et de Villerest a permis le développement et l'implantation d'un cortège d'espèces piscicoles d'eau lenticule (Gardon *Rutilus rutilus*, Carpe *Cyprinus carpio*, Silure *Silurus glanis*...) (CEMAGREF, 1998).

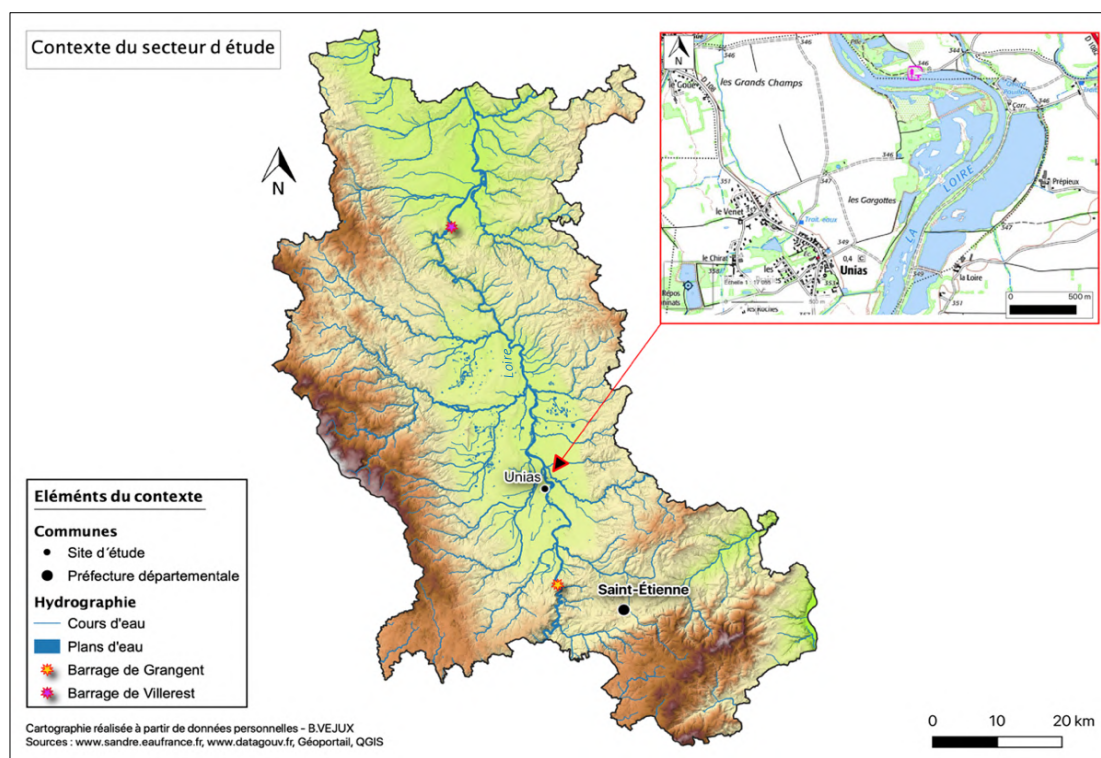


Figure 2 : Cartographie de localisation du site d'étude (B. VEJUX)

## 2.3 Problématiques majeures du secteur d'étude :

Le développement et l'intensification des activités anthropiques de manière progressive ont modifié le territoire, ses paysages, ses usages et par la même occasion ont détérioré son fonctionnement. A travers ses modifications, des problématiques majeures se singularisent



comme étant de véritables facteurs d'altération du fonctionnement de l'ensemble du réseau hydrographique du bassin versant, notamment de son entité principale qu'est le fleuve Loire :

- Extractions alluvionnaires : Activité largement répandue par le passé, c'est plusieurs millions de tonnes de matériaux sédimentaires qui ont été extraits de la plaine alluviale du fleuve occasionnant d'importants dysfonctionnements notables : abaissement de la ligne d'eau, incisions progressives et régressives, écarts topographiques, déconnexions des milieux annexes (SOGREAH, 1996).
- Ouvrages hydrauliques : La création de grands barrages, dans le but de protéger les populations des crues et de produire de l'électricité, a considérablement impacté le fonctionnement du fleuve : interruption du continuum écologique et sédimentaire, incision du lit du fleuve, abaissement de la ligne d'eau, instabilité hydrologique (marnages), réduction de l'espace de bon fonctionnement du fleuve, érosion de la diversité écologique (pertes d'habitats par phénomène de déconnexions) (ARALEP, 2010).
- Pratiques agricoles : Activités fortement représentées à l'échelle du bassin versant, occasionnant également d'importants dysfonctionnements : demande en eaux importantes, pompes dans les nappes, problématiques d'intrants de types pesticides ou matières organiques altérant les paramètres physico-chimiques des cours d'eau (augmentation des matières azotées et phosphorées et donc du développement algal = dystrophisation) (CEMAGREF, 1998).

## 2.4 L'annexe hydraulique d'Unias, site d'étude :

Intégrée à un contexte agricole de grandes cultures et localisée en rive gauche de la Loire, cette ancienne zone d'extraction de minéraux laisse entrevoir d'anciennes gravières, aujourd'hui destinées à la pêche par les propriétaires privés.

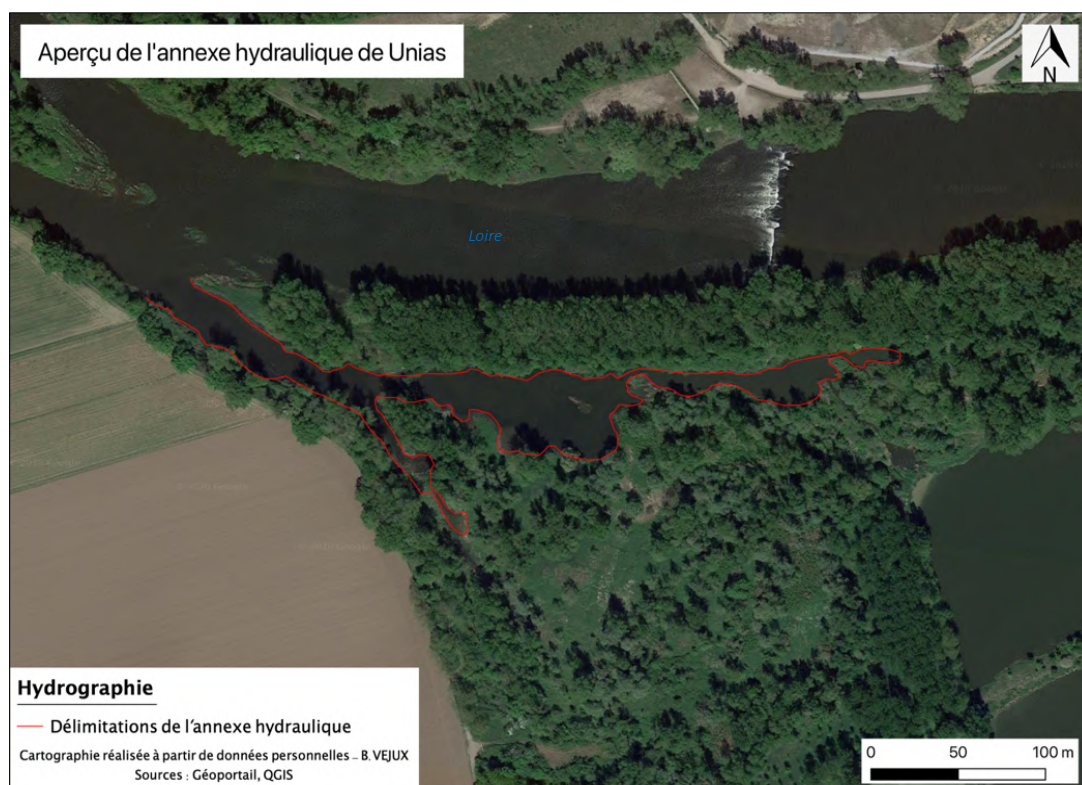


Figure 3 : Cartographie de l'annexe hydraulique d'Unias (B. VEJUX)

Matérialisé à son amont par un seuil en pierre, ce vaste milieu humide, herbacé à tendance arborée riche en biodiversité sur plus de 50000 m<sup>2</sup>, est recensé en espace naturel sensible du département et intègre le réseau Natura 2000 en lien avec la présence de nombreuses espèces d'oiseaux protégées. Sa bonne connexion aval avec le fleuve et sa diversité floristique offrent aux populations piscicoles d'importantes sources de nourriture mais aussi des zones de refuges lors des épisodes de crues.

D'après une étude antérieure, l'annexe se distingue par ses caractéristiques environnementales favorables à la reproduction de nombreuses espèces à caractère phytophile et notamment le Brochet (SPATOLA, 2004).

#### 2.4.1 Attractivité des annexes hydrauliques :

De par leurs qualités environnementales remarquables, les annexes hydrauliques constituent des zones privilégiées pour la reproduction du Brochet (CHANCEREL, 2003).

Ces milieux d'eaux stagnantes à faible profondeur permettent l'atteinte de valeurs thermiques supérieures plus précocement que dans le lit mineur, ainsi que d'autres facteurs biotiques et abiotiques favorables aux géniteurs et aux différents stades de développement des juvéniles :

- Conditions physico-chimiques favorables,
- Végétation dense et variée faisant office de caches et de supports de ponte,
- Richesse faunistique offrant d'abondantes ressources alimentaires,
- Connexions avec le cours d'eau permettant la migration des géniteurs ainsi que des juvéniles.



Image 1 : Photographies de la végétation aquatique de l'annexe hydraulique (B. VEJUX)



Image 2 : Photographie de la zone de connexion entre le fleuve Loire et l'annexe (B. VEJUX)

Désignée comme espèce exigeante vis-à-vis des qualités habitationnelle du milieu, le Brochet est un indicateur pertinent de la qualité de l'écosystème aquatique (CHANCEREL, 2003). L'ensemble de ses caractéristiques biologiques spécifiques a donc justifié la sélection de protocoles adaptés à l'ensemble de son cycle biologique, de la reproduction au développement des juvéniles. Ils vont ainsi permettre de déterminer la fonctionnalité de frayère de l'annexe hydraulique d'Unias *via* ces paramètres.

## 3. Rappel succinct de la méthodologie de l'étude

### 3.1 Période de l'étude :

L'intégralité de l'étude de l'annexe hydraulique d'Unias s'est déroulée sur une période de 4 mois du 1<sup>er</sup> février au 31 mai 2020.

Cette période correspond à deux phases sensibles du cycle biologique du Brochet incluant :

- La phase d'oviposition : c'est la période de dépose et de fécondation des œufs.
- La phase embryolaire et juvéniles : c'est à dire les différentes phases de développement, à savoir : la phase d'incubation des œufs, la phase de résorption de la vésicule vitelline, la phase larvaire (de l'embryon libre à vésicule résorbée jusqu'à une taille de 35 mm) et le début de la phase juvénile (supérieur à 35mm) (BALON, 1975).

Tableau 1 : Rétro planning de l'étude (B. VEJUX)

Rétroplanning de l'étude éco-géomorphologique et biologique de l'annexe hydraulique d'Unias : suivi de la reproduction du Brochet (février à mai 2020)		Les phases et les périodes sont susceptibles de se chevaucher *												Cycle biologique du Brochet												
														Phase d'oviposition*				Phase embryo larvaire*				Icthyophagie				
		nov-19				déc-19				janv-20				févr-20		mars-20		avr-20		mai-20						
Actions	Détails	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s5	s1	s2	s3	s4
Suivi capture	Mise en place du suivi capture sur le fleuve Loire	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Hydrobiologie	Suivi de la reproduction des géniteurs																									
	Pêche électrique d'inventaire																									
	Etude du zooplancton																									
	Etude des macroinvertébrés benthiques																									
	Etude botanique, surfaces végétalisées																									
Morphologie	Analyse hydrologique																									
	Analyse hydraulique																									
Hydrologie	Observation substrats																									
	Bathymétrie																									
Hydraulique	Topographie																									
	Description stationnelle générale																									
	Paramètres physico-chimique																									

### 3.2 Protocole d'étude :

Tableau 2 : Tableur récapitulatif des protocoles de l'étude (B. VEJUX)

Protocole		
Etude éco-géomorphologique et biologique de l'annexe hydraulique d'Unias, suivi de la reproduction du Brochet (février à mai 2020)		
<b>Objectifs</b>	<b>Etudier et évaluer la fonctionnalité de l'annexe hydraulique</b> <b>Suivre la reproduction naturelle du brochet</b> <b>Mesurer l'aptitude du milieu à répondre aux exigences de l'espèce</b> <b>Etablir un diagnostic de l'état actuel de l'annexe</b>	
<b>Evaluation et suivi</b>		
Morphologie générale		
	Description générale du site d'étude	
<b>Hydraulique</b>	Hydraulique générale	Données hydrologiques et hydrauliques du fleuve Loire à partir de la station hydrométrique la plus proche (Montrond Les Bains)
	Conditions de connexions et d'écoulements	Communication hydraulique selon les débits et les hauteurs d'eau (durée, fréquence, topographie)
	Durée de mise en eau	Informations complémentaires et informatives sur les durées de mise en eau et de stabilités des niveaux (relevés des hauteurs d'eau)
	Stabilité des niveaux	
	Variation des surfaces de fraie	Cartographie des surfaces de fraie en corrélation avec les hauteurs d'eau (bathymétrie)
	Profondeurs d'eau	
<b>Capacité biogène</b>	Caractérisation des habitats	Examen qualitatif de la végétation aquatique et du recouvrement du site (cartographie)
	Physico-chimie	Suivi : pH, température, transparence, oxygène, phosphate, amonium, nitrite, nitrate
	Resources alimentaires	Echantillonnages zooplanctoniques, macrobenthiques et piscicoles
	Observation de la faune associée	Peuplements piscicoles observés après pêches électriques
	Sensibilité du milieu aux pressions anthropiques	Informations sur le contexte
<b>Phase</b>	Accès géniteurs : montaison et dévalaison	Suivi par observation visuel
	Reproduction : actes d'oviposition	
	Grossissement des brochetons	Pêche de sondage à l'électricité
	Dévalaison des brochetons	
Porposition de mesures spécifiques		Préconisation de mesures éventuelles (ex : entretien, préservation, restauration...)

Le lecteur devra se référer au détail de la méthodologie de l'étude fournit en annexe 6 : Méthodologie de l'étude

## 4. Résultats

### 4.1 Étude hydraulique et hydrologique :

#### 4.1.1 Hydrologie du bassin versant :

En tête de bassin versant, les précipitations ont été largement insuffisantes en hiver et au printemps de l'année 2020, durant les mois de janvier à mai. (Ex : mars : les cumuls ont été déficitaires de 40 à 60% sur l'est du Massif central, mai : le secteur amont du bassin versant à rencontré un déficit pluviométrique parfois supérieur à 25% (Météo France)).

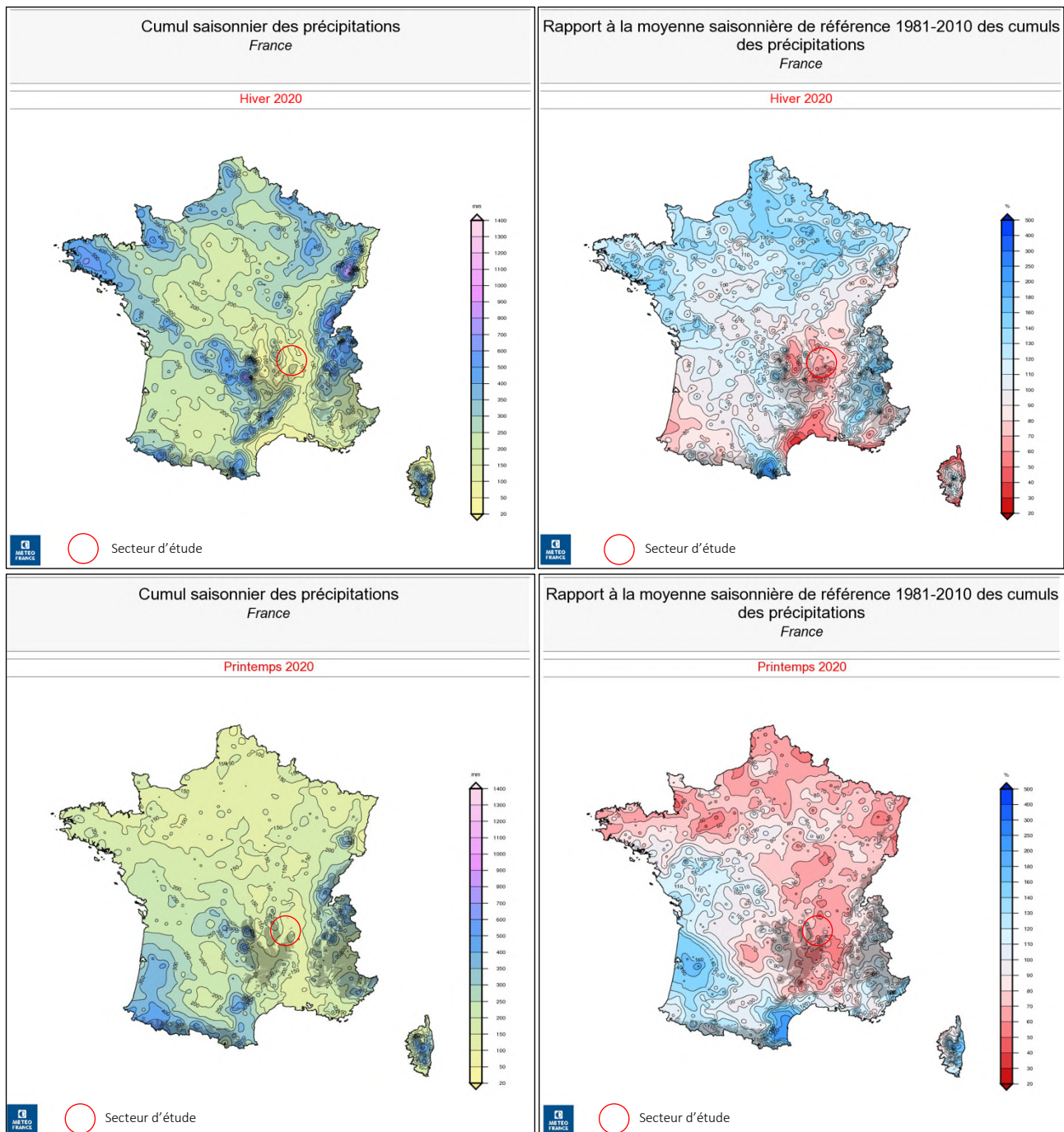


Figure 4 : Cartographies des cumuls des précipitations saisonnières (hiver et printemps 2020) incluant les mois de la période d'étude (Météo France)

#### 4.1.2 Hydrologie du secteur d'étude :

Comme pour l'amont du bassin versant, les précipitations très largement déficitaires à proximité immédiate de l'annexe hydraulique d'Unias (Station Saint-Etienne – Bouthéon : **-61%**), viennent renforcer davantage le constat d'un manque évident d'eau précipitée durant la période d'étude (février-mars-avril-mai 2020).

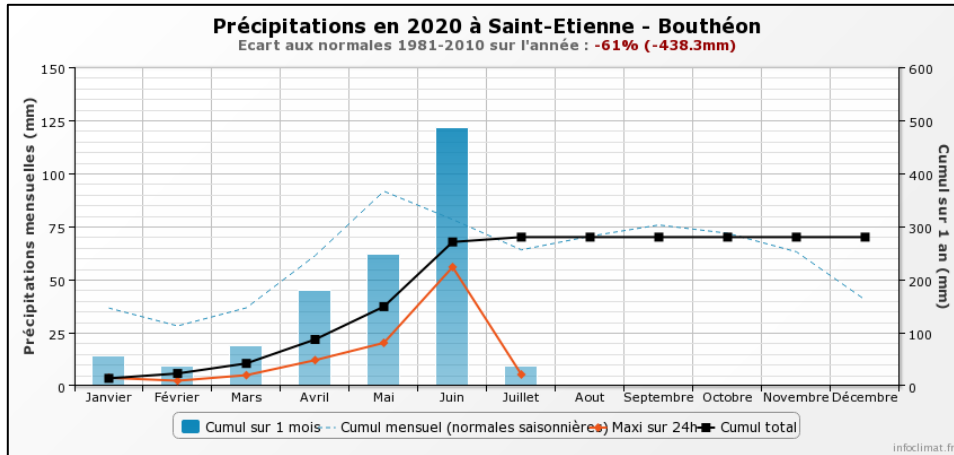


Figure 5 : Graphique annuel (2020) des cumuls des précipitations du secteur d'étude (station Saint-Etienne - Bouthéon) (Infos Climat)

##### 4.1.2.1 Analyse globale :

De manière générale, à l'échelle du bassin versant et à l'échelle du site étudié, les faibles précipitations durant l'intégralité de la période d'étude ont potentiellement perturbé la reproduction d'*Esox lucius*.

En effet, les apports pluviométriques à l'échelle du bassin versant conditionnent directement l'hydrologie au niveau du secteur d'étude. Le déficit global observé a donc modifié directement les éclusées journalières engendrées par le barrage de Grangent, et donc impacté davantage l'instabilité hydrologique en aval.

Ce constat laisse donc entrevoir un accroissement du phénomène d'éclusés rapides et de faibles intensités (laps de temps et débits très réduits), nettement défavorables à l'accomplissement du cycle biologique de l'espèce Brochet (voir prochaine partie).

#### 4.1.3 Conditions hydrauliques :

L'analyse hydraulique *via* la station hydrométrique de Montrond-Les-Bains (code station : K069001001), localisée à environ 3 kilomètres à l'aval de l'annexe hydraulique d'Unias, démontre l'importante variabilité des débits et des hauteurs d'eau, issue du marnage journalier du barrage de Grangent, tout au long de la période d'étude.

##### 4.1.3.1 Remarque :

Malgré la non installation de l'échelle limnimétrique à l'entrée de l'annexe hydraulique, dont le but était d'observer et de corréler les hauteurs d'eau et les débits suffisamment optimaux à l'établissement d'une bonne connexion entre le fleuve et l'annexe hydraulique, les multiples opérations et prospections de terrains ont déterminé de bonnes conditions de connexions et d'immersion des zones végétalisées favorables aux poissons, à des valeurs avoisinantes les **70 m³/s**.

(Voir annexe 7 : Fonctionnement hydraulique de l'annexe)

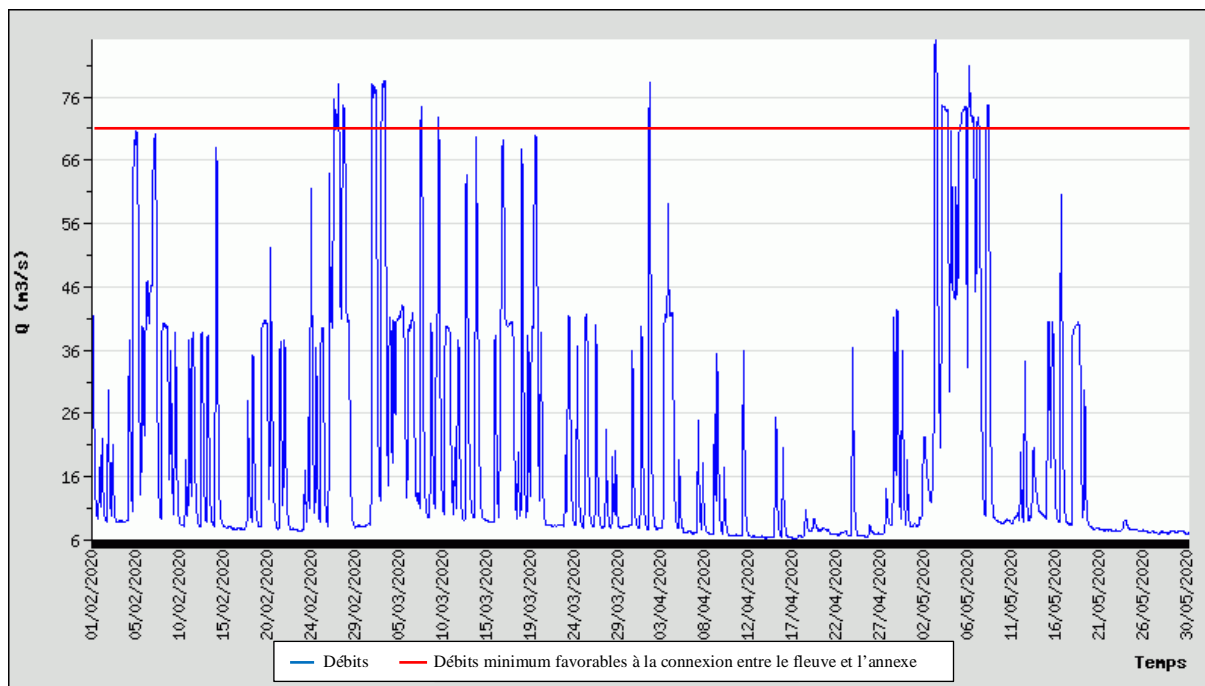


Figure 6 : Graphique des variations des débits journaliers (pas de temps horaire) durant la période potentielle de fraie (Banque Hydro)

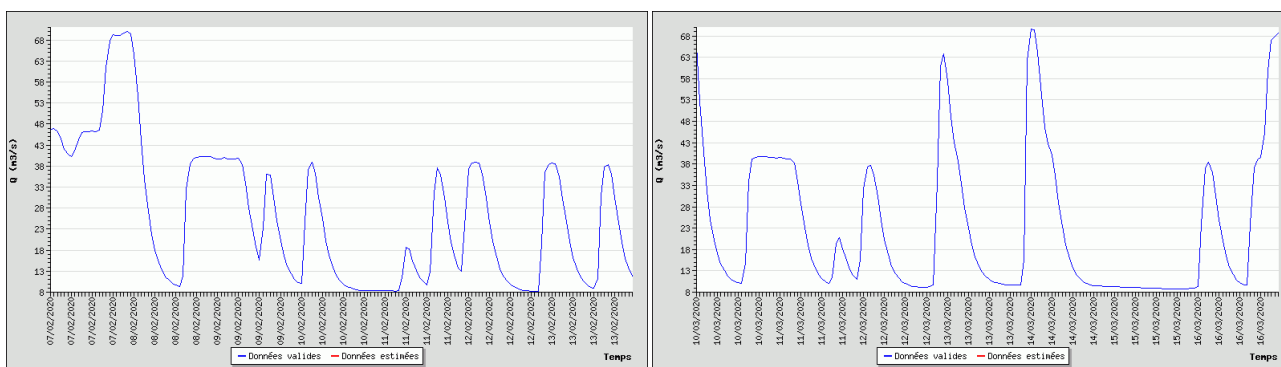


Figure 7 : Exemple de l'importante variabilité des débits de manière journalière (semaine du 07/02/2020 à gauche et semaine du 10/03/2020 à droite (Banque Hydro))

#### 4.1.3.2 Analyse :

La grande variabilité des débits sur l'intégralité du cycle biologique de l'espèce renforce la problématique majeure du marnage journalier sur le fleuve.

En effet, ce marnage fréquentiel généré par les altérations des débits et donc des hauteurs d'eau de manière journalière à un pas de temps parfois très court (horaire), rendent les conditions hydrauliques contraignantes, susceptibles d'impacter :

- La connectivité entre le fleuve et les milieux annexes (de manière générale),
- La possible migration holobiotique du Brochet : mauvaises conditions d'accessibilité des poissons jusqu'à des zones favorables à la reproduction,
- Les conditions d'immersion des zones végétalisées,
- Les durées d'immersion des pontes (phénomène d'exondation),
- Les conditions de survie des juvéniles par des durées d'immersion trop faibles et de mauvaises conditions de dévalaison.

## 4.2 Études environnementales et morphologique :

### 4.2.1 Végétation :

L'observation de la végétation aquatique, élément essentiel correspondant aux exigences écophysiologiques de l'espèce Brochet et attractif pour bon nombres d'espèces faunistiques de l'annexe, a été réalisée lors des nombreuses prospections de terrain.

#### 4.2.1.1 Remarque :

En raison de la période de confinement nationale du 17/03/2020 au 11/05/2020 liée à l'épidémie de COVID19, l'observation de la végétation aquatique de l'annexe durant le début du cycle biologique de l'espèce Brochet n'a donc pas pu être réalisée.

#### 4.2.1.2 Analyse :

La végétation aquatique est très largement représentée, à près de 40% de la surface de l'annexe (d'après une estimation), et composée de végétaux hydrophytes (60% de type *Elodea*) et héliophytes (40% principalement de type *Phalaris arundinacea*, *Carex sp.*, *Joncus sp.*) durant la période étudiée notamment des mois de mai à juillet.

*(Voir annexe 9 : Cartographie de la végétation aquatique attractive pour le cycle biologique du Brochet)*

Il est à noter que durant les prospections de terrains en fin d'hiver (février à mars), les observations ont laissé remarquer un développement végétatif des hydrophytes relativement faible rendant les conditions peu favorables à la reproduction.

Il est donc primordial que les conditions hydrauliques soient suffisamment optimales afin de submerger la végétation de bordure constituée d'héliophytes, bien représentée en début de saison.

L'important développement floristique observé à la fin du cycle biologique du Brochet pourrait donc potentiellement s'expliquer par des températures favorables à leurs développements. En effet, une température de l'air élevée pendant la phase post-migratoire (fin mai) favorise la croissance de la végétation, celle-ci offrant alors de meilleures protections aux juvéniles contre diverses sources de prédateurs tout en stimulant le développement de proies (GRES, 1994).

De plus, cette proportion relativement importante de végétaux va également être très attractive pour la faune de l'annexe (amphibiens, insectes aquatiques ...) et en particulier pour d'autres cortèges d'espèces piscicoles à caractères phytophiles.

### 4.2.2 Bathymétrie :

Les relevés bathymétriques des zones en eau de l'annexe, matérialisés par des transects géoréférencés, ont été réalisés par un opérateur *via* une prospection aquatique à l'aide d'une jauge graduée, et ont permis de relever et de retranscrire cartographiquement les variations de profondeurs d'eau (en mètres).

*(Voir annexe 6 partie II : Modélisation cartographique de la méthodologie des relevés bathymétriques)*

#### 4.2.2.1 Analyse :

Les relevés bathymétriques réalisés sur l'annexe hydraulique montrent de manière générale de faibles hauteurs d'eau, déclinés en 5 unités de profondeurs. Ces profondeurs peu importantes sont une des caractéristiques principales des milieux annexes.

*(Voir annexe 8 : Cartographie de la bathymétrie réalisée sur l'annexe hydraulique)*

#### 4.2.3 Composition géomorphologique de l'annexe :

Lors de nombreuses opérations de terrain, l'observation de la composition géomorphologique de l'annexe a permis d'obtenir des informations complémentaires sur ces caractéristiques morphologiques et a été matérialisée cartographiquement.

##### 4.2.3.1 Analyse :

Après estimations, l'annexe hydraulique est principalement constituée de dalles de marnes (60%) provenant de l'incision du fleuve.

Des sédiments grossiers de type : Blocs >250mm (1%), Pierres galets de 250 à 25mm (20%), Granulats grossiers de 25 à 2,5 mm (15%) viennent s'y ajouter.

En fond d'annexe, une zone de litière organique (4%) est issue de la décomposition des végétaux ainsi que des nombreux autres dépôts lors des crues.

*(Voir annexe 10 : Cartographie de la composition morphologique de l'annexe hydraulique)*

#### 4.2.4 Profil topographique :

L'utilisation d'un théodolite a permis d'effectuer deux profils topographiques des deux axes de l'annexe hydraulique (chenal principal et bras enherbé). Le but de cette opération était de mettre en évidence la surélévation potentielle de l'annexe par rapport au fleuve Loire, facteur limitant à la bonne fonctionnalité du milieu.

*(Voir annexe 6 partie II : Modélisation cartographique de la méthodologie des relevés topographiques)*

##### 4.2.4.1 Analyse :

- **Chenal principal :** À 180 m de la zone de connexion entre le fleuve et l'annexe, une surélévation significative jusqu'à environ 80 cm (point haut) est observée. Ce point haut, matérialisé par une dalle de marne, constitue un obstacle au flux d'eau entrant et sortant mais aussi aux espèces piscicoles à la zone propice à la reproduction (zones végétalisées).

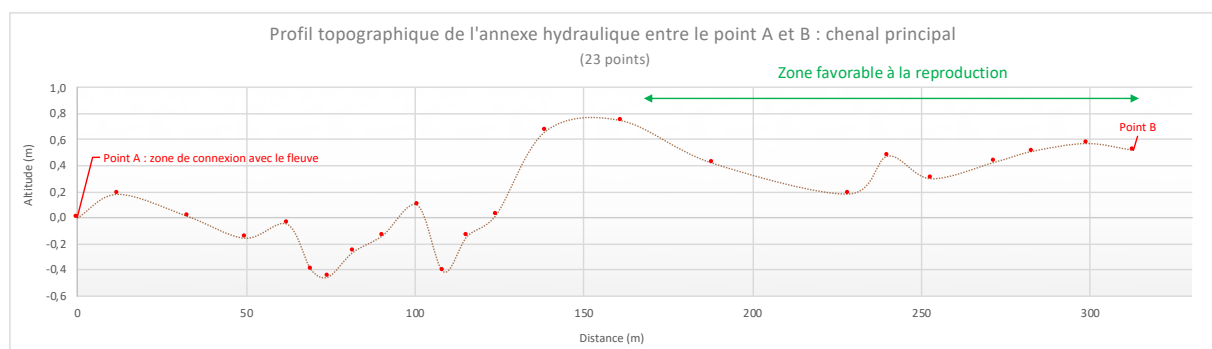


Figure 8 : Profil topographique du chenal principal de l'annexe hydraulique



- **Bras enherbé** : À environ 140 m de la zone de connexion entre le fleuve et l'annexe, une surélévation progressive jusqu'à 1,40 m (point haut) est observée. Cet écart progressif constitue un obstacle au flux d'eau entrant et également aux espèces piscicoles à la zone propice à la reproduction (zones végétalisées).

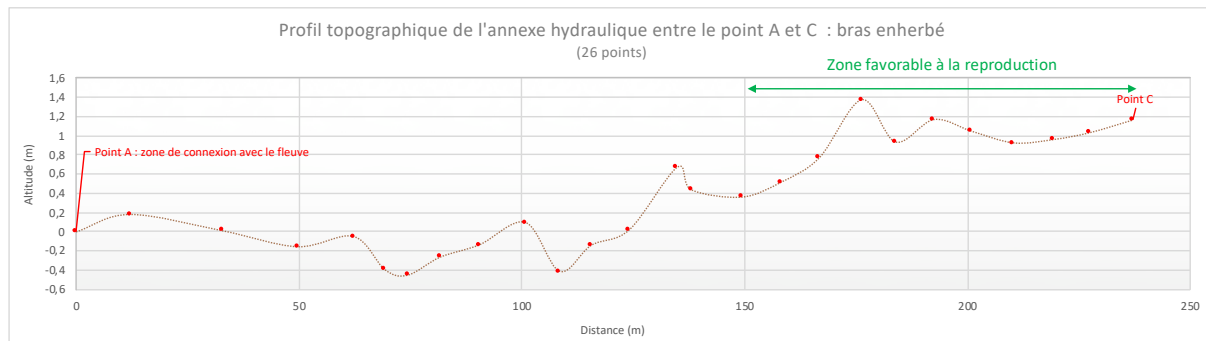


Figure 9 : Profil topographique du bras enherbé de l'annexe hydraulique

De manière globale, la surélévation de l'annexe hydraulique, engendrée par l'incision du fleuve, constitue un facteur de dysfonctionnement majeur, réduisant la fonctionnalité du milieu. Ses écarts topographiques observés vont donc principalement influencer :

- Les conditions hydrauliques entre le fleuve et les zones favorables à la reproduction piscicole de l'annexe,
- Les conditions d'accessibilité des poissons jusqu'aux zones favorables,
- Les conditions d'immersion des zones végétalisées.

L'annexe doit alors dépendre de conditions hydrologiques suffisamment importantes (rappel : 70 m<sup>3</sup>/s minimum (partie précédente)) pour être fonctionnelle et donc potentiellement favorable à la réalisation du cycle biologique d'*Esox Lucius*.

#### 4.4 Étude du zooplancton :

L'échantillonnage zooplanctonique dont le but était d'observer les peuplements de zooplanctons, constituant la source d'alimentation privilégiée des Brochetons lors de leurs périodes de zooplanctonophagie, a révélé la présence de grands groupes d'animalcules dans l'annexe hydraulique.

Tableau 3 : Prélèvement zooplanctonique de l'annexe (B. VEJUX)

<b>Rivière : La Loire</b>		<b>Date : 12/05/2020</b>	<b>Heure de prélèvement : 16H30</b>
<b>Station : Annexe hydraulique d'Unias</b>			
<b>Ordre</b>	<b>Total</b>	<b>Autres indications : échantillonnage de 100L d'eau dans la colonne d'eau principale</b>	
Copépodes	183		
Cladocères	115		
<b>Abondance</b>	<b>298</b>		

#### 4.4.1 Remarque :

En raison de la période de confinement nationale du 17/03/2020 au 11/05/2020 liée à l'épidémie de COVID19, l'évolution zooplanctonique de l'annexe hydraulique lors de la période de zooplanctonophagie des juvéniles de Brochet n'a donc pas pu être réalisée.

L'unique prélèvement interprété ci-dessous a donc été effectué tardivement (mai) par rapport à la période adéquat (mars à avril). Cependant, le zooplancton peut toujours être consommé de manière plus tardive en fonction de la nourriture disponible dans le milieu (GRES, 1994).

#### 4.4.2 Analyse :

Le peuplement de zooplancton de l'annexe hydraulique durant le mois de mai 2020 est principalement constitué des groupes Copépodes **61%** et Cladocères **39%**.

En considérant qu'il n'y a pas de phénomène de sélection sur les différentes proies disponibles mais plutôt un comportement opportuniste de la part des juvéniles (GRES, 1994), la composition zooplanctonique de l'annexe hydraulique semble pouvoir répondre favorablement aux besoins alimentaires des juvéniles durant la phase de zooplanctonophagie.

Représentativité des principaux groupes zooplanctonique

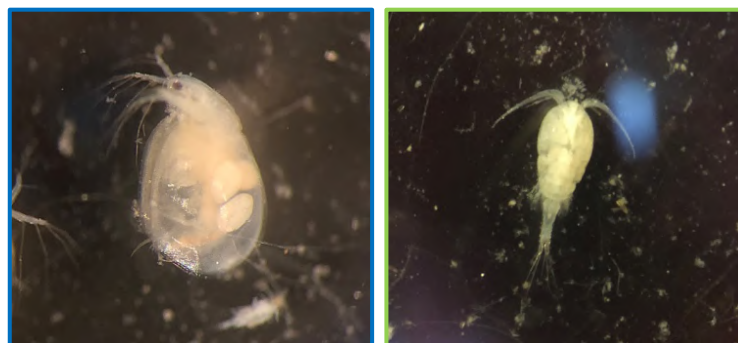
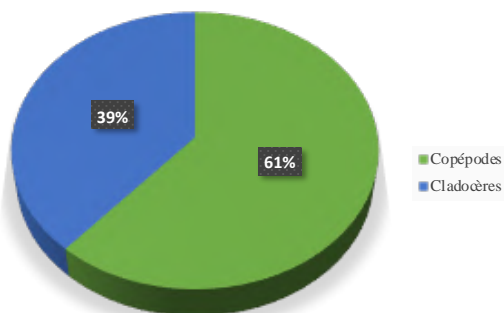


Figure 10 : Graphique de la représentativité des principaux groupes zooplanctoniques de l'annexe (B. VEJUX)

Image 3 : Éléments zooplanctoniques appartenant aux groupes des Cladocères (à gauche) et des Copépodes (à droite) (B. VEJUX)

### 4.5 Étude des macroinvertébrés benthiques :

Le prélèvement réalisé dans l'annexe hydraulique le 12/05/202 dont le but était d'observer les peuplements d'invertébrés benthiques qui constituent l'alimentation privilégiée des Brochetons lors de leurs périodes d'entomophagie, laisse observer un cortège macrobenthique relativement diversifié (abondance : 2023, variété : 45).

(Voir annexe 6 partie VII : Cartographie de la modélisation méthodologique des protocoles hydrobiologiques réalisés)

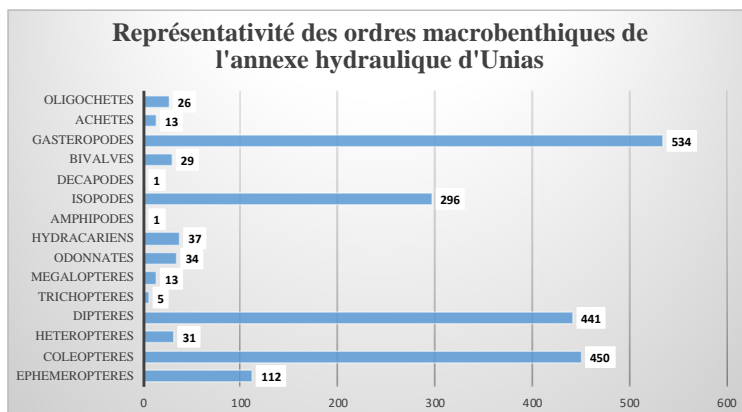


Figure 11 : Représentativité des ordres macrobenthiques de l'annexe (B. VEJUX)

#### 4.5.1 Analyse :

Le peuplement macrobenthique est principalement représenté par les ordres : Gastéropode (26,40% pour 534 individus), Coléoptère (22,24% pour 450 individus), Diptère (21,80% pour 441 individus) et Isopode (14,63% pour 296 individus).

(Voir annexe 11 : Liste faunistique des macroinvertébrés benthiques de l'annexe)

Les individus faiblement chitineux, aux corps relativement « mous », constituent des proies de prédilections (GRES, 1994).

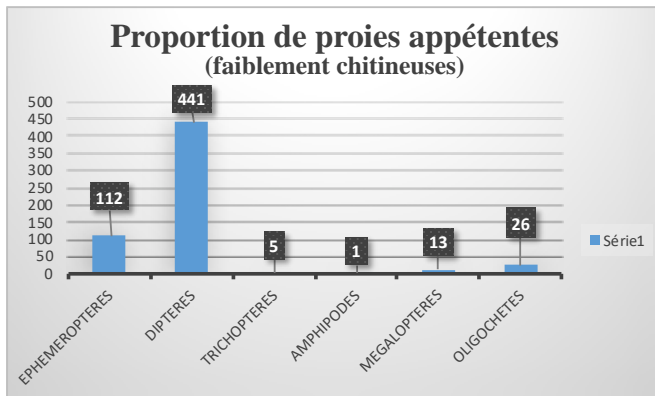


Figure 12 : Graphique de la proportion de proies appétentes (faiblement chitineuses) pour les juvéniles de Brochet (B. VEJUX)



Image 4 : Chironomidae appartenant à l'ordre de Diptères très représentés sur l'annexe (B. VEJUX)

L'estimation du nombre d'individus jugés comme appétant au m<sup>2</sup>:

Éphéméroptères = <b>280</b> individus au m <sup>2</sup>	Mégaloptères = <b>40</b> individus au m <sup>2</sup>
Diptères = <b>1103</b> individus au m <sup>2</sup>	Amphipodes = <b>3</b> individus au m <sup>2</sup>
Oligochètes = <b>65</b> individus au m <sup>2</sup>	Trichoptères = <b>13</b> individus au m <sup>2</sup>

(Les calculs (Total ordre appétant des 8 prélèvements x 2,5) ont arrondi les résultats à la valeur supérieure)

La diversité macrobenthique ainsi que le potentiel appétant de certaines proies représentées essentiellement par l'ordre des Diptères, semblent pouvoir répondre favorablement aux besoins alimentaires des juvéniles durant la phase d'entomophagie dans l'annexe hydraulique.

## 4.6 Inventaires piscicoles :

### 4.6.1 Prospection géniteurs :

La réalisation de nombreuses prospections de terrain (total des prospections réalisées : 8) dans le but d'observer la présence éventuelle de poissons géniteurs et d'une quelconque activité reproductrice sur la période de février à mars, a permis une seule observation de Brochet, potentiellement géniteur, sur le site d'étude. Malgré cette observation, aucun acte reproducteur n'a été observé durant l'intégralité du protocole.

Tableau 4 : Listing des observations par prospections visuel sur l'annexe (B. VEJUX)

Liste des observations							
Dates	Heures	Conditions météorologiques	T°C de l'air	T°C de l'eau	Débites	Espèces	Commentaire
10/02/2020	14:45	Ensoleillé	15.8 °C	11.6 °C	8.6 m3/s		
14/02/2020	15:00	Couvert	8.7 °C	10.1 °C	63.6 m3/s		
16/02/2020	17:45	Couvert	13.5 °C	10.4 °C	7.7 m3/s		
18/02/2020	15:30	Ensoleillé	10.2 °C	10.7 °C	32 m3/s	Brochet <i>Esox lucius</i>	Observation à l'aval immédiat de la zone de dalle Taille approximative de l'individu : 35 cm Pas d'activité reproductrice, poisson au repos captant les rayons du soleil
24/02/2020	14:45	Ensoleillé	19.8 °C	10.2 °C	22.5 m3/s		
27/02/2020	14:30	Ensoleillé	12 °C	10.3 °C	71 m3/s		
02/03/2020	11:50	Couvert	10.1 °C	8.5 °C	8.4 m3/s		
11/03/2020	14:30	Ensoleillé	18.6 °C	12 °C	11.3 m3/s		

#### 4.6.1.1 Remarque :

Malgré une réalisation rigoureuse de ce protocole, l'observation d'une activité reproductrice reste toutefois difficile à appréhender puisque quelle est dépendante de multiples paramètres (optimum thermique, facteurs photopériodiques, conditions d'immersion et d'accessibilité aux zones de reproduction ...).

De plus, en raison de l'épidémie de COVID19, la période de confinement nationale du 17/03/2020 au 11/05/2020 est venue empiéter sur une partie de la période de prospection ce qui a potentiellement affecté les données et donc leurs interprétations.

#### 4.6.1.2 Analyse :

Lors de la période de février à mars 2020, les conditions hydrologiques ou hydrauliques peu favorables au déclenchement d'actes reproducteurs sont potentiellement la cause du manque de contact visuel lors des prospections.

En effet, les faibles débits associés durant la période fraie (février à mars) n'ont possiblement pas facilité les conditions d'accès aux poissons géniteurs sur leurs zones de reproduction.

Par ailleurs, la variabilité des hauteurs d'eau principalement engendrée par les éclusées du barrage de Grangent à l'amont du site d'étude, qui de manière globale est restée nettement insuffisante, a possiblement affecté plusieurs paramètres essentiels durant la période de reproduction de l'espèce Brochet :

- Conditions d'accès à l'annexe hydraulique très limitées et très/trop variables de manière temporelle (perturbation de la migration holobiotique).
- De mauvaises conditions d'immersion des zones végétalisées potentiellement attractives aux actes d'ovipositions.
- Des débits nettement insuffisants ne permettant pas des conditions de connexion suffisamment favorables entre toutes les pièces d'eau de l'annexe hydraulique.

#### 4.6.2 Pêche à l'électricité :

L'inventaire piscicole réalisé sur les bordures et les zones végétalisées de l'annexe le 12/05/2020 dans le but d'observer la présence éventuelle de Brochets juvéniles, synonyme de reproduction annuelle, ne montre aucune présence d'alevin.

*(Voir annexe 6 partie VII : Cartographie de la modélisation méthodologique des protocoles hydrobiologiques réalisés)*

Cet inventaire a également permis de porter un regard sur les différentes espèces piscicoles présentes sur l'annexe hydraulique et révèle une diversité conforme aux peuplements référents du fleuve.

*(Voir annexe 13 : Observation du peuplement piscicole du Fleuve Loire : référence par rapport au site de suivi de l'annexe hydraulique d'Unias)*

#### 4.6.2.1 Analyse :

On observe une prédominance de cyprinidés notamment d'espèces phytophiles parfaitement adaptées aux caractéristiques environnementales des annexes fluviales (végétation aquatique, faibles profondeurs, régime thermique ...).

Des observations visuelles, lors des inventaires de terrains, montrent une abondance d'alevins de cyprins (espèces non déterminées) issue de la reproduction annuelle, constituant la source d'alimentation principale des jeunes Brochets lors de la période d'ichtyophagie et laisse à penser à une suffisance quantitative et qualitative (quantité et taille) de proies piscicoles.

Concernant la non présence de juvéniles de Brochet, deux hypothèses peuvent être entendues :

- La reproduction n'a pas eu lieu durant l'année 2020.
- L'émigration, de manière précoce ou prématurée des Brochetons, due aux marnages journaliers est possible.

*(Voir annexe 12 : Listing des espèces piscicoles inventorier par pêche électrique)*

#### 4.6.3 Suivi capture :

Le suivi capture mis en place sur un linéaire de 53 km entre les barrages de Grangent et de Villerest du 31/10/2019 au 26/01/2020 dont le but était d'obtenir des informations sur l'état des populations de Brochets sur le fleuve tout en mettant potentiellement en évidence la présence de géniteurs à proximité immédiate du site d'étude, a permis l'acquisition de 12 retours.

*(Voir annexe 6 partie VIII : Cartographie du suivi capture)*

##### 4.6.3.1 Remarque :

La durée trop faible de la démarche (3 mois) a visiblement contraint le nombre de retours, seules 12 captures ont été recensées sur l'intégralité du secteur d'étude.

Plusieurs hypothèses sont alors discernables :

- La communication sur cette opération auprès des pêcheurs du département *via* le site internet et le réseau social de la Fédération de pêche 42 n'a possiblement pas « touché » un nombre de pêcheurs suffisant.
- La divulgation de spots de pêche a également pu dissuader un certain nombre d'entre eux à communiquer leurs secteurs de prises.
- Un possible désintéressement des pêcheurs envers cette étude peut également être entendu.

##### 4.6.3.2 Analyse :

Les quelques retours laissent observer une plus forte concentration de poissons capturés sur les communes de Feurs et de Saint-Just-Saint-Rambert.

Ces secteurs concernés par un fort taux de retour sont susceptibles de rencontrer une pression de pêche plus importante.

**Représentativité des principales familles piscicoles de l'annexe**

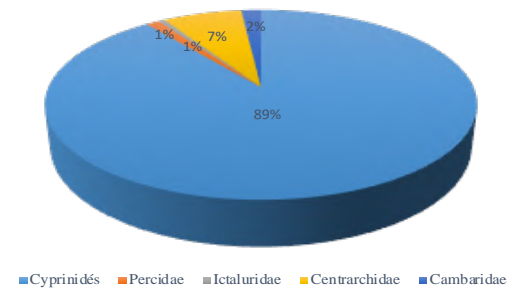


Figure 13 : Graphique de la représentativité des principales familles piscicoles de l'annexe (B. VEJUX)

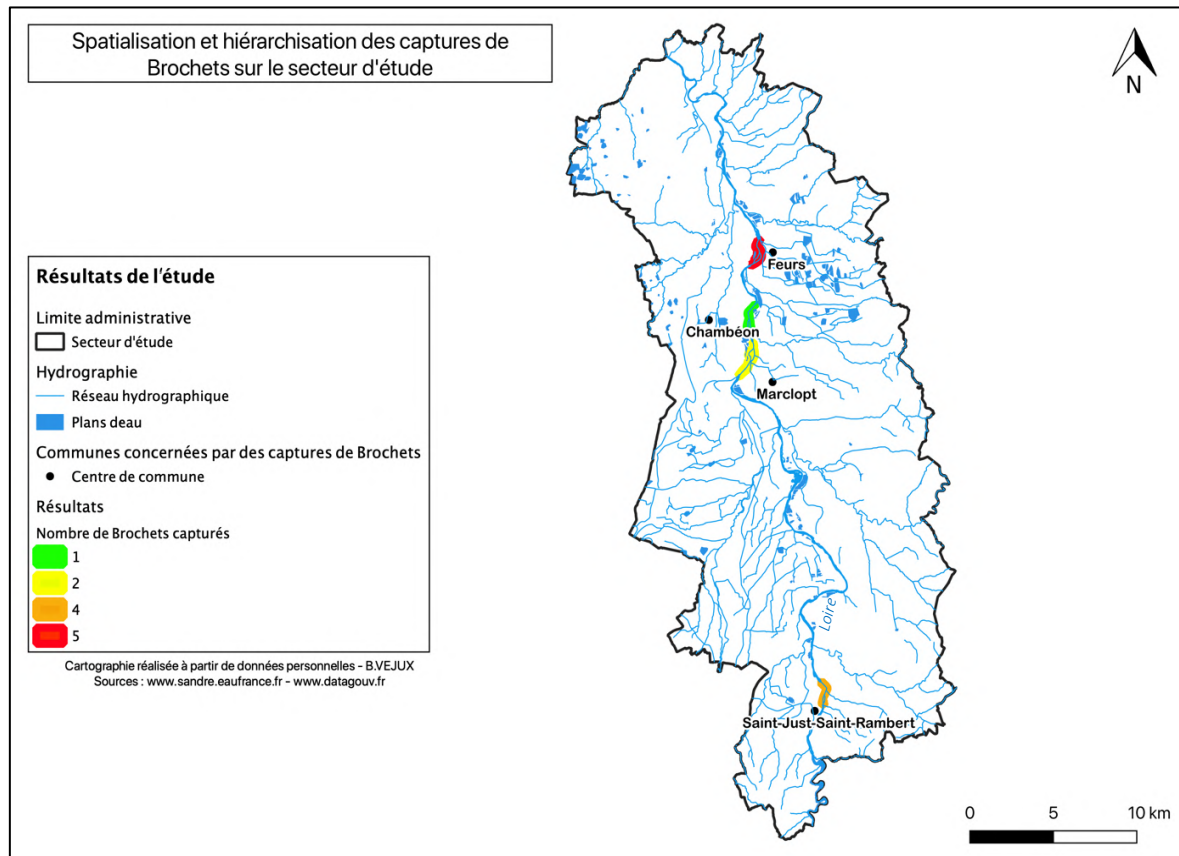


Figure 2 : Cartographie des résultats du suivi capture (B. VEJUX)

Le suivi capture mis en place sur le territoire, étant un premier test, a permis une première acquisition de données certes non représentatives à l'échelle globale du secteur d'étude. Sa reproductibilité durant les prochaines années va permettre d'acquérir davantage d'informations qui viendront compléter les études réalisées par la FDPPMA42 sur le fleuve Loire.

## 5. Limites techniques et impact de l'épidémie de COVID19

La période exceptionnelle de confinement national liée à l'épidémie de COVID19 du 17/03/2020 au 11/05/2020, a empiété sur une importante partie de la période d'étude.

En effet, les mois de mars-avril-mai, censés conditionner la période favorable à l'accomplissement du cycle biologique d'*Esox lucius*, (de la phase d'oviposition au développement des juvéniles), mais aussi aux diverses conditions biotiques et abiotiques indispensables, devaient alors être étudiées précisément.

Plusieurs paramètres non donc pas pu être étudiés dans les conditions optimales :

- Les paramètres physico-chimiques : Les opérations de terrains de manières régulières (1 mesure/semaine soit 17 prélèvements au total) tout au long de la période d'étude, devaient permettre d'observer les évolutions de : Nitrates, Nitrites, Ammonium, Phosphate, PH, Oxygène et transparence. Les données non donc pas pu être recueillies sur la majorité de la période souhaitée les rendant ainsi ininterprétables.

- La thermie : La sonde DATA LOGGER WATER TEMP PRO SENSOR V2 installée dans l'annexe hydraulique, permettant l'acquisition de valeurs à un pas de temps horaire du 1<sup>er</sup> février au 31 mai (24 mesures par 24 heures, soit 2904 mesures), a rencontré une défaillance technique rendant les données ininterprétables.
- La prospection géniteurs : La période de confinement à restreint le nombre total de prospections itinérantes sur le site d'étude.
- L'étude du zooplancton : L'unique prélèvement a été effectué tardivement (mai) par rapport à la période adéquat (mars à avril). L'évolution zooplanctonique de l'annexe hydraulique lors de la période de zooplanctonophagie des juvéniles de Brochet, programmée pour être évaluée par 2 prélèvements au total, n'a donc pas pu être réalisée.
- L'échelle limnimétrique : Par manque de temps, la non installation de l'échelle limnimétrique à l'entrée de l'annexe hydraulique, dont le but était d'observer et de corrélérer les hauteurs d'eau et les débits suffisamment optimaux à l'établissement d'une bonne connexion entre le fleuve et l'annexe hydraulique, n'a pas pu permettre l'acquisition de valeurs précises.
- Étude botanique : Par manque de temps, l'étude botanique dont l'objectif était d'inventorier et de répertorier les différentes espèces floristiques jugées comme potentiellement attractives pour le cycle biologique du Brochet, de la période de fraie aux différents stades de développement des alevins (stades : œufs, larves fixés, larves nageant, période zooplanctonophage, entomophage et ichtyophage) n'a pas pu être réalisée.
- Autres observations : De nombreuses autres informations de terrains auraient pu apporter davantage d'éléments quant à la composition et la compréhension du site d'étude (reproduction d'autres espèces piscicoles, développement végétatif ...).

## 6. Conclusion et perspectives

L'ensemble des protocoles retenus, parfaitement adaptés, a couvert sommairement l'intégralité du cycle biologique de l'espèce Brochet en prenant en compte les différents stades de son cycle biologique, qui est dépendant de conditions multifactorielles nécessaires et indispensables à son bon déroulement.

A travers cette étude, la fonctionnalité de l'annexe hydraulique d'Unias sur l'année 2020 a tout de même permis de mettre en évidence certains dysfonctionnements engendrés par des éléments perturbateurs, principalement abiotiques à l'échelle du secteur d'étude.

En effet, les perturbations : morphologiques (incision du lit mineur, écarts topographiques), hydrauliques (marnage journalier) ou encore hydrologiques (déficit pluviométrique), principales sources de dysfonctionnements constatées, ont particulièrement modifié le fonctionnement du fleuve et continuent, au fil des années, à accroître les impacts sur le compartiment piscicole.

Si la bonne fonctionnalité naturelle de cette annexe pour la reproduction d'*Esox lucius*, était observée en 2004, les évolutions temporelles du fleuve ont compromis durablement cet état.

D'un point de vue purement biologique, l'annexe semble tout de même pouvoir répondre et subvenir au besoin de l'espèce, de sa phase d'oviposition aux différents stades de développements des juvéniles, en leur assurant des ressources alimentaires et des conditions environnementales biotiques satisfaisantes.

Cependant, malgré un constat général évident, la période de confinement liée à l'épidémie de COVID19 est venue se chevaucher à la période de recueil des données ce qui a limité voir empêché certaines opérations de terrain et protocoles de s'effectuer dans de bonnes conditions, entraînant possiblement de mauvaises interprétations.

C'est pourquoi, la FDPPMA42 doit réitérer cette étude afin de vérifier et de certifier certaines données de façon à rendre un bilan général plus précis pour qu'à terme, un regard global soit porté sur la capacité de l'annexe à assurer la reproduction du Brochet, ainsi que sur l'ensemble des problématiques, pour permettre par la suite d'émettre d'éventuelles propositions d'action et de gestion, favorables à l'intégration du programme « LIFE » de restauration morphologique du fleuve Loire, porté par le Conseil Départemental.

## 6.1 Modes de gestions et actions imaginables :

Les annexes hydrauliques ont été la cible de vastes programmes de restauration sur bon nombre de cours d'eau Français. En effet, ses travaux de restauration morphologique permettent de retrouver voir d'optimiser la fonctionnalité de ses milieux riches en biodiversité et d'importance écologique majeure.

Au vue la morphologie et des problématiques que rencontre l'annexe hydraulique d'Unias, deux types d'aménagements potentiellement complémentaires pourraient être envisagés :

- **Chenal de connexion :** Les travaux consisteraient à recaler les seuils de connexion aval entre le chenal principal du fleuve et l'annexe hydraulique pour permettre d'optimiser les conditions hydrauliques et d'accès aux peuplements piscicoles.



*Image 3 : Exemple de travaux de restauration d'une frayère à Brochet sur l'Oise avec création d'une succession de petits bras annexes (Hydrosphère)*

La possibilité de créer des bras artificiels annexes, en pente douce, peut-être envisagée. Ceux-ci contribueraient à favoriser l'implantation d'une végétation aquatique diversifiée tout en décuplant le nombre de zones favorables à la reproduction. Ils permettraient également, en fonction de leurs profils, d'optimiser les durées de rétention d'eau.



- **Mise en place d'un batardeau :** En complémentarité avec le chenal de connexion, l'implantation d'un système de régulation et de stabilisation des entrées d'eau, optimiserait la fonctionnalité du site et viendrait endiguer la problématique du marnage journalier engendrés par les éclusées du barrage de Grangent, très largement défavorables au cycle biologique du Brochet ainsi qu'à d'autres espèces piscicoles.

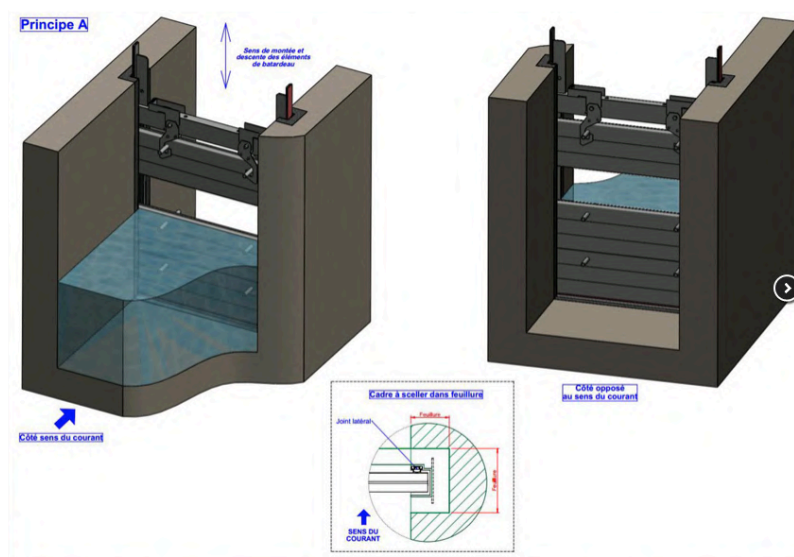


Figure 4 : Schéma de principe de fonctionnement d'un batardeau (IREAL)

Par la suite, un suivi pluriannuel de ses aménagements devra être instauré afin d'observer la fonctionnalité du site mais aussi les évolutions par comparaisons de données.

La réalisation d'autres études adaptées et précises, permettant de retenir la/les solution(s) la/les plus pertinente(s) devra être effectuée afin de sélectionner ou de décliner l'ensemble des suggestions d'aménagements présenté brièvement.

Toutefois, la question de la pérennité temporelle de ses possibles aménagements au vu des problématiques majeures que rencontre le fleuve Loire à l'échelle du secteur d'étude (notamment l'incision et l'instabilité hydrologique), ce doit également d'être posée et étudiée :

*Est-il judicieux d'apporter d'important moyens financiers pour qu'à terme les actions entreprises se voient dysfonctionnelles, aux détriments d'autres actions jugées comme plus primordiales pour d'autres types de milieux et de cours d'eau du département ?  
(ex : restauration morphologique, arasement de seuil pour rétablir le continuum écologique et sédimentaire, autres aménagements piscicoles et études...)*

# Bibliographie

(Complète de l'étude)

- ADAM.P., DEBIAIS.N., MALAVOI J.R., 2007. Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. Guide technique Agence de l'Eau Seine Normandie, 285 p.
- ARNAUD. S, (2001a). Le plan Loire Grandeur Nature : Contexte de mise en place, objectifs, réalisation et perspectives. Maitrise de Sciences et Techniques, Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux, Université François Rabelais de Tours.
- ARNAUD. S, (2001b). Cartographie et description écologique des bras morts, sites potentiel de reproduction du brochet (*Esox lucius*) sur l'Allier, entre Vieille Brioude et Brassac-les-Mines. Maitrise de Sciences et Techniques, Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors fluviaux, Université François Rabelais de Tours, stage à la FDPPMA 43.
- BALON. E.K, (1975). Terminology of intervals in fish development. J.Fish. Res. Bd Can; 32, 1663-1670.
- BARAULT. Adrien, (2018). Étude du Brochet (*Esox lucius* L.) en Seine. Potentialités de reproduction, dynamique comportementale et émergence de projets. Fédération de l'Eure pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 76p + annexes.
- BELLIARD. J ; DITCHE. JM ; ROSET. N, (2008). Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité. Dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. 22p.
- BRANA. J.Y, CENTOFANTI. M, FRUGET. J.F, Mars 2010. Hydrobiologie de la Loire entre le barrage de Grandgent et Balbigny. État des lieux bibliographique et conséquences écologiques des éclusées.
- CASSELMAN. J. M, (1978). Effects of environmental factors on growth, survival, activity and exploitation of northern pike. Am. Fish. Soc. Spec. Publ., 11, 114-128.
- CAPRA .H, SOUCHON. Y, 1998. Peuplement des poissons de la Loire entre Grangent et Villerest. Rapport CEMEGREF Lyon à EDF DTG, 35p. + annexes.
- CHANCEREL. F, (2003). Le brochet, biologie et gestion. Conseil Supérieur de la Pêche. 199p.
- CLERE. Jean-Louis, (2006). Le brochet. Fédération de l'Yonne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. P25 à 33.
- COMPAGNAT. P, (2001). Frayère à brochet, protocole d'étude simplifié. Conseil Supérieur de la Pêche, Direction Régionale de Bourgogne.
- CONSEIL SUPERIEUR DE LA PECHE, (2002). Programme de suivi des annexes fluviales restaurées sur le fleuve Loire et ses principaux affluents, évaluation de leurs

fonctionnalités et leur biodiversité. Cellule Plan Loire. Délégation régionale 4, Centre, pays de la Loire, Poitou Charente.

DESCHAMPS. E ; FALATAS. Y ; MALRAT. D; PERROT. J.M; PURAVET. S; KOLODZIEJCZYK. P; VALFORT. D, (2002). Suivi de quatre annexes hydrauliques du fleuve Loire : Le Quillonnet, Gour Villeneuve (Ecopôle), Marais de l'Ecopôle, Unias. Conseil Supérieur de la Pêche, Brigade Départementale de la Loire.

DESCHAMPS. E ; FALATAS. Y ; PERROT. J.M; PURAVET. S; KOLODZIEJCZYK. P ; VALFORT. D, (2003). Suivi allégé de quatre annexes hydrauliques du fleuve Loire : Le Quillonnet, Gour Villeneuve (Ecopôle), Marais de l'Ecopôle, Unias. Conseil Supérieur de la Pêche, Brigade Départementale de la Loire.

DUBE et GRAVEL, (1978). Plan pilote d'aménagement intégré des ressources biologiques du territoire de la Frayère du ruisseau Saint-Jean, comté de Chateauguy, Québec. Minist. Du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche faunique. 52p.

DUBOST. N ; VAUCLIN. V, (2004). Étude des déplacements et des migrations du Brochet (*Esox lucius* L.) par radiopistage dans l'Ill (1997-2000). Dubost et Pedon Environnement et Milieux Aquatiques. Travail commandé par Saumon Rhin et Conseil Supérieur de la Pêche. 56p.

DUMONT. H.J ; VAN DE VELDE. I; DUMONT. S, (1975). The dry weight estimation of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19, 75-97.

FALATAS. Yvan, (2001). Suivi de l'annexe hydraulique d'Unias sur le fleuve Loire site de reproduction du brochet, années 2000-2001. Conseil Supérieur de la Pêche Brigade Départementale de la Loire. 14p + annexes.

GRES. Pierre, (1999). Étude physico-chimique et biologique du gour de Balbigny, mars à juin 1999. Fédération de la Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 31p + annexes.

GRES. Pierre, (1999). Projet de restauration hydraulique et écologique du plan d'eau de Balbigny ». Fédération de la Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 4p + annexes.

GRES. Pierre, (2001). Peuplement piscicole sur le bassin de l'Ondaine. État des peuplements piscicoles et niveau des populations de truite fario. Fédération de la Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 19p + annexes.

GRES. P, 1994. Thèse : Production intensive de brochetons (*Esox Lucius*, L.) nourris de proies vivantes issues de bassins de lagunage naturel. Survie – Croissance – Alimentation. Université Clermont-Ferrand Blaise Pascal. 225p + annexes.

HOUEIX, Claire ; LESIMPLE. Maxime ; VILLALTA. Rémi, (2016-2017). Étude des frayères à brochets sur les axes navigables de Seine-et-Marne. Recensement, caractérisation

et plan d'actions pour une restauration des zones humides. Fédération de la Seine et Marne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 47p + annexes.

J. BELLIARD ; JM. DITCHE ; N. ROSET avec la collaboration de : D. BEAUDOU, L. BLANC, J. BOUCHARD, S. DEMBSKI, S. MANNE, L. NAVARRO, JP. PORCHER, N. POULET, W. SREMSKI ET T. VIGNERON, Mai 2008. Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivis des peuplements de poissons.

KEITH. P; PERSAT. H; FEUNTEN. E ; ALLARDI. J, (2011). Les poissons d'eau douce de France. Biotope, Mèze ; MNHN, Paris (collection inventaires et biodiversité), 552p.

LE LOUARN. H (1) ; WEBB. D.J (2), (1998). Effets négatifs de ph extrêmes sur le développement embryonnaire et larvaire du brochet *Esox lucius* L. p326 à 334.

LELIEVRE. Mickael ; GOMBERT. Céline, (2015). Reconnexion d'une annexe hydraulique de l'Allier : Le recul Pierre Talon. Restauration d'un site de fraie potentiel pour le brochet *Esox lucius*. Fédération de l'Allier pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 17p + annexes.

MAUPOUX. Julien, (2016). Étude du peuplement piscicole de la Grosne de Brandon à Marnay. Zoom sur la population de brochet. Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 60p + annexes.

MACHNIAK (1975). The effects of hydroelectric development of the biology of northern fishes (reproduction and population dynamics). II Northern pike *Esox lucius* L., a literature review and bibliography. Fisheries and marine service, Technical report n°528, Canada.

NF T90-344 Juillet 2011 Qualité de l'eau - Détermination de l'indice poissons rivière (IPR) Le présent document spécifie la méthode de détermination de l'Indice Poisson Rivière qui permet, à partir de la connaissance de la structure des peuplements de poissons, de déterminer la qualité biologique générale des cours d'eau. L'IPR est applicable aux parties continentales des cours d'eau naturels ou anthropisés.

NIGOT. Maxime ; LELIEVRE. Mickael, (2018). Évaluation de la fonctionnalité des annexes hydrauliques du Val d'Allier pour l'espèce brochet. Fédération de l'Allier pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 52p.

MOUThON. J, ROGER .M.C, FAESSEL. B, LAFONT. L, CAMUS. J.C, BARBE. J, 1998. État écologique de la Loire entre Grangent et Villerest : impact des perturbations physiques et chimiques. Rapport CEMAGREF Lyon à EDF DTG, 45p. + annexes.

PORTERET. V, (1997a). La reproduction du rochet, investigation de 1997 : Validation des méthodes sur quelques sites et proposition d'un Observatoire du brochet sur la Saône et la basse vallée du Doubs. Conseil Supérieur de la Pêche, DR 5.

PORTERET. V, (1997b). La reproduction du brochet dans le val de Saône et la basse vallée du Doubs : Élaboration d'une démarche conservatoire. Conseil Supérieur de la Pêche, DR 5.

- RAAT. J.P, (1988). Synopsis of biological data on the northern pike (*Esox Lucius L.*), 1758. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 180p.
- SIEFERT. R.E; SPOOR. W.A; SYRET. RF, (1973). Effets of reduced oxygen concentration on northern pike (*Esox Lucius*) embryos et larvae. J. Fish. Res; Bd. Can. 30, 849-852.
- SOGREAH, 1996. Étude géomorphologique de la Loire dans le département de la Loire. 31p
- SPATOLA. Caroline, (2004). Étude des annexes hydrauliques du fleuve Loire entre le barrage de Grangent et Balbigny : Recensement, description et cartographie des annexes hydrauliques, sites potentiels de reproduction du brochet. Proposition de protocoles d'évaluation et de suivi de leur fonctionnalité. CSP BD42. 52p + annexes.
- SPATOLA. Caroline, (2004). Étude des annexes hydrauliques du fleuve Loire entre le barrage de Grangent et Balbigny : Recensement, description et cartographie des annexes hydrauliques, sites potentiels de reproduction du brochet. Proposition de protocoles d'évaluation et de suivi de leur fonctionnalité. Document technique : Fiches de description des sites potentiels de reproduction du brochet sur l'axe Loire entre le barrage de Grangent et Balbigny. CSP BD42. 50p.
- TISSOT. L ; SOUCHON. Y, (2010). Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen. Hydroécol. Appl. Tome 17, pp. 17-76. EDF, 2011.
- VAUCHER. Jérémy, (2017). Suivi des frayères à brochet restaurées sur la Saône et l'Azergues aval. Année 2016. Fédération du Rhône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 21p + annexes.
- VECCHIO. Yoann, 2010. Retour d'expériences de restauration d'annexes hydrauliques dans le bassin de la Rhin-Meuse. 36 p + annexes.
- VERNEAUX. J, 1981. Les poissons et la qualité des cours d'eau. Annales scientifiques de l'université de Franche-Comté de Besançon.

# Sites internet

SAGE Loire en Rhône-Alpes : [https://sage-loire-rhone-alpes.fr/?page\\_id=2808](https://sage-loire-rhone-alpes.fr/?page_id=2808)

SAGE Loire amont : <http://www.haute-loire.gouv.fr/sage-loire-amont-a2032.html>

Loire le département : [https://www.loire.fr/jcms/lw\\_934316/un-territoire-d-exception?rlb=lw\\_912027](https://www.loire.fr/jcms/lw_934316/un-territoire-d-exception?rlb=lw_912027)

Commune de Unias : <http://www.commune-unias.fr/Geographie>

Loire département : Suivi de la qualité des rivières de la Loire : <http://rivieres.loire.fr>

Données météorologiques de la station de Saint-Etienne – Bouthéon :  
<https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/archives/23/mars/1973/saint-etienne-bouthéon/07475.html>

Météo France : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/843/bilan-climatique-de-l-hiver-2019-2020>

Banque hydro : <http://www.hydro.eaufrance.fr>

Infos climat : <https://www.infoclimat.fr>

# Liste des images

Image 1 : Photographies de la végétation aquatique de l'annexe hydraulique (B. VEJUX).....	6
Image 2 : Photographie de la zone de connexion entre le fleuve Loire et l'annexe (B. VEJUX).....	6
Image 3 : Éléments zooplanctoniques appartenant aux groupes des Cladocères (à gauche) et des Copépodes (à droite) (B. VEJUX).....	14
Image 4 : Chironomidae appartenant à l'ordre de Diptères très représentés sur l'annexe (B. VEJUX)...	15
Image 5 : Exemple de travaux de restauration d'une frayère à Brochet sur l'Oise avec création d'une succession de petits bras annexes (Hydrosphère).....	19

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Rétro planning de l'étude (B. VEJUX) .....	7
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des protocoles de l'étude (B. VEJUX).....	7
Tableau 3 : Prélèvement zooplanctonique de l'annexe (B. VEJUX) .....	13
Tableau 4 : Listing des observations par prospections visuel sur l'annexe (B. VEJUX).....	16

# Liste des figures

Figure 1 : Cartographie du contexte du bassin versant du fleuve Loire, de sa source à l'aval du barrage de Villerest (B. VEJUX) .....	3
Figure 2 : Cartographie de localisation du site d'étude (B. VEJUX).....	4
Figure 3 : Cartographie de l'annexe hydraulique d'Unias (B. VEJUX).....	5
Figure 4 : Cartographies des cumuls des précipitations saisonnières (hiver et printemps 2020) incluant les mois de la période d'étude (Météo France) .....	8
Figure 5 : Graphique annuel (2020) des cumuls des précipitations du secteur d'étude (station Saint-Etienne - Bouthéon) (Infos Climat) .....	9
Figure 6 : Graphique des variations des débits journaliers (pas de temps horaire) durant la période potentielle de fraie (Banque Hydro).....	10
Figure 7 : Exemple de l'importante variabilité des débits de manière journalière (semaine du 07/02/2020 à gauche et semaine du 10/03/2020 à droite (Banque Hydro).....	10
Figure 8 : Profil topographique du chenal principal de l'annexe hydraulique.....	12
Figure 9 : Profil topographique du bras enherbé de l'annexe hydraulique.....	13
Figure 10 : Graphique de la représentativité des principaux groupes zooplanctoniques de l'annexe (B. VEJUX).....	14
Figure 11 : Représentativité des ordres macrobenthiques de l'annexe (B. VEJUX).....	14
Figure 12 : Graphique de la proportion de proies appétentes (faiblement chitineuses) pour les juvéniles de Brochet (B. VEJUX).....	15
Figure 13 : Graphique de la représentativité des principales familles piscicoles de l'annexe (B. VEJUX).17	
Figure 14 : Cartographie des résultats du suivi capture (B. VEJUX).....	18
Figure 15 : Schéma de principe de fonctionnement d'un batardeau (IREAL).....	21

# Annexes



## Annexe 1 : Bilan de compétences

Tâches/actions confiés	Savoir	Savoir-faire	Savoir-être
Travail bibliographique	Rechercher des informations spécifiques à l'étude, à sa méthodologie et aux résultats	-Diversifier les recherches pour obtenir une multitude d'informations et différents retours d'expériences -Utiliser des sources provenant de Fédérations de pêche sur des études similaires -Faire preuve de synthèse -Savoir citer les sources	Être rigoureux et assidu
Élaboration d'un protocole d'étude et d'une méthodologie de travail	-Cerner la problématique et les principaux enjeux du secteur d'étude -Connaitre et prendre en compte les caractéristiques environnementales et morphologiques du site d'étude ainsi que la biologie de l'espèce Brochet -Identifier les limites de l'étude	-Planifier le déroulement de l'étude et estimer le temps de travail (prévisionnel) -Rédiger un rapport de demande de financement -Sélectionner et/ou adapter les protocoles au site d'étude -Déterminer les matériels et méthodes	-Être curieux et demander conseil -Tenir compte des informations et des remarques de mes collègues -Faire preuve d'initiatives -Être force de propositions
Prospections de terrain, acquisitions et traitements de données	-Acquérir les informations souhaitées -Respecter les démarches protocolaires -Utiliser des moyens techniques (QGIS, clés de détermination ...) -Analyser et comparer les données -Dresser le bilan global de l'étude	-Préparation et manipulation du matériel -Prendre en compte les connaissances personnelles et professionnelles de terrain -Savoir s'adapter -Savoir analyser et comparer des données -Rédiger un rapport technique	-Être curieux et attentif sur le terrain -Être patient -Être rigoureux et méthodique -Être autonome

- ❖ Les nombreux savoirs acquis lors de mes expériences professionnelles antérieures en Fédération de pêche ont constitué une base essentielle pour la réalisation de cette étude.
- ❖ L'aspect biologique spécifique de l'espèce Brochet, a considérablement contribué à renforcer mes connaissances en ichtyologie.
- ❖ J'ai également pu observer une évolution évidente de ma méthode de recherches et de traitements d'informations bibliographiques, se montrant plus riches, diversifiée et synthétique.
- ❖ Malgré la période exceptionnelle liée à l'épidémie de COVID19 qui est venue grandement perturber et affecter les sessions d'alternances, mais aussi le fonctionnement de la structure d'accueil avec notamment le décalage de nombreuses opérations de terrains qui ont réduit le temps de travail dédié à mon étude, il en ressort un bilan positif quant à mon organisation et ma rapidité de travail qui seront attendu dans le monde professionnel.

- ❖ De manière plus globale, la prise en main de l'intégralité d'un projet et de ses modalités, en autonomie, ainsi que l'élaboration d'une méthodologie de travail, constituent de véritables compétences qui sauront m'être favorables pour la suite de mon parcours d'étude en Master.

## *Annexe 2 : Présentation de la Fédération de la Loire pour la Pêche et la protection du Milieu Aquatique*



*Photo de la structure (B. VEJUX)*

La Fédération de la Loire (42) pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique est une structure associative (loi 1901) reconnue d'utilité publique chargée de par la loi de missions d'intérêt général. Localisée à la Fouillouse au nord de la ville de Saint Etienne, elle exerce ses fonctions sur l'intégralité du territoire départemental. Acteur environnemental majeur, elle accompagne les actions de ses 33 AAPPMA\*.

*\*Les AAPPMA ou Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique 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 des milieux aquatiques, du patrimoine piscicole, luttent contre le braconnage, la pollution et la destruction des zones essentielles à la vie du poisson. Elles effectuent également des opérations de mise en valeur du domaine piscicole et favorisent l'information.*

### *Les objectifs et les missions de la FPPMA42*

- **Définir, coordonner et contrôler** : les actions des associations adhérentes.
- **Connaître** : les milieux aquatiques grâce à la collecte de données de terrain sur l'état du milieu (impact environnemental, perturbations), des peuplements piscicoles (macroinvertébrés, flore...) et de la qualité de l'eau. Elle participe activement et financièrement à l'élaboration d'études.
- **Protéger** : les équilibres naturels des rivières et leurs peuplements piscicoles par une sensibilisation des gestionnaires et des contributions (réglementation, classements, lutte

contre les pollutions...) et siéger dans de nombreuses instances officielles, participé aux réunions initiées par les organismes chargés de la gestion ou de la police de l'Eau et de la Pêche.

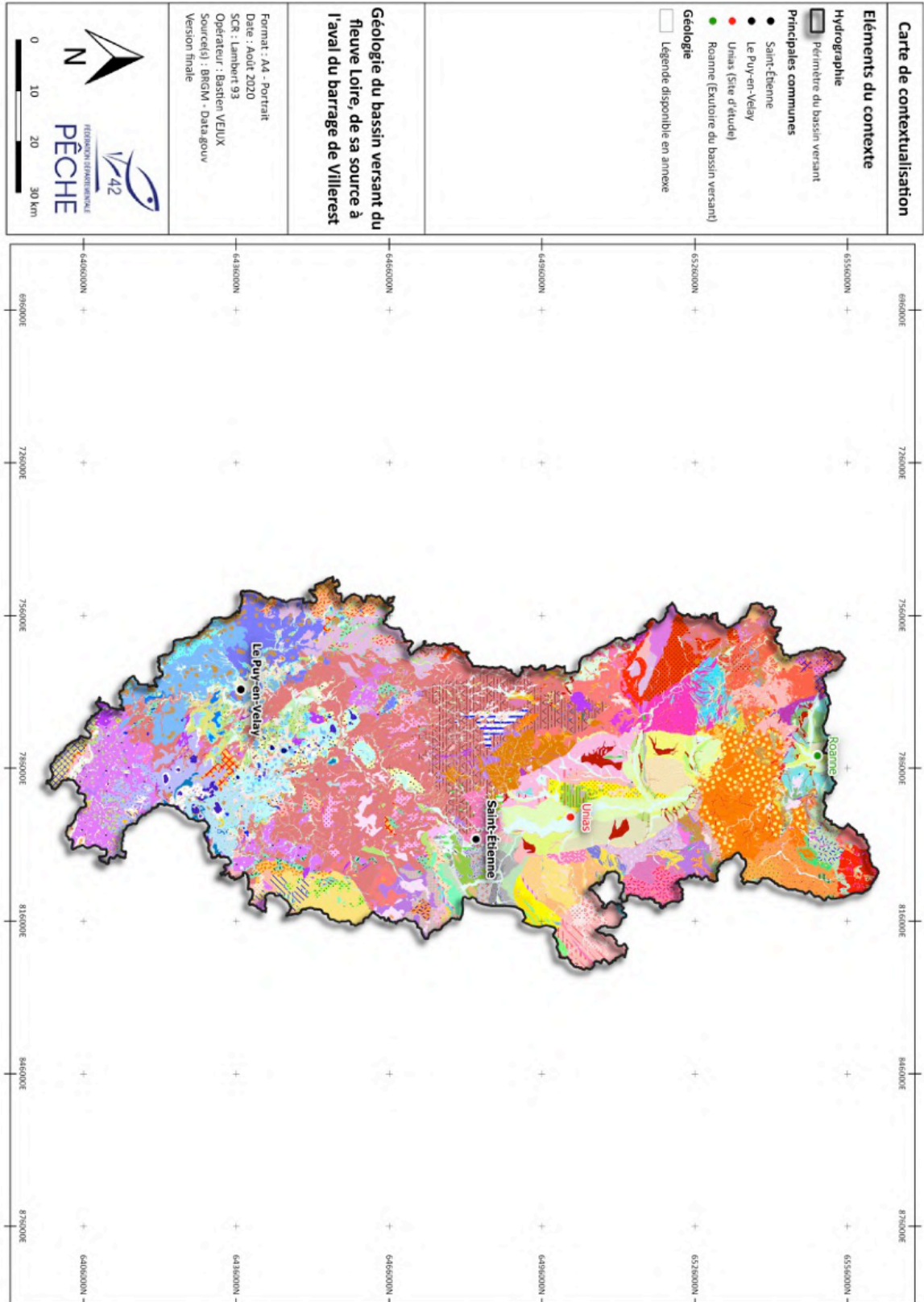
- **Restaurer** : les milieux dégradés par des actions d'entretien des berges et de diversification du lit, aménagement de zones humides, soutien des populations piscicoles, travaux sur des cours d'eau avec les syndicats de rivières, les AAPPMA.
- **Valoriser** : le patrimoine aquatique par la promotion du loisir pêche et le développement du tourisme pêche en Côte d'Or, aménagement de parcours attractifs et spécialisés, accessibles à tous (pontons handipêche) ou pédagogiques.
- **Informer/sensibiliser** : tout public sur les écosystèmes aquatiques par des interventions en milieu scolaire, en centres de loisirs et des manifestations.

*Les activités : il existe 3 grands pôles d'activité majeur*

<p><b><u>Le pôle technique</u></b> a en charge de :</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-de surveiller les milieux aquatiques</li> <li>-de définir, mettre en œuvre, suivre et évaluer la stratégie départementale de développement du loisir pêche</li> <li>-de conduire des missions techniques appliquées dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques et de les valoriser</li> <li>-de mettre en œuvre la politique départementale de gestion piscicole et de protection des milieux aquatiques</li> <li>-de collecter des informations sur le fonctionnement des écosystèmes</li> <li>-d'intervenir dans les milieux naturels (travaux, entretien, réhabilitations, renaturation, suivi des installations...</li> </ul>
<p><b><u>Le pôle garderie et développement</u></b> a en charge de :</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-de surveiller le respect de la réglementation pêche</li> <li>- d'animer le réseau départemental des gardes pêches particuliers bénévoles</li> <li>- de collecter des données de terrain et d'établir des rapports relatifs aux atteintes des milieux aquatiques</li> <li>-de sensibiliser le public à l'environnement et à la protection des milieux aquatiques</li> <li>-d'effectuer des opérations de repeuplement</li> </ul>
<p><b><u>L'animation</u></b></p>	<p><i>-Ateliers Pêche Nature :</i> Ils ont pour objectif de permettre au pêcheur débutant, à l'issue de sa formation, de pratiquer la pêche en ayant un comportement autonome et responsable vis-à-vis de la nature, des autres usagers du milieu aquatique et de lui-même.</p> <p><i>-Centres de Loisirs :</i> La Fédération de Pêche organise des animations auprès des Centres de Loisirs pour les enfants, avec la participation d'un salarié moniteur guide de pêche pour des demi-journées ou journées</p>









































# Contexte

## Annexe 3 : Cartographie du contexte géologique du secteur d'étude



## Eléments du contexte

### Géologie du département de la Loire

-  X, Dépôts anthropiques : remblais et déblais modernes, formations anthropiques, terrils, anciennes découvertes remblayées et sol gallo-romain - 1
-  E, Eboulis à éléments divers, complexes de versant - 2
-  J, Cônes de déjection torrentiel - 3
-  Cv, Colluvions indifférenciées des bas de versants et des fonds de vallons - 4
-  CRs, Formations résiduelles à matériaux siliceux ; formations de versant (remaniements quaternaire) sur substrat non observé - 5
-  CR, Complexes colluviaux : formations argilo-silteuses des plateaux. - 6
-  C-F, Colluvions et alluvions indifférenciées - 7
-  iã, Altérites : arènes granitiques - 8
-  F, Formations alluviales (sables et graviers) : remblaiements fluviaux divers - 9
-  F(r), Alluvions anciennes ; nappes très dégradées ou résiduelles : sables et graviers - 10
-  FzT, Tourbe - 11
-  Fz, Alluvions actuelles et subactuelles : limons, sables, graviers et galets - 12
-  K, Complexe de formations superficielles et alluviales, essentiellement de sables et d'argiles tertiaires - 13
-  OEy, Formations loessiques (Würm) - 14
-  FGy, Alluvions fluvio-glaciaires récentes - 15
-  Gy, Moraines anciennes et récentes - 16
-  Fy-z, Formations alluviales (sables et graviers) : alluvions actuelles et anciennes indifférenciées - 17
-  Fy, Formations alluviales (sables et graviers) : alluvions anciennes indifférenciées distinguées suivant des critères essentiellement altimétriques - 18
-  Fx, Formations alluviales (sables et graviers) : alluvions anciennes indifférenciées distinguées suivant des critères essentiellement altimétriques - 19
-  Fw, Formations alluviales (sables et graviers) : alluvions anciennes indifférenciées distinguées suivant des critères essentiellement altimétriques - 20
-  Fv, Alluvions anciennes (distinguées suivant des critères essentiellement altimétriques) - 21
-  pFv, Limons et cailloutis (Plio-Quaternaire) - 22
-  g-m, Formations de la bordure orientale, Sables et argiles de Sainte-Foy : argiles, sables et poudingues (Oligo-Miocène indifférencié) - 23
-  (g-m)4(1), 4ème étage "Marnes vertes" : argiles parfois sableuses (Oligo-Miocène) - 24
-  (g-m)4(2), 4ème étage "Marnes vertes" : marnes, calcaires et dolomies (Oligo-Miocène) - 25
-  (g-m)4(3), 4ème étage "Marnes vertes" : argiles plastiques (Oligo-Miocène) - 26
-  (g-m)3(1), 3ème étage "Sables quartzeux" : sables (Oligo-Miocène) - 27
-  (g-m)3(2), 3ème étage "Sables quartzeux" : argiles sableuses (Oligo-Miocène) - 28
-  (g-m)2(1), 2ème étage "Grès de Veauce" : grès et sables (Oligo-Miocène) - 29
-  (g-m)2(2), 2ème étage "Grès de Veauce" : argiles sableuses (Oligo-Miocène) - 30
-  (g-m)2(3), 2ème étage "Grès de Veauce" : argiles plastiques (Oligo-Miocène) - 31
-  (g-m)1(1), 1er étage "Sables feldspathiques" : sables et argiles sableuses (Oligo-Miocène) - 32
-  (g-m)1(2), 1er étage "Sables feldspathiques" : marnes et calcaires (Oligo-Miocène) - 33
-  (g-m)1(3), 1er étage "Sables feldspathiques" : argiles plastiques (Oligo-Miocène) - 34
-  (g-m)1(4), 1er étage "Sables feldspathiques" : poudingues de la bordure occidentale du fossé de Montbrison (Oligo-Miocène) - 35
-  g-pâ, Dykes de basanite - 36
-  g-pâva, Limburgites et mandchourites (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 37
-  g-pâ0, Néphélinites (à méililite et haüyne) (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 38
-  g-pâbr, Brèches (porcelanites) (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 39
-  g-pâpr, Pépérites (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 40
-  g-pâa, Basanites à analcime et nodules d'olivine (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 41
-  g-pâLe, Basanites à leucite. Tertiaire. - 42

g-pâv, Basanitoides (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 43
mâ1a, Basanites à analcime et olivine (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 44
mâ2v, Basanitoides (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 45
g-mâ, Roches basaltiques non différenciées (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 46
gâ1a, Basanites à analcime (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 47
gâ1Le, Basanites à leucite (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 48
gâ1v, Basanitoides (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires) - 49
gM, Calcaire, marnes, argiles et sables à nodules calcaires (Oligocène) - 50
gS, Sables, sables argileux et argiles (Oligocène) - 51
gA, Faciès des bordures : conglomérats, sables feldspathiques et argiles (Oligocène) - 52
«, Paléosols ferrugineux (base de l'Oligocène ?) - 53
±, Silicifications massives notamment sur les calcaires jurassiques. - 54
J2b, Calcaire marneux (Bajocien supérieur) - 55
J1b-J2a, Calcaires à entroques (Aalénien supérieur - Bajocien inférieur) - 56
J1a, Marnes ferrugineuses et calcaires argileux (Aalénien inférieur) - 57
I4, Marnes grises (Toarcien) - 58
I3b, Calcaires (Pliensbachien supérieur) - 59
I3a-b, Marnes pyriteuses et calcaires à entroques (Pliensbachien) - 60
I2, Calcaires et grès (Sinémurien) - 61
t-l, Brèches, calcaires et grès infraliasiques, souvent microconglomératiques à dragées de quartz (Trias-Lias) - 62
ã1, Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien) : Granite à biotite - 63
ã1h, Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien) : Granite à biotite hétérogène - 64
pã1, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Formations ignées anté-anatexie vellave : granite porphyroïde à biotite, à structure parfois orientée - 65
pã1G, Granites westphaliens du Velay (305-300Ma) : Granite porphyroïde à biotite - 66
ã1m, Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien) : Granite à muscovite - 67
ã1bm, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Granite à deux micas, leucocrate à mésocrate, péri-Forez. Hercynien.(310-317 Ma) - 68
ã1bc, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Granite monzonitique de grain variable, à biotite et cordiérite : granite du Forez (Roches plutoniques et métamorphiques) - 69
ë1q, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Tonalite - diorite quartzifère à biotite. Hercynien. - 70
ë1qa, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Tonalite - diorite quartzifère - diorite à amphibole et fréquente biotite - 71
îã1, Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien). Roches microgrenues calco-alcalines monzonitiques - 72
îã1co, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Granites namuro-westphaliens : microgranites et microgranites de type Coise - 73
ôë1, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Syéno-diorites (vaugnérites). Formations plutoniques péri- et intravellaves. - 74
äg1, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Amphibolites et gneiss amphibolitiques enclavées dans le granite du Forez - 75
Ûã1, Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Pyroxéno-amphibolites rubanées enclavées dans le granite du Forez - 76
ã2L, Dôme migmatitique du Velay. Leucogranite namuro-westphaliens monzonitique hétérogène à cordiérite - 77
ã2LM, Dôme migmatitique du Velay - granite leucocrate namuro-westphalien - 78
ã3, Dôme migmatitique du Velay-Forez - Granite hétérogène à biotite +/- sillimanite associé à des migmatites développées au dépend de l'Unité Inférieure des Gneiss - 79
ã3L, Dôme migmatitique du Velay-Forez - Leucogranites namuro-westphaliens (325 - 310 Ma) à Lacis important de filons de leucogranite et d'aplite - 80
ë3, Dôme migmatitique du Velay-Forez - Diorite à hornblende et biotite à grain grossier ou fin - 81
ã4, Dôme migmatitique du Velay-Forez - Granodiorite porphyroïde à biotite et hornblende (325 - 300 Ma) - 82
ã4mb, Leucogranite de grain fin à deux micas, intrusif dans les granites du Forez et péri-Forez (280-300 Ma) - 83
ã4m, Leucogranite à grain fin, à muscovite (complexe granito-magmatitique du Velay-Forez) 329 +/- 14 Ma - 84
Lã4, Leucogranite à gros grain, riche en muscovite. Massif de l'Hermitage (329 +/- 14 Ma) - 85

- h2c(N), Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs (Viséen supérieur) - 129
- h2c(N)g, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs : niveau gréseux anthracifère (Viséen supérieur) - 130
- h2c(N)lg, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs : ignimbrite rose de St Julien d'Oddes (Viséen supérieur) - 131
- h2c(N)cg4, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs : conglomérat de base et brèches associées (Viséen supérieur) - 132
- h2c(N)cg3, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs conglomératiques essentiellement à éléments calcaires (Viséen supérieur) - 133
- h2c(N)cg1, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : conglomérat à faciès du Pont de Presle (Viséen supérieur) - 134
- h2b(M)ôâ, Série de Montagny : volcanisme trachy-andésitique (Viséen moyen) - 135
- h2b(M)â, Série de Montagny : volcanisme basaltique (Viséen moyen) - 136
- h2b(M)¹, Série de Montagny : Calcaire parfois interstratifié et parfois à Foraminifères (série d'Oddes) (Viséen moyen) - 137
- h2b(M)l, Série de Montagny : schistes et grès (Viséen moyen) - 138
- h2b(M)É, Série de Montagny : conglomérat (Viséen moyen) - 139
- h2b(J), Unité de St-Marcel-l'éclairé : alternances de siltite, grès et conglomérat (fréquemment à galets de calcaire) (Viséen moyen) - 140
- h2a-b ôâ, Lave andésito-dacitique généralement intrusive en filons ou stock (Viséen inférieur et moyen) - 141
- h2a-b, Siltite, grès, intercalations de microconglomérat, étage schisto-gréseux (Viséen inférieur et moyen indifférenciés), - 142
- h2a(G)-Â1, Série de la Gresle : kératophyre (Viséen inférieur) - 143
- h2a(G)-Â2, Série de la Gresle : spilites et volcanites associées (Viséen inférieur) - 144
- h2a(G)-g, Série de la Gresle : grès et quartzites (grauwackes?) (Viséen inférieur) - 145
- h2a(G)-l, Série de la Gresle : schistes et grès, schistes noduleux (Viséen inférieur) - 146
- h2a(A)-p, Série de l'Aix : pélites et grès (Viséen inférieur) - 147
- h2a(A)-cg, Série de l'Aix : conglomérats (Viséen inférieur) - 148
- h2a(A), Série de l'Aix : calcaire cristallin azoïque (Viséen inférieur) - 149
- h2a(A)-ââ, Série de l'Aix : laves et tufs spilitiques, basaltiques ou andésitiques (Viséen inférieur) - 150
- h1â, Série volcano-sédimentaire de la Brévenne, magmatisme basique : métagabbros, métadolérites (Tournaisien - 350-360 Ma) - 151
- h1ê, Série volcano-sédimentaire de la Brévenne, roches plutoniques associées : Trondhjémite et microtrondhjémite plus ou moins métamorphisées (Tournaisien - 350-360 Ma) - 152
- h1ôâ, Série volcano-sédimentaire de la Brévenne, magmatisme acide : métakératophyres ou soda-rhyolites à soda-dacites métamorphisés (Tournaisien - 350-360 Ma) - 153
- d6-7â, Série volcano-sédimentaire de la Brévenne : Volcanisme basique : basalte (lave), doléritique, microgabbro, tuf basaltique, tous métamorphisés, débit en coussins (dévonien supérieur) - 154
- d6-7i, Complexe andésitique volcano-sédimentaire (dévonien supérieur) - 155
- d6-7fv, Série du Beaujolais : Unité Violay : principalement tufs et brèches intermédiaires à basiques, plus ou moins remaniés, métamorphisés (dévonien supérieur) - 156
- d6-7SnV, Série du Beaujolais : Unité Violay : rares intercalations de siltite métamorphisée (dévonien supérieur) - 157
- di(B), Série du Beaujolais : Unité du complexe ophiolitique : dolérite massive et en filon (Silurien possible à Dévonien probable) - 158
- i(B), Série du Beaujolais : Unité du complexe ophiolitique : cumulats gabbroïques (Silurien possible à Dévonien probable) - 159
- ê1ab, Série du Beaujolais : Unité de Saint Vêrand : Trondhjémite albitique de Chindo (Silurien possible à Dévonien probable) - 160
- lK, Série du Beaujolais, unité de valsonne : Grauwackes - 161
- â11, Série du Beaujolais : Unité de Ternand-Cruizon : Schistes amphiboliques de Sail-sous-Couzan (Silurien possible à Dévonien probable) - 162
- æ2(L)Ms2, Complexe métamorphique du Lyonnais - Unités supérieures des gneiss : ensemble métasédimentaire sommital ; paragneiss migmatitiques à biotite et sillimanite - 163
- æ2(L)Ms1, Complexe métamorphique du Lyonnais - Unités supérieures des gneiss : ensemble métasédimentaire sommital ; migmatites à biotite, sillimanite, cordiérite et gneiss kinzigitiques - 164
- æ2(L)âi, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : amphibolites et ortholeptyniques, gneiss à amphibole ou pyroxène - 165
- æ2(L)Â, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : migmatites à deux micas et roches associées. Roches métamorphiques antérieures au Dévono-Dinantien. - 166
- æ2(L)Mb5, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; métagrauwackes peu ou pas migmatitiques (paléosomes) - 167
- æ2(L)Mb4, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; métagrauwackes migmatitiques - 168
- æ2(L)Mb3, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; métagrés-pélites migmatitiques ("migmatites à cordiérite de St Symphorien sur Coise") - 169
- æ2(L)Mb2, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; paragneiss grés-pélitiques à biotite, sillimanite, cordiérite et grenat - 170

- h5-r1(1), Conglomérats supérieurs, grès et schistes à faciès rouge (Stéphanien supérieur-Autunien) - 86
- h5-r1(2), Conglomérats supérieurs, grès et schistes à faciès gris (Stéphanien supérieur-Autunien) - 87
- h5f, Grès arkosiques, schistes micacés et couches charbonneuses (Stéphanien supérieur) - 88
- h5e, Assise de St Etienne, série du Treuil, schistes, grès et charbon (Stéphanien moyen) - 89
- h5d, Assise de St Etienne, série de la Talaudière, schistes, grès, charbon et conglomérats polygéniques (Stéphanien moyen) - 90
- h5c, Assise de St Etienne, poudingue mosaïque, schistes et grès, conglomérats (Stéphanien moyen) - 91
- h5b, Assise de Rive de Gier, faisceau de la Péronnière, schisto-gréseux (Stéphanien inférieur) - 92
- h5a, Assise de Rive de Gier, brèche de base de la Fouillouse (Stéphanien inférieur) - 93
- hC, Conglomérats indifférenciés d'âge incertain : conglomérat de St Chamond et conglomérat de Ricolin - 94
- hQ, Terrains silicifiés - 95
- ã5, Monzogranite leucocrate à gros grain et à tendance porphyroïde (Monts du forez) - 96
- fã5, Granite leucocrate à grain fin et microgranites associés (Monts du forez) - 97
- pã5, Granite-granodiorite porphyroïde à biotite, parfois muscovite ou hornblende (Monts du forez) - 98
- ã5if, Microgranites et faciès recristallisés indifférenciés (Monts du forez) - 99
- îã5, Microgranites et faciès recristallisés dominants (Monts du forez) - 100
- ã5M, Monzogranite à deux micas, à grain grossier (Monts du forez) - 101
- ã6b, Granite à biotite de tendance microgrenue porphyrique (Monts du mâconnais) - 102
- hã6b, Roches volcaniques indifférenciées en "septa" dans les granites à biotite de tendances microgrenue porphyrique (Monts du mâconnais) - 103
- pã7b, Granite porphyroïde à biotite (Monts du lyonnais) - 104
- ã7ba, Monzogranite magnésio-potassique à calco-potassique à biotite et amphibole de St Laurent de Chamousset, de Sarcey et de Mayet-de-Montagne (granites namuro-westphaliens) - 105
- ã7Ca, Monzogranite calco-alcalin à biotite de Salt en Donzy (Monts du lyonnais) - 106
- ã7Cae, Enclaves granodioritiques dans le granite de Salt-en-Donzy (Monts du lyonnais) - 107
- ã5B, Granophyre de Boën-sur-Lignon et granite de Cezay (Plateau d'Urfé - Monts du forez) - 108
- piã5, Microgranite porphyrique en nappe (Monts du forez) - 109
- îã5px, Microgranite à augite de Saint-Just-en-Chevalet (Monts du forez) - 110
- fã5, Granite à grain fin du Moulin Barbeau, apparenté aux granites rouges namuro-westphaliens (Plateau d'Urfé - Monts du forez) - 111
- îã7, Microgranite en stock de Balbigny (Monts du lyonnais) - 112
- ã5h, Granite à tendance monzonitique, à biotite et muscovite - Massif de l'Hermitage et de la Croix-de-Ladret (Monts du forez) - 113
- pã5l, Monzogranite porphyroïde à biotite et parfois à amphibole (Massif de Saint-Julien-la-Vêtre - montagne Bourbonnaise - Monts du forez) - 114
- eã5l, Enclave dioritique du Piolard dans le monzogranite porphyroïde à biotite et parfois à amphibole (Massif de Saint-Julien-la-Vêtre - montagne Bourbonnaise - Monts du forez) - 115
- ã7al, Granite ou alaskite rose équigranulaire de Rozier-en-Donzy rapportés au cortège des granites rouges ou au granite de Salt-en-Donzy (Monts du lyonnais) - 116
- fã5c, Granite du Moulin Barbeau à grain fin rapporté au cortège des granites rouges (Monts du forez) - 117
- ã7Al, Granite alumino-potassiques intrusifs syncinématiques (Viséen inférieur - Monts du lyonnais) - 118
- i7, Vaugnérite et tonalites associées dans les granites intrusifs syncinématiques (Viséen inférieur - Monts du lyonnais) - 119
- ãs, Granite schisteux syntectonique (Tournaisien-Viséen) - 120
- h2c-îãa, Stock, sill de microgranite granophyrique (Viséen supérieur) - 121
- h2c(tp)ôB, Série des tufs anthracifères (Unité du Tuf Picard) : lave rhyolitique de Boisseret (Viséen supérieur) - 122
- h2c(tp)ô, Série des tufs anthracifères (Unité du Tuf Picard) : tuf soudé rhyo-dacitique, ignimbrite rhyo-dacitique, brèche, tuf plus ou moins soudé à débris lithiques (Viséen supérieur) - 123
- h2c(tp)îô, Série des tufs anthracifères (Unité du Tuf Picard) : ignimbrite, équivalent effusif du granophyre de Boën (Viséen supérieur) - 124
- h2c(V)ô, Série des tufs anthracifères (Unité de Villerest) : rhyolite de Villerest et tuf rhyo-dacitiques (Viséen supérieur) - 125
- h2c(V)ôL, Série des tufs anthracifères (Unité de Villerest) : lave de Fond, lave et tuf du barrage de Villerest - 126
- h2c(N)ôã, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : lave de l'Isable, lati-andésite quartzique (Viséen supérieur) - 127
- h2c(N)p, Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : "tuf porphyrique" : Lave du Lourdon (Viséen supérieur) - 128



- æ2(L)Mb1, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; gneiss illés leptyniques - 171
- æ2(L)gn, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : formations métamorphiques lenticulaires ; gneiss granulitiques basiques - 172
- æ2(L)ü, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : formations métamorphiques lenticulaires : éclogites - 173
- æ2(L)ö, Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : formations métamorphiques lenticulaires : péridotites - 174
- æ1(L)æä1, Unités inférieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais ; ensemble orthogneissique : orthogneiss illés à biotite - 175
- æ1(L)æä2, Unités inférieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais ; ensemble orthogneissique : orthogneiss rubanés (isogranulaires, granulométrie fine) - 176
- æ1(L)æä3, Unités inférieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais ; ensemble orthogneissique : orthogneiss anatectiques (anatie post-P1 et syn-P2) - 177
- æ1(F)bm, Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : gneiss migmatitiques rubanés à biotite - 178
- æ1(F)Ää, Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez (groupe de la Senouire) : orthogneiss migmatitiques. Formations gneissiques. - 179
- æ1(F)gn, Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Gneiss fin à quartz, biotite et plagioclase à antiperthite (Roches plutoniques et métamorphiques) - 180
- æ(F)Ä1, Unités supérieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites indifférenciées associées au granite du forez développées au dépens de paragneiss - 181
- æ(F)Ä2, Unités supérieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites développées au dépens de paragneiss, diatexites à schlierens biotitiques - 182
- æ(F)Ä3, Unités supérieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites plus ou moins riches en biotite, localement à sillimanite, de St-Georges -de- Couzan - 183
- æ(F)Ä4, Unités supérieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites développées au dépens de paragneiss, faciès à cordiérite - 184
- æ(F)Ä5, Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites plus ou moins anatectiques aux dépens de leptynites à biotite ou de gneiss alumineux - 185
- æ(F)Ä6, Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites plus ou moins anatectiques, à biotite avec cordiérite, aux dépens de leptynites à biotite seule ou de gneiss alumineux (Roches plutoniques) - 186
- æ(F)Ä7, Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites plus ou moins anatectiques, à biotite avec sillimanite, aux dépens de leptynites ou de gneiss alumineux - 187
- æ2(V)ñ, Unités supérieures des gneiss : Groupe leptyno-amphibolique : Série Barroviennne du Vivarais oriental : complexe hétérogène d'Eteize. Formations métamorphiques et effets de la migmatisation Vellave - 188
- æ2(V)Ü, Unités supérieures des gneiss : Groupe leptyno-amphibolique : Série Barroviennne du Vivarais oriental : serpentinites. Formations métamorphiques et effets de la migmatisation Vellave - 189
- æ(A)1, Unités inférieures des gneiss : formations métamorphiques d'Affoux ; gneiss illé : méta-granite porphyroïde (socle anté-dévonien) - 190
- æ(A)2, Unités inférieures des gneiss : formations métamorphiques d'Affoux ; gneiss illé à rubané : méta-tonalité (socle anté-dévonien) - 191
- æ(A)3, Unités inférieures des gneiss : formations métamorphiques d'Affoux et Série de la Chaveronderie; gneiss micaschisteux (socle anté-dévonien) - 192
- æ2(P)í, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : leptynites - 193
- æ2(P)ä, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : leptynites granitiques et gneiss leptynique illé - 194
- æ2(P)gn, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : gneiss illés - 195
- æ2(P)gn2, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : gneiss à deux micas - 196
- æ2(P)ä, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : amphibolites - 197
- æ2(P)äg, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : amphibolites à résidus de gabbros - 198
- æ2ñ(P)ms, Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : micaschistes " à minéraux " type lyonnais - 199
- æ1ñ(P)Ab, Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : chloritoschistes à Albite - 200
- æ1ñ(P), Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : micaschistes à biotite ou à deux micas - 201
- æ1ñ(P)Ab', Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : micaschistes à deux micas et albite - 202
- æ1(P)Mí, Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : leptynites granitoïdes - 203
- æ1(P)M, Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : gneiss illés granitoïdes - 204
- æ1(P)Mc, Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : anatexites claires à cordiérite - 205
- æ1(P)Mcs, Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : anatexites sombres à cordiérite et/ou sillimanite ; faciès gneissique - 206
- ñ(P)2, Série du Pilat, Série micaschisteuse de basse pression : micaschistes et gneiss fins à deux micas, parfois à cordiérite - 207
- ñ(P)3, Série du Pilat, Série micaschisteuse de basse pression : micaschistes à deux micas, cordiérite et andalousite - 208
- ñ(P)4, Série du Pilat, Série micaschisteuse de basse pression : micaschistes à sillimanite - 209
- ñ(P)5, Série du Pilat, Série micaschisteuse de basse pression : micaschistes à sillimanite et cordiérite - 210
- ñæ(P)gn, Série du Pilat, Série de basse pression : gneiss fins sombres à biotite, cordiérite et orthose - 211
- ñæ(P)gn2, Série du Pilat, Série de basse pression : gneiss grossiers hétérogènes à biotite, cordiérite et orthose - 212
- ñæ(P)íb, Série du Pilat, Série de basse pression : leptynite massive à ellipsoïdes micacées - 213
- ñæ(P)íæ, Série du Pilat, Série de basse pression : gneiss leptynitiques et leptynites à orthose et sillimanite - 214
- ñæ(P)íráæ, Série du Pilat, Série de basse pression : gneiss leptynitiques et leptynites à orthose et sillimanite parfois à rubans de quartz - 215
- ñæ(P)M, Série du Pilat, Série de basse pression : anatexites claires à biotites, sillimanite et parfois grenats - 216
- ñæ(P)M2, Série du Pilat, Série de basse pression : anatexites claires à biotites, sillimanite et parfois grenats ou cordiérite - 217
- fä1, Leucogranite à biotite et muscovite en filon, localement en massif - 218
- fä2, Leucogranodiorite monzonitique peralumineuse à cordiérite (formations granitiques du Velay) - 219
- fä3, Leucogranodiorite monzonitique peralumineuse à biotite porphyrique (formations granitiques du Velay) - 220
- fiñë, Andésite, microdiorite - 221
- fiä4, Filons de microgranite-granodiorite porphyrique à biotite, recoupant les granitoïdes du Forez et péri-Forez - 222
- fiëq, Filons de microdiorite quartzifère à biotite +/- amphibole, recoupant les granitoïdes du Forez et péri-Forez - 223
- fiä2, Aplite et microgranite - 224
- fiäP, Roches filoniennes : Microgranite porphyrique (Viséen supérieur à post Viséen) - 225
- fiä3, Roches filoniennes : Micro-alaskite porphyrique (Post Viséen) - 226
- fi, Roches filoniennes : Lamprophyre (carbonifère) - 227
- fó, Rhyolite en filon - 228
- fQ, Roches filoniennes : Quartz - 229
- ú, Phyllonites - 230

## Annexe 4 : Présentation de l'espèce Brochet : *Esox lucius* (Linnaeus, 1758)

Poisson carnassier emblématique des eaux métropolitaines, le Brochet (*Esox lucius*) appartient à la famille des Esocidae. Autochtone, il est implanté sur la quasi-totalité du réseau hydrographique français, aussi bien dans les lacs, que dans les rivières ou encore dans les canaux.

Espèce limnophile, il affectionne les eaux claires de faible profondeur possédant un couvert végétal dense.



Brochet adulte dans son milieu naturel (L. MADELON-FNPF)

### Caractéristiques morphologiques :

Avec des mensurations pouvant parfois dépasser les 130 cm, pour un poids supérieur à 15 kg (pour les plus gros individus âgés d'une quinzaine d'années), ce grand poisson dulçaquicole, situé en haut du réseau trophique, possède de nombreux atouts physiologiques caractéristiques d'un prédateur. Il est doté d'une mâchoire armée de plus de 700 dents et d'excellentes capacités visuelles. Ses puissantes nageoires dorsales et anales couplées à une morphologie fusiforme, taillée pour le sprint, lui permettent d'atteindre des vitesses avoisinant les 50 km/h en action de chasse. Maître dans l'art du camouflage, il utilise une stratégie adaptative d'imitation : le mimétisme, en sollicitant sa robe pouvant varier du vert clair au noir (en fonction du milieu) afin de se fondre dans la végétation aquatique.

### Alimentation :

Poisson opportuniste, son régime alimentaire à l'âge adulte est principalement ichtyophage et peut néanmoins être élargi aux crustacés, amphibiens ou encore occasionnellement à de petits mammifères et oiseaux aquatiques.

### Évolution temporelle des populations :

Au cours du temps, l'intensification des activités anthropiques a grandement fragilisé les populations par des phénomènes de pollution, de surpêche ou de réduction du continuum écologique. La modification des régimes hydrologiques des cours d'eau reste la principale cause de cette régression de l'espèce par la perte des zones favorables à sa reproduction. Aujourd'hui, le Brochet est classé sur la liste rouge des espèces menacées en France. Il est caractérisé comme étant « vulnérable ».

### Intérêt halieutique et économique :

Pêché et prélevé initialement pour ses qualités gustatives, le Brochet fait aujourd'hui l'objet d'une pratique de la pêche sportive en « no-kill » (sans tué). Très recherché pour sa technicité et pour ses puissants combats, l'espèce rassemble chaque année de nombreux adeptes.

Le développement de nouvelles méthodes de pêche des poissons carnassiers aux leurres, dont le Brochet reste l'emblème, ont profondément modifié le marché des articles de pêche et constitue un véritable business marketing, en proposant continuellement de nouveaux produits (cannes à pêche, leurres, embarcations, électronique ...).

Ses nouvelles pratiques ont également contribué à l'essor du tourisme pêche qui séduit chaque année de nouveaux pratiquants venus du monde entier en quête de nouvelles destinations, sensations mais aussi de poissons trophés.

### Cycle biologique :

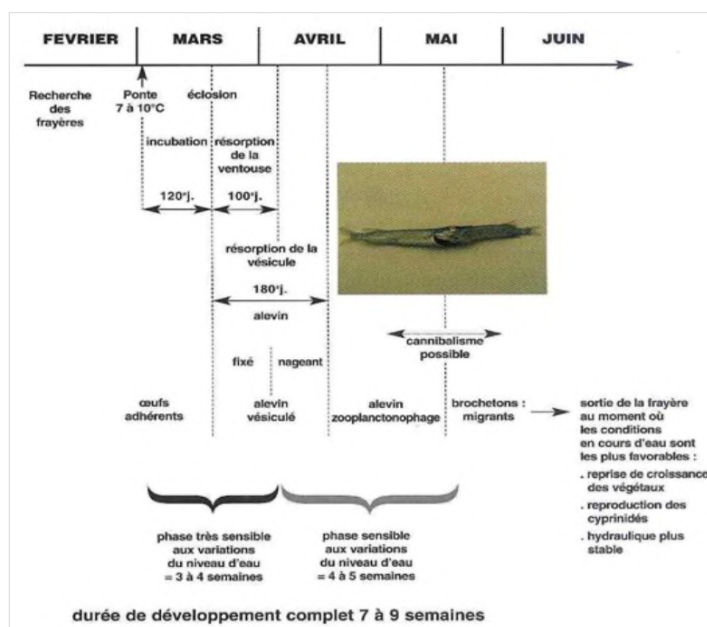
La reproduction d'*Esox lucius* reste très distincte des autres espèces piscicoles puisqu'elle intègre de nombreux paramètres essentiels à son bon déroulement.

La période de fraie a lieu durant les mois de février à mars pouvant même s'étaler jusqu'au mois d'avril dans certaines régions aux caractéristiques topographiques et climatiques particulières (altitude, températures basses...). Espèces phytophiles, il est dépendant de conditions hydrologiques favorables lui permettant d'accéder, lors des crues printanières, à des zones de végétation submergées par les eaux afin d'y déposer ses gamètes (prairies, marais ou encore annexes hydrauliques). Le déclenchement de l'activité reproductrice est influencé par des paramètres photopériodiques, ainsi que par le régime thermique avec des températures idéales comprises entre 8 et 15°C (DUBE et GRAVEL, 1978 ; MACHNIAK, 1975 in TISSOT ET SOUCHON, 2010). Ce migrateur holobiotique longitudinal et notamment transversal, peut parcourir de grandes distances, jusqu'à 78 km, afin d'assurer son cycle biologique (KEITH *et al.*, 2011, DUBOST et VAUCLIN, 2004 ; CHANCEREL, 2003).

### Développement des juvéniles :

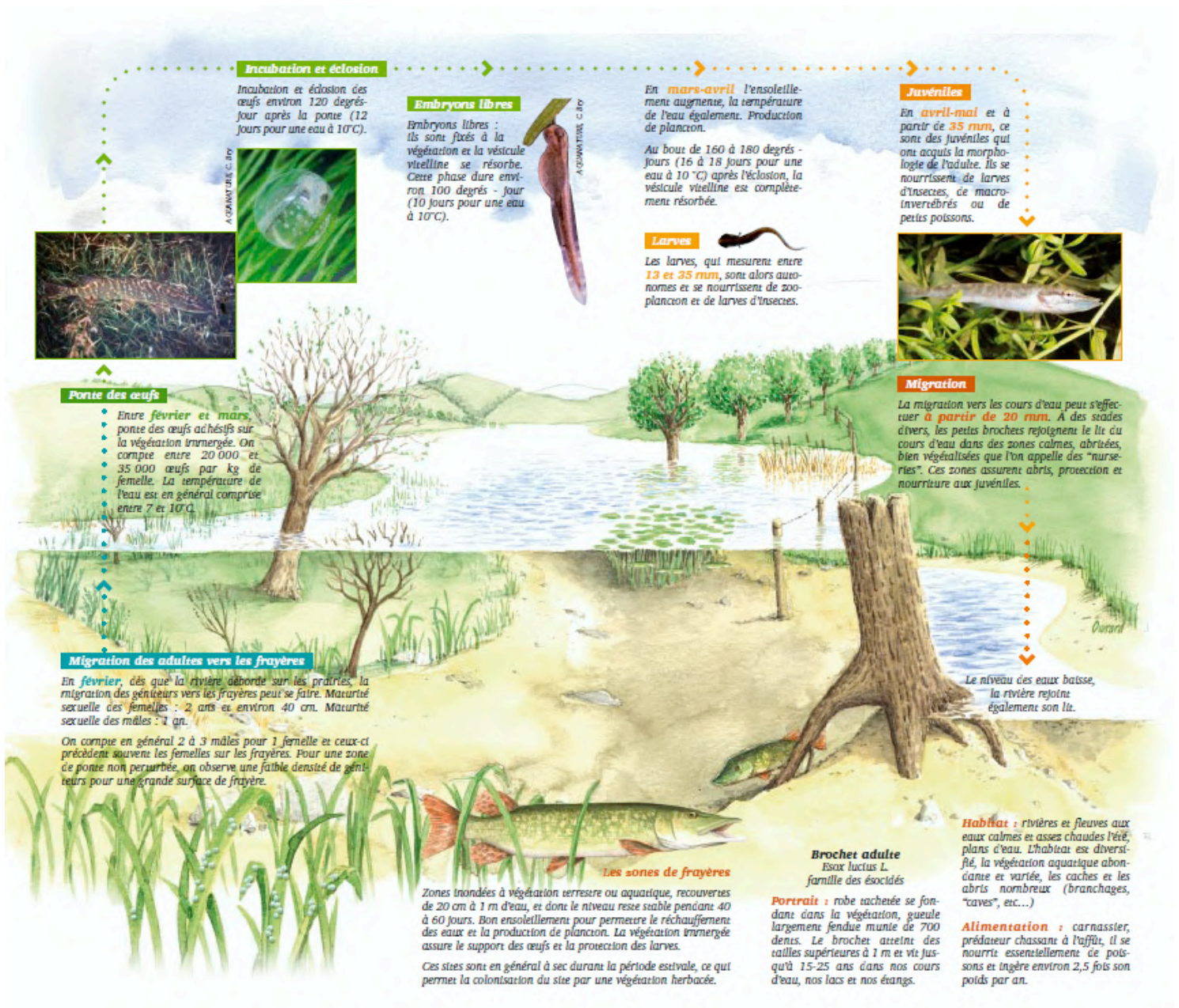
A l'issue d'une phase d'incubation de 120 degrés jours pour les œufs, les larves éclosent et se fixent aux végétaux. Elles sont alors pourvues d'une vésicule vitelline (réserve nutritive) qui se résorbe complètement en 180 degrés jours (RAAT, 1998). Dans un premier temps, les alevins sont planctonophages jusqu'à la taille de 25 mm. Ils deviennent par la suite entomophages puis ichtyophages à la taille d'environ 50 mm (KEITH *et al.*, 2011).

Le cannibalisme est fortement représenté chez les alevins ; la présence suffisante de nourriture fournie par le milieu permet de le limiter (KEITH *et al.*, 2011 ; CHANCEREL, 2003).



Étapes du développement du Brochet (*Esox lucius*) (CHANCEREL, 2003)

## Annexe 5 : Cycle biologique du Brochet (site internet FSLPPMA)



## Annexe 6 : Méthodologie de l'étude

### I) Étude hydraulique et hydrologique

Le régime hydrologique est un facteur essentiel au bon déroulement du cycle biologique de l'espèce Brochet. Les périodes de hautes eaux du début de printemps vont immerger les zones de reproduction et vont être favorables aux phénomènes de montaison des géniteurs et aux actes d'oviposition. Ces zones, régulièrement victimes d'assèchements prématurés qui détériorent les conditions de survie et de croissance des alevins puis des juvéniles, doivent maintenir une durée d'immersion à un optimum de 60 jours (CHANCEREL, 2003). Un deuxième cycle de hautes eaux, enregistré en fin de printemps (mai), va permettre l'émigration des juvéniles vers le milieu principal.

#### Méthode :

La bancarisation des débits (en m<sup>3</sup>/s) journaliers du fleuve à l'aide de la station hydrométrique de Montrond-Les-Bains (code station : K069001001), localisé à environ 3 kilomètres à l'aval de l'annexe hydraulique d'Unias, du 1<sup>er</sup> février au 31 mai à un pas de 24 mesures par 24 heures soit 2904 mesures, va être corrélée aux données hydrologiques de cette même période (données Météo France).

Les lectures des hauteurs d'eau de l'annexe (en mètres) sur l'échelle limnimétrique installée au point de connexion entre l'annexe et le fleuve seront réalisées à chaque sortie de terrain soit un strict minimum de 17 relevés (en lien avec les mesures physico-chimiques).

#### *Matériel et méthode de l'étude hydraulique et hydrologique*

Protocole	Matériel	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Étude hydraulique et hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Échelle limnimétrique</li> <li>• Waders</li> <li>• Fiche de relevés</li> <li>• Données stationnelles (vigicrue) et météorologiques (météo France)</li> </ul>	En continu	Janvier à Mai	1 opérateur

#### Traitements des données :

Cette étude hydraulique doit démontrer les possibilités d'inondabilité des zones végétalisées et de connexion entre le fleuve et l'annexe durant les mois de février à mai, en fonction des régimes hydrologiques du fleuve et du marnage journalier engendré par les éclusées du barrage de Grangent. La détermination des hauteurs d'eau suffisantes et nécessaires pour la bonne communication entre le fleuve et l'annexe, permettant des conditions d'immersion des zones végétalisées favorables, vont être étudiées. Un regard sera porté sur les durées d'immersion, indispensables à la survie et au développement des Brochetons.

## II) Étude environnementale et morphologique

Les qualités environnementales et morphologiques d'un milieu favorable à la reproduction d'une espèce doivent intégrer certaines spécificités propres à l'accomplissement de l'intégralité de son cycle biologique. Il est donc primordial de les observer et de les notifier pour mieux les appréhender.

### Méthode :

Une estimation des surfaces (m<sup>2</sup>) potentielles de reproduction sera effectuée par des mesures à l'aide d'appareils de type décamètre et topofil pour plus de précision.

Les relevés bathymétriques des zones en eau de l'annexe, matérialisés par des transects géoréférencés, vont être menés par un opérateur via une prospection aquatique à l'aide d'une jauge graduée lui permettant de relever les variations de profondeurs (mètres) (*voir cartographie annexe : Modélisation méthodologique des relevés bathymétriques*).

Un profil topographique en long va être réalisé à l'aide d'un théodolite. La lunette de visée est réglée à un niveau permettant la lecture des variations d'altitude à chaque point de relevé réalisé approximativement à chaque variation de niveau de fond de l'annexe. L'intégralité des points relevés seront géoréférencés pour obtenir un profil topographique exact (*voir cartographie annexe : Modélisation méthodologique des relevés topographiques*).

L'ensemble des observations de terrain aboutira à une description hydromorphologique du site d'étude.

#### *Matériel et méthode de l'étude environnementale et morphologique*

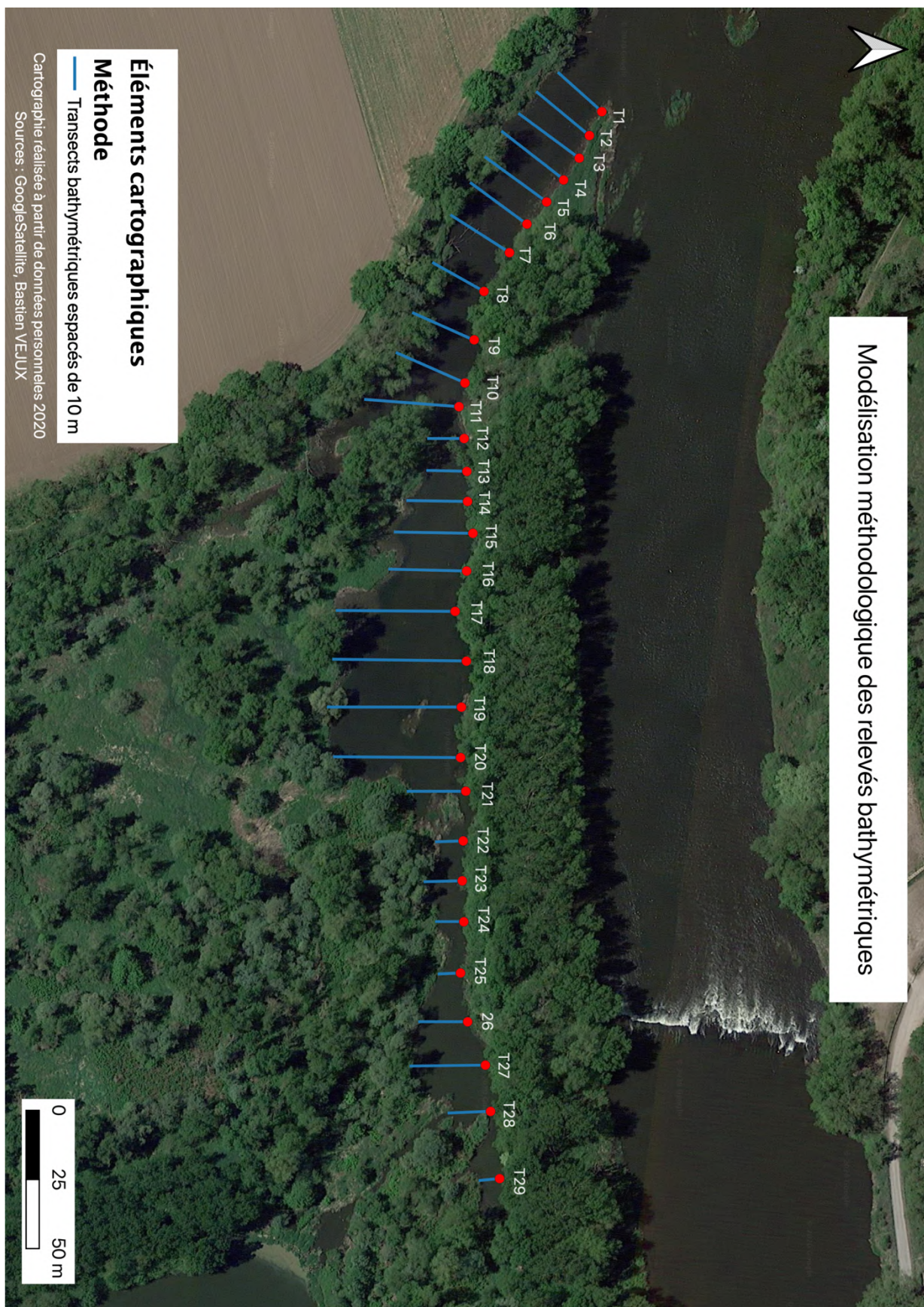
Protocole	Matériel	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Mesure de surfaces	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waders</li> <li>Décamètre - Topofil</li> <li>Fiche de relevés</li> </ul>	1x	Février - Mars - 1h	2 opérateurs
Bathymétrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waders</li> <li>Jauge graduée</li> <li>Décamètre - Topofil</li> <li>Fiche de relevés</li> </ul>	1x	En fonction des conditions hydrologiques - 1h	2 opérateurs
Description stationnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waders</li> <li>Fiche de relevés</li> </ul>	En continu	Février à Mai - 1h	1 opérateur
Topographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waders - Fiche de relevés</li> <li>Théodolite</li> <li>Perche graduée</li> <li>GPS de terrain</li> <li>Fiche de relevés</li> </ul>	1x	En fonction des conditions hydrologiques - 2h	2 opérateurs

### Traitement des données :

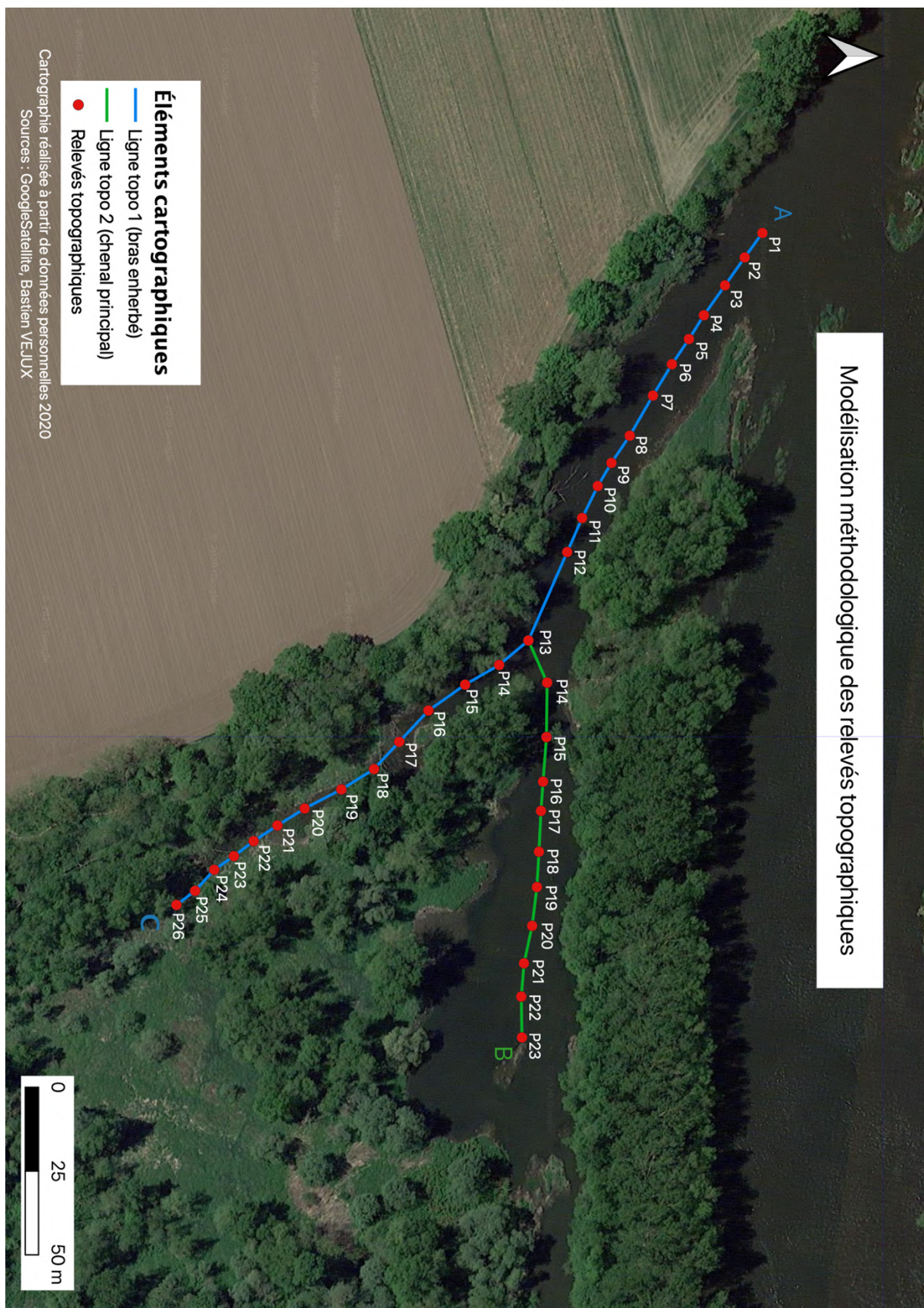
Cette description répertoriant les mosaïques d'habitats, les surfaces de ponts, les occupations des sols ainsi que les variations de profondeurs d'eau seront retranscrites cartographiquement. L'élaboration d'une courbe altimétrique va permettre d'observer les possibles écarts topographiques entre le fleuve et l'annexe, susceptibles de restreindre les conditions de connexions.

L'intégralité de ces données permettra une mise à jour du contexte et de l'état actuel de l'annexe hydraulique, ainsi que l'observation de ses évolutions depuis l'étude précédente.

## Modélisation cartographique de la méthodologie des relevés bathymétriques



## Modélisation cartographique de la méthodologie des relevés topographiques





### III) Étude botanique

Le Brochet est une espèce faisant preuve d'un certain opportunisme face à la qualité des végétaux pour établir son cycle biologique. Cependant, certaines espèces végétales faisant office de support de ponte se montrent plus favorables que d'autres à la fixation des œufs et des larves post éclosion. Outre cet aspect biologique pur, les végétaux constituent également des zones de refuges indispensables à la protection des juvéniles contre les différentes formes de prédation exercées par le milieu. L'annexe hydraulique présente une abondance de zones végétalisées potentiellement immergées qui doivent être inventoriées.

#### Méthode :

L'inventaire des groupements de végétaux propices à la fraie (MAMAN, 1999) (*voir annexe : Exigences du Brochet en termes de substrats de ponte (MAMAN, 1999)*), va être réalisé par la prospection des zones végétalisées immergées. Elle va être effectuée une fois par mois de février à mai afin d'intégrer différents stades végétatifs, facilitant les observations et les déterminations floristiques de l'opérateur.

La végétation terrestre ou semi aquatique de type herbacé, arbustif et arboré pourra également être prise en considération.

#### *Matériel et méthode de l'étude botanique*

Protocole	Matériel	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Étude botanique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waders</li> <li>• Clé de détermination "Les plantes aquatiques" Tome I, II et III J. MONTEGUT, 1987</li> <li>• Fiche de relevés</li> </ul>	1x/mois	Février à Mai - 1h	1 opérateur

#### Détermination :

L'utilisation d'une clé de détermination va permettre l'identification de la famille et du genre des principaux végétaux favorables (hydrophytes, hélophytes ...) et des autres végétaux présents sur l'annexe.

#### Traitement des données :

Une liste floristique sommaire, va être dressée et permettra d'attribuer un état de l'attractivité végétative favorable au cycle biologique de l'espèce.

Une analyse comparative va être réalisée à l'aide des anciennes données de SPATOLA, 2004 afin d'observer d'éventuelles évolutions.

Les différentes strates de végétation observées, ainsi que les zones jugées comme intéressantes au niveau du cycle biologique de l'espèce seront retranscrites sur une cartographie.

*Exigences du Brochet en termes de substrats de ponte (MAMAN, 1999)*

**Groupements végétaux propices à la fraie**

Pelouses humides à Agrostide stolonifères

*Agrostis stolonifera*

Groupements à Carex et à Butome

*Carex acuta*

*Carex acutiformis*

*Carex riparia*

*Butomus umbellatus*

+ *Eleocharis*

*Juncus*

*Scirpus*

Phalaridaïes (communautés à baldingères)

*Phalaris arundinacea*

+ *Echinochloa crus-galii* (panisse)

*Alopecurus geniculatus* (valpin genouillé)

*Poa palustris*

*Deschampsia cespitosa* (canche cespiteuse)

*Elymus repens* (chiendent)

+ *Lythrum salicaria*

Herbiers aquatiques

*Elodea canadensis*

*Ceratophyllum submersum*

*Zanichella palustris*

*Myriophyllum sp.*

*Callitriche sp.*

Pelouses des grèves

*Rorripa sylvestris*

Mégaphorbiaïes

A *Glyceria maxima* (grande glycérie)

Prairies humides atlantiques fauchées

**Espèces végétales peu propices à la fraie**

Densités trop importantes

*Lythrum salicaria* (Salicaire)

*Lysimachia vulgaris*

*Phragmites australis*

*Iris pseudacorus* (iris des marais)

*Sparganium emersum* (rubanier)

*Sparganium ramosum* (rubanier)

*Typha latifolia*

Espèces plus tardives (milieu neuf d'exondation estivale comme banc de sable, zones envasées)

*Polygonum persicaria* (renouée persicaire)

*Bidens tripartita* (bidens)

*Rorripa amphibia* (cresson de cheval)

Amaranthes

Espèces exotiques envahissantes

*Reynoutria japonica* (renouée du japon)

## IV) Étude physico-chimique

Des paramètres physico-chimiques, intervenant dans la qualité de l'eau, nécessaires à la faune aquatique et aux exigences éco physiologiques du Brochet doivent être étudiés et analysés (GRES, 1999) :

- La température est un facteur fondamental de la vie aquatique, notamment de la physiologie des espèces piscicoles et agit sur les processus métaboliques essentiels (GRES, 1999). Chaque espèce a un préférendum thermique propre. Pour les Brochets juvéniles, l'optimum est de 19°C (CASSELMANN, 1978).
- La transparence est un indicateur de trophie des eaux par enrichissement en matières nutritives et/ou en production algale.
- L'oxygène est un facteur essentiel à la vie pour la respiration de la faune et de la flore aquatiques. Pour les poissons, les besoins vont en diminuant au fil de leur croissance : 7-8 mg/l pour les œufs et les larves de Brochet et 5 mg/l pour les juvéniles (SIEFERT *et al.*, 1973).
- Le pH représente la composition acido-basique de l'eau et permet la mesure des ions  $H_3O^+$  et  $OH^-$ . Il dépend principalement de la nature géologique et de la production végétale et agit sur le cycle de développement des poissons (gamme de préférendums située entre pH 7 et 9 (LE LOUARN. H et WEBB. D.J ,1998)).
- Le phosphate est un composé issu naturellement du lessivage de sols, des engrais agricoles et des apports lessiviels et détergents humains ; la gamme naturelle est inférieure à 0,3 mg/l dans les grands cours d'eau (GRES, 1999). Il contribue à la production algale et à l'eutrophisation du milieu.
- L'Ammonium est un composé issu naturellement des précipitations et de la dégradation de la matière organique. C'est un bon indicateur de perturbation des eaux par des rejets organiques (agriculture, eaux usées ...). Sa forme non ionisée ( $NH_3$ , gazeux) peut causer des mortalités piscicoles (GRES, 1999). Dans les eaux, la concentration en  $NH_4^+$  ne doit pas dépasser 0,3 mg/l (norme CEE).
- Les nitrites proviennent d'une étape dans le métabolisme des composés azotés, leur présence est naturellement liée à l'activité bactérienne d'oxydation du  $NH_4^+$  ou de réduction des  $NO_3^-$  (GRES, 1999). Sa forme acide nitreux ( $HNO_2$ ) est toxique pour les poissons pour des valeurs supérieures à 0,30 mg/l N- $NO_2^-$  (norme CEE).
- Les nitrates représentent le stade final du cycle de l'azote issu des activités humaines (engrais, eaux usées ...) par la pluie et les ruissellements. N'ayant que peu d'impact direct sur la faune piscicole, il favorise le développement algal à partir de concentration de 3 à 10 mg/l de N- $NO_3^-$  (GRES, 1999) qui peut altérer les concentrations en oxygène durant la nuit.

### Méthode :

Les mesures des paramètres : pH, phosphate, ammonium, nitrites et nitrates vont être effectuées par des prélèvements d'eau sur l'annexe et sur fleuve chaque semaine de février à mai soit 17 prélèvements. L'utilisation d'une mallette PF-3 FISH avec photomètre va permettre la réalisation de mesures en mg/l.

Les mesures d'oxygène (mg/l) de l'annexe et du fleuve seront réalisées à la même fréquence à l'aide d'un oxymètre FLEXI HQ30d.

Pour la température, l'installation d'une sonde thermique DATA LOGGER WATER TEMP PRO SENSOR V2 sur l'annexe, va permettre de mesurer l'évolution thermique du 1<sup>er</sup> février au 31 mai sur un pas de 24 mesures par 24 heures, soit 2904 mesures.

La température du fleuve sera mesurée chaque semaine à l'aide de la sonde thermique de l'oxymètre.

Concernant la transparence, l'utilisation d'un disque de Secchi, mesurera la profondeur de disparation et d'apparition moyenne entre les deux (en m) (GRES, 1999). Ces mesures vont être réalisées d'avril à mai (conditions thermiques plus favorables au développement algal) tous les 15 jours, soit 4 mesures.

*Matériel et méthode de l'étude physico-chimique*

Protocole	Matériel	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Étude physico-chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waders</li> <li>• Disque de Secchi</li> <li>• Oxymètre FLEXI HQ30d</li> <li>• Spectrophotomètre de terrain : mallette PF-3 FISH</li> <li>• Sonde thermique DATA LOGGER WATERTEMP PRO SENSOR V2</li> <li>• Piluliers de prélèvements</li> <li>• Fiche de relevés</li> </ul>	En continu	Février à Mai - 2h	1 opérateur

Traitements des données :

L'ensemble des prélèvements dans l'annexe et dans le fleuve Loire va permettre une analyse comparative.

Les paramètres, une fois analysés, seront étudiés et retranscrits graphiquement afin d'observer leur évolution mensuelle et permettre d'illustrer la qualité du milieu vis-à-vis de la faune piscicole, et plus particulièrement du Brochet, des stades : œuf, larvaire et juvénile.

Les mesures de températures de l'annexe vont permettre d'estimer spécifiquement la durée d'incubation des œufs.

*Fiche de relevés physico-chimiques (B. VEJUX)*

Fiche de relevés		
Etude éco-géomorphologique de l'annexe hydraulique d'Unias, suivi de la reproduction du brochet (février à mai 2020)		
Date :	Heure :	Opérateur :
Paramètres physico-chimique		
	Relevés sur l'annexe	Relevés sur le fleuve Loire
PH (mg/L)		
Nitrite (mg/L)	NO2 -N :	NO2 -N :
	NO2 - :	NO2 - :
Nitrate (mg/L)	NO3 -N :	NO3 -N :
	NO3 - :	NO3 - :
Amonium (mg/L)	NH4 :	NH4 :
	NH4 + :	NH4 + :
	NH3 :	NH3 :
Phosphate (mg/L)	PO4 -P :	PO4 -P :
	PO4 3- :	PO4 3- :
Oxygène (mg/L)	O2 :	O2 :
Température de l'eau (T°C)		
Lecture de la hauteur d'eau (échelle limnimétrique en m)		
Débit associé (m3/s)		
Transparence de l'eau sur l'annexe (par disque de Secchi en m) :		
<b>Commentaire :</b>		

## V) Étude du zooplancton

Le zooplancton est constitué de micro invertébrés (taille allant de 30 µm à 2/3 mm : essentiellement des groupes Rotifères, Copépodes et Cladocères) vivants en suspension dans l'eau. Ils constituent la principale source de nourriture durant la phase larvaire des jeunes Brochets. Cette alimentation essentielle et déterminante pour la suite de leur développement, doit être impérativement estimée et quantifiée.

### Méthode :

Cette étude quantitative et qualitative du zooplancton disponible sur l'annexe va être réalisée pendant la période de planctonophage des alevins durant la fin du mois de mars et d'avril à la fréquence d'un prélèvement par mois.

A l'aide d'un filet type maille à Bluter de 100 micromètres, un échantillonnage de 100 L d'eau avec un bac de contenance connue, va être réalisé dans la lame d'eau sur la zone de bordure (*voir cartographie annexe : Cartographie de la modélisation méthodologique des protocoles hydrobiologiques réalisés*).

Les échantillons zooplanctoniques prélevés vont être fixés à l'alcool 90%. Le volume de plancton va être estimé dans une éprouvette graduée de 25ml (précision 0,1ml) après sédimentation au bout d'une heure (GRES, 1999).

#### *Matériels et méthode de l'étude du zooplancton*

Protocole	Matériel	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Étude du zooplancton	<p><u>Phase de prélèvements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filet Bluter de 100 micromètres</li> <li>• Bacs de prélèvements de 100L</li> <li>• Bacs de prélèvements</li> <li>• Alcool de laboratoire (90%)</li> <li>• Éprouvette graduée 25ml</li> <li>• Waders</li> </ul> <p><u>Phase de détermination :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Loupe binoculaire</li> <li>• Clés de détermination : "Précis de protistologie "P. PUYTORAC, JG et JP MIGNOT, 1987 ; "Crustacés cladocères" C. AMOROS, 1984</li> </ul>	1x/mois	Mars - Avril - 1h	2 opérateurs

### Détermination :

Une fois triés, l'observation des individus à l'aide d'une loupe binoculaire (grossissement x 10 à x 40) va permettre une identification jusqu'aux principaux grands groupes à l'aide d'une clé de détermination.

### Traitement des données :

Les classes de tailles et les formes adéquates de plancton pour l'alimentation des larves vont être étudiées. L'estimation de la quantité et de la diversité de zooplanktons complétées par l'observation de leur évolution entre fin mars et avril vont également être discutées.

## VI) Étude des macroinvertébrés benthiques

Les macroinvertébrés benthiques sont des animaux invertébrés macroscopiques, vivant dans l'eau. Ils sont principalement représentés par les classes d'insectes, de mollusques et de crustacés. Tout comme le zooplancton, ils vont constituer un apport énergétique essentiel au cycle de croissance des juvéniles de Brochet. Cette alimentation de plus grande taille (mm) va être sollicitée à un stade de développement supérieur, phase juvénile à partir de 30-35 mm (CHANCEREL, 2003).

### Méthode :

Cette étude semi quantitative de la macrofaune benthique va être réalisée sur l'annexe durant les mois d'avril et de mai à la fréquence d'un prélèvement.

Inspiré du protocole IBGN (Indice-Biologique-Global-Normalisé), l'utilisation d'un filet Surber de 1/20 m<sup>2</sup> va permettre l'échantillonnage de plusieurs substrats différents en fonction de leur représentativité sur le site d'étude pour chaque phase de prélèvements (ex : spermaphytes immergées et émergentes, litières organiques, graviers grossiers ...) (*voir cartographie annexe : Cartographie de la modélisation méthodologique des protocoles hydrobiologiques réalisés*).

Les échantillons de macroinvertébrés prélevés vont être fixés à l'alcool de laboratoire (90%).

#### *Matériel et méthode de l'étude des macroinvertébrés benthiques*

Protocole	Matériel	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Étude des macroinvertébrés benthiques	<p><u>Phase de prélèvements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filet Surber 1/20m<sup>2</sup></li> <li>• Pilulier de prélèvements</li> <li>• Alcool de laboratoire (90%)</li> <li>• Waders</li> <li>• Fiches de prélèvements</li> </ul> <p><u>Phase de détermination :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamis de maille : 5 mm à 500 µm</li> <li>• Loupe binoculaire</li> <li>• Clé de détermination "Invertébrés d'eau douce" Henri TACHET, 2000</li> </ul>	1x/mois	Avril - Mai - 1h	2 opérateurs

### Détermination :

Les individus, une fois triés et comptabilisés, seront observés à l'aide d'une loupe binoculaire (grossissement x 10 à x 40). Ce qui va permettre une identification de la famille et du genre, à l'aide d'une clé de détermination.

### Traitement des données :

Les critères d'abondance (estimation du nombre d'individus au m<sup>2</sup>) et de diversités taxonomiques des peuplements macrobenthiques présents sur la frayère et leurs rôles dans l'alimentation, durant la période entomophage, des juvéniles de brochet pourront être discutés.

## VII) Inventaire piscicole

### 7.1 Prospection géniteurs :

Les variations des hauteurs d'eau, fréquentes en début d'année, aboutissent à des phénomènes de connectivités latérales qui permettent l'inondation des corridors rivulaires de manière plus ou moins prolongée. Le Brochet est dépendant de ces mouvements d'eau pour accéder aux zones de reproduction et à des surfaces végétalisées immergées pour frayer.

#### Méthode :

La réalisation d'un protocole de reconnaissance visuelle *via* une prospection itinérante sur l'annexe va être mise en place de février à mars 2020.

La régularité et la rigueur de ce protocole sollicitent la présence de l'opérateur à une fréquence de 3 visites de terrain minimum par semaine.

Le contrôle systématique des facteurs hydrologiques et climatiques devra être effectué, notamment les conditions météorologiques (précipitations, ensoleillement et température de l'air T°C), les lâchers de barrage et la température de l'eau T°C. Ces paramètres essentiels permettront d'estimer au mieux les périodes de "montaison" des poissons dans la zone de fraie et du déclenchement de leur activité reproductrice.

De plus, cette méthode de prospection, abordable et relativement discrète, va considérablement limiter le facteur de dérangement engendré par la présence de l'opérateur, afin de ne pas interférer la phase de reproduction.

#### *Matériel et méthode du protocole de suivis de géniteurs*

Protocole	Matériels	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Prospections géniteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lunettes polarisantes</li> <li>• Jumelles</li> <li>• Waders</li> <li>• Appareil photo</li> <li>• Fiche de prospection</li> </ul>	3x/semaine minimum, (variable en fonction des conditions hydrologiques et climatiques)	Février - Mars - 2h	1 opérateur

#### Traitement des données :

Déterminer la présence de Brochets géniteurs sur l'annexe hydraulique durant la période de fraie est un objectif essentiel qui va permettre une première analyse de l'état fonctionnel du site d'étude et de son potentiel d'attractivité sur l'année 2020.



## Fiche de prospection géniteurs (B. VEJUX)

Fiche de prospection géniteurs			
Etude éco-géomorphologique de l'annexe hydraulique de Unias, suivi de la reproduction du brochet (février à mai 2020)			
Date :	Heure :	Opérateur :	
Conditions météorologiques :	Ensoleillé - Couverture nuageuse - Pluie - Neige		
Température de l'air (T°C) :		Température de l'eau (T°C) :	
Conditions de connexion :	Bonne - Moyenne - Mauvaise	Débit associé (m3/s) :	
Conditions d'immersion des zones végétalisées :	Bonne - Moyenne - Mauvaise		
Localisation des observations			
			
Activité reproductrice :	Oui - Non	Autre :	
Espèce(s) :		Nb d'individus :	
<p><b>Commentaire :</b></p>			

## 7.2 Pêche à l'électricité :

L'étude du peuplement piscicole présent sur l'annexe hydraulique d'Unias va être basée sur un inventaire par pêche à l'électricité. Cette technique d'échantillonnage consiste à générer un courant électrique continu de faible intensité (300 à 500 Volts pour moins de 2 Ampères) qui cause une réaction neuromusculaire aux poissons dans le but de les capturer sans dommage.

### Méthode :

Le protocole va être mis en œuvre durant le mois de mai, à la fin du stade de développement des alevins (phase juvénile) avant le phénomène naturel de dévalaison. Il répondra à deux objectifs d'échantillonnages différents :

1. Un échantillonnage des juvéniles de Brochets potentiellement présents sur l'annexe
2. Un échantillonnage des autres espèces piscicoles potentiellement présentes sur l'annexe

Un porteur d'anode, un épuisetteur et un porteur de vivier vont être nécessaires à leur réalisation sur les principales zones végétalisées de l'annexe (essentiellement les bordures) faisant office de caches à poissons (*voir cartographie annexe : Cartographie de la modélisation méthodologique des protocoles hydrobiologiques réalisés*).

### *Matériel et méthode du protocole de pêche électrique*

Protocole	Matériels	Mise en œuvre	Période - h	Mobilisation personnel
Pêche à l'électricité	<p><u>Phase de prélèvements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe de pêche électrique portable EFKO FEG 1700</li> <li>• EPI</li> <li>• Waders</li> <li>• Épuisettes</li> </ul> <p><u>Phase de détermination :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vivier et bacs de tri</li> <li>• Matériels de pesées et de mesures</li> <li>• Fiche de relevés</li> </ul>	1x	Mai - 3h	3 opérateurs

### Détermination :

Tous les poissons captures vont être soumis à une biométrie où ils seront identifiés, mesurés et pesés (individuellement ou par lot en fonction de leur densité) avant leur remise à l'eau.

### Traitement des données :

Les données quantitatives sur les juvéniles de Brochets aboutiront à une première analyse de la reproduction de l'espèce sur l'année 2020. Un regard pourra également être porté sur leur stade de développement. Cette indication de l'état de croissance permettra de mettre en évidence la suffisance en terme qualitatif et quantitatif de ressources alimentaires du milieu (complémentarité avec l'étude zooplanctonique et macrobenthique).

Concernant les autres espèces piscicoles inventoriées, la richesse, la proportion des différentes espèces majoritaires et la distribution en classe de tailles (selon l'OFB) vont être analysées de manière semi quantitative. Les données recueillies permettront une meilleure compréhension de l'attractivité et du potentiel que représente l'annexe hydraulique en faveur des espèces

piscicoles du fleuve et la satisfaction des besoins alimentaires des Brochetons lors de la période d'ichtyophage.

### Cartographie de la modélisation méthodologique des protocoles hydrobiologiques réalisés



## VIII) Mise en place d'un suivi capture

A l'échelle du département, la méconnaissance de l'état des populations de Brochets présents sur le fleuve ne permet pas un regard critique sur les paramètres de reproduction. Pour cela, une tentative de mise en place d'un suivi capture a été réalisé sur un secteur précis intégrant l'annexe hydraulique d'Unias.

### Méthode :

Lancé le 31 octobre 2019, le suivi capture va couvrir un linéaire sur le fleuve Loire d'environ 53 kilomètres entre l'aval du barrage de Grangent et le pont de l'autoroute A89 de la commune de Balbigny, en amont du barrage de Villerest.

Cette démarche participative sollicitant l'ensemble des pêcheurs du département exerçant leur loisir sur le fleuve, va permettre d'optimiser le nombre de retours. L'élaboration d'une cartographie de contextualisation du secteur concerné (*voir cartographie annexe : Cartographie du suivi capture*) a été communiquée par le biais du site internet et du réseau social (Facebook) de la Fédération de pêche de la Loire, suivie de certaines consignes à respecter :

- La date de capture
- La taille du poisson
- La localisation (commune ou lieu précis)

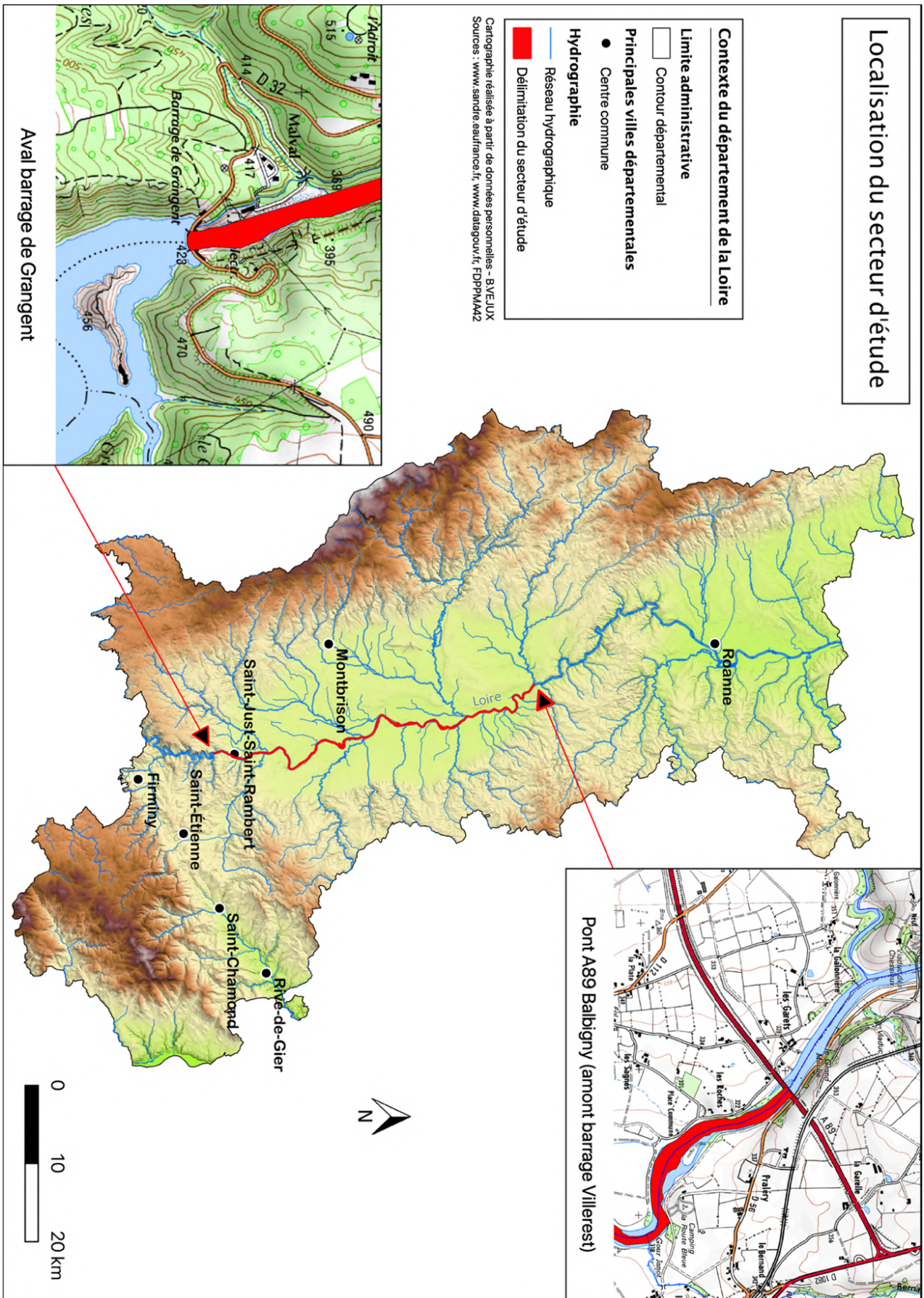
Les données recueillies sont recevables sur l'intégralité de l'année 2019 jusqu'à la date de fermeture de la pêche du Brochet soit le 26 janvier 2020.

### Traitements des données :

Cette étude mise en parallèle à celle de l'annexe hydraulique d'Unias va potentiellement mettre en évidence la présence de poissons géniteurs à proximité du site d'étude.

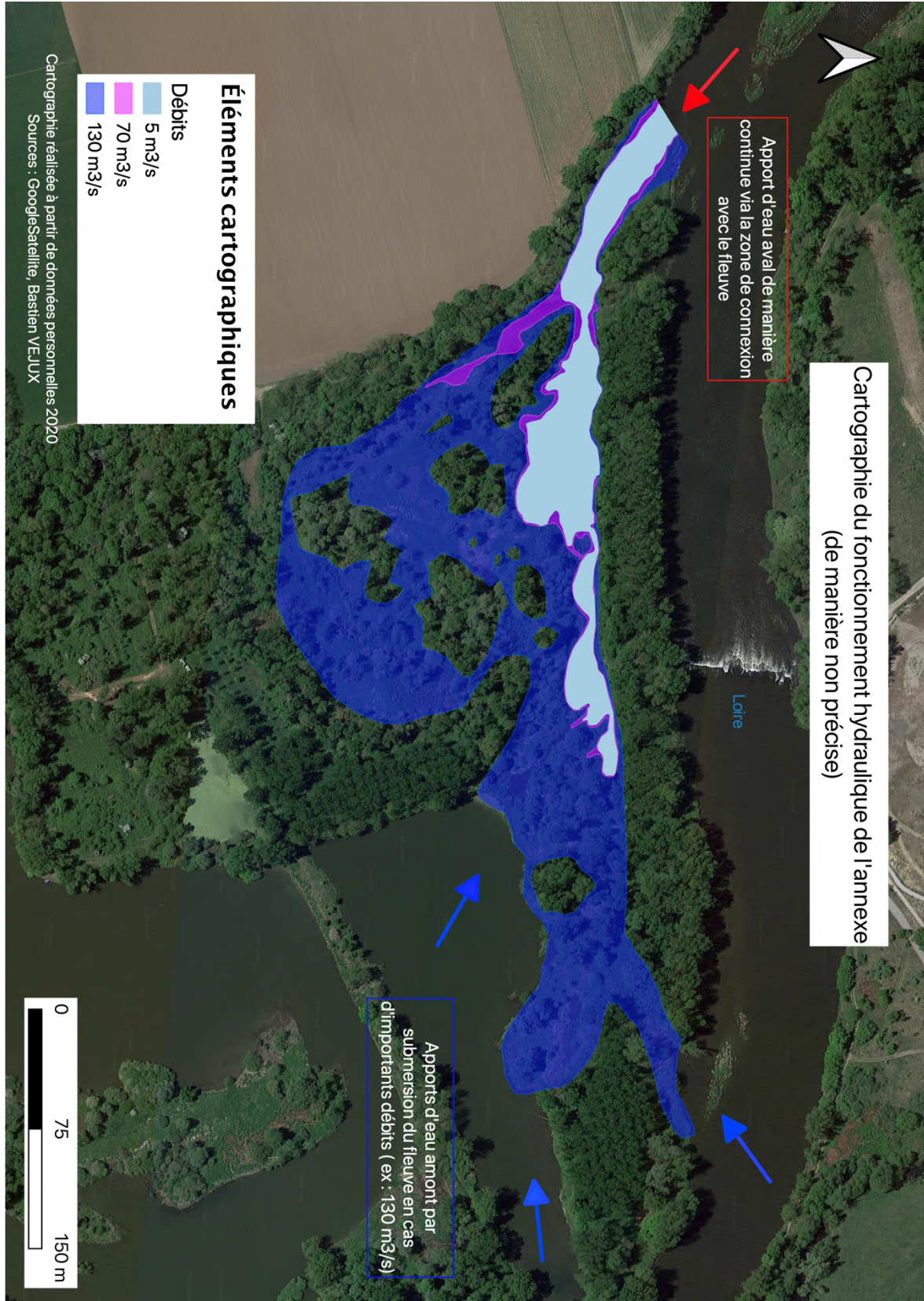
De plus, l'intégralité des données recueillies complétées par d'autres études menées en interne, va permettre d'obtenir de meilleures connaissances sur l'état des populations de Brochets du fleuve.

## Cartographie du suivi capture (B. VEJUX)

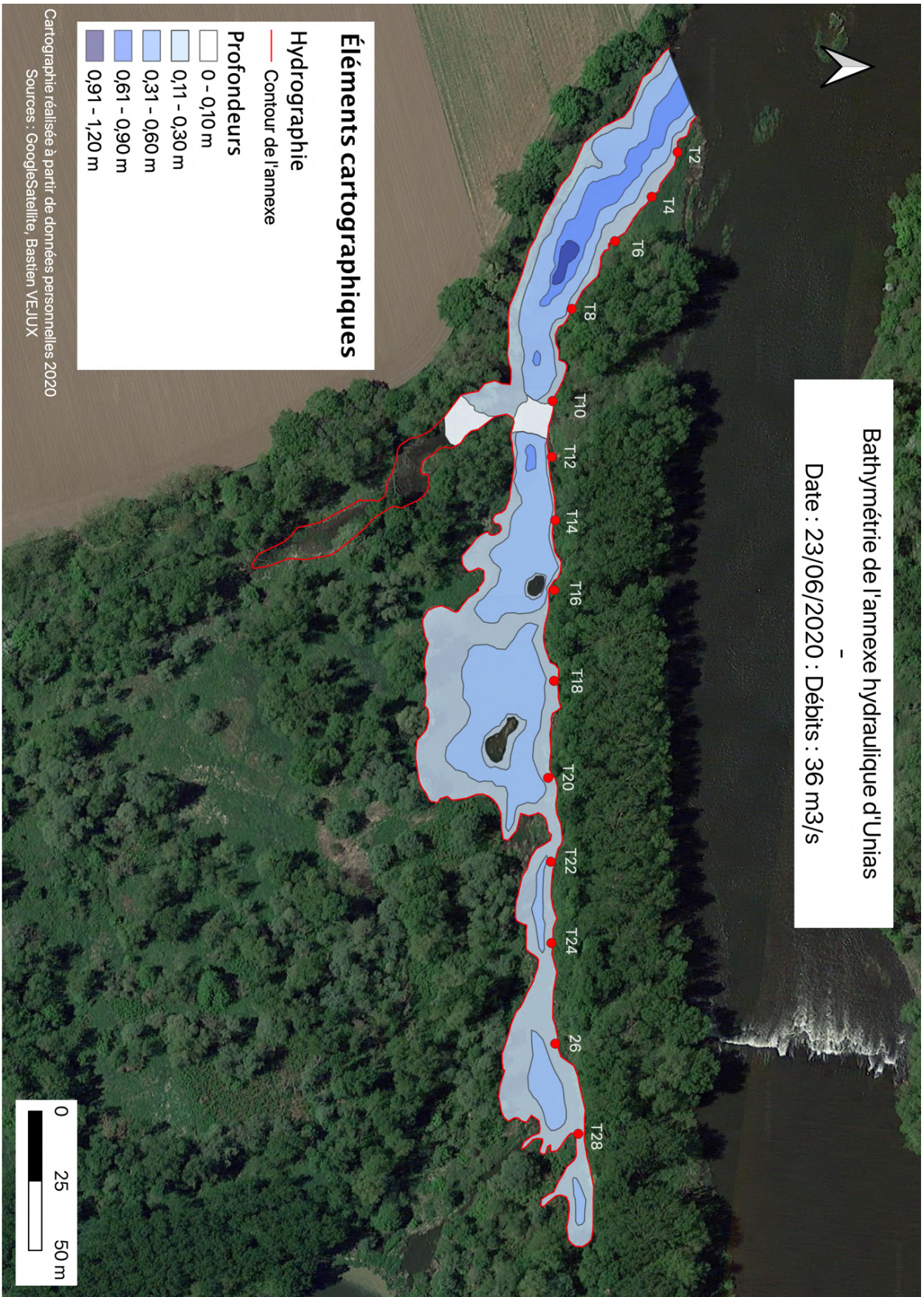


## Résultats

### Annexe 7 : Fonctionnement hydraulique de l'annexe (de manière non précise) (B. VEJUX)



Annexe 8 : Cartographie de la bathymétrie réalisée sur l'annexe hydraulique  
(B. VEJUX)

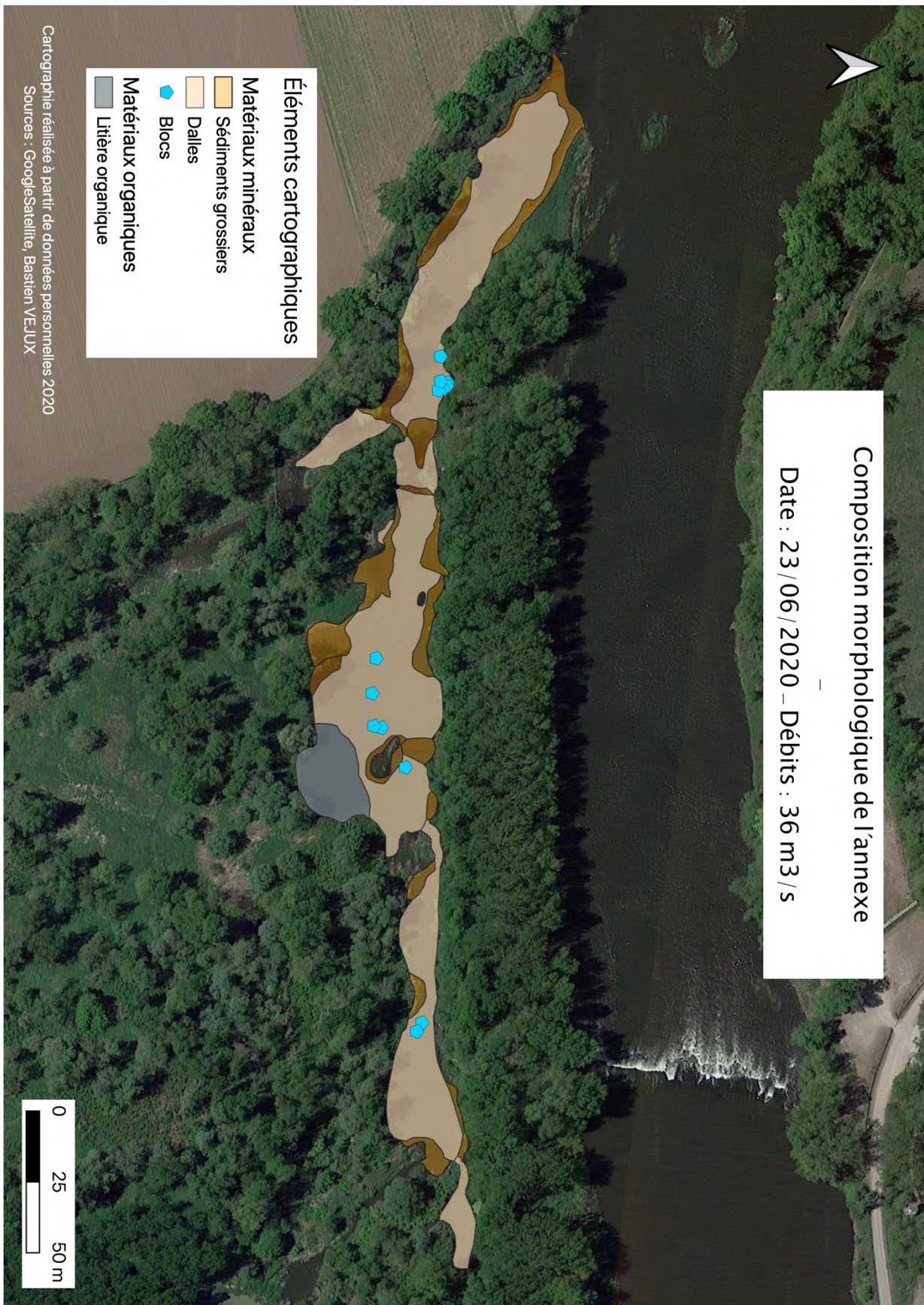


*Annexe 9 : Cartographie de la végétation aquatique attractive pour le cycle biologique du Brochet (B. VEJUX)*





Annexe 10 : Cartographie de la composition morphologique de l'annexe hydraulique (B. VEJUX)



Annexe 11 : Liste faunistique des macroinvertébrés benthiques de l'annexe (B. VEJUX)

CLASSE	Cours d'eau : La Loire		S	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Total		
	Station :	Annexe hydraulique d'Unias		Sper-im	Séd-gt	Gran-g	Sper-ém	Surf	Sper-im	Séd-gt	Surf			
	Date :	12/05/2020		V (cm/s)	v>5	v>5	v>5	v>5	v>5	v>5	v>5			
	ORDRE	FAMILLE	GENRE											
INSECTES	EPHEMEROPTERES	Baeiidae							4			4		
		Baeiidae	Centropilum								1	1		
		Potamenthidae	Potamanthus luteus								3	2	14	
		Caenidae	Caenis		5	1	1	2					17	
	COLEOPTERES	Elmidae	Limnius				2						2	
		Elmidae	Esolus				2						2	
		Halplidae	Halplus		4	1	2	19	1	1	2	4	34	
		Distcidae	Laccophilus		143		2	56		135	44	8	388	
		Hydrophilidae	Helocares		2			2					4	
		Dryopidae	Dryops					1					1	
		Halplidae	Pelodytes		5				2		4	8	19	
	HETEROPTERES	Micronectinae	Micronecta		1			1				2	4	
		Corixinae			1								1	
		Naucoridae	Naucoris		2					9			11	
		Naucoridae	Ilyocoris		3			3					6	
		Veliidae			5								5	
		Mesoveliidae	Mesovelia					1					1	
		Pleidae	Plea		2			1					3	
	DIPTERES	Chironomidae			68	27	26	49	14	77	89	55	405	
		Culicidae	Anopheles					2					2	
		Simuliidae				1							1	
		Tipulidae						1					1	
		Ceratopogonidae			14	1		10		1	6		32	
		Hydroptilidae			1								1	
	TRICHOPTERES	Brachycentridae	Micrasema		1								1	
		Leptoceridae	Athripsodes commutatus				2						2	
		Leptoceridae	Homilia				1						1	
	MEGALOPTERES	Sialidae	Sialis		3	2		4			4		13	
		Lestidae	Chalcolestes		1					3			4	
	ODONNATES	Gomphidae	Onychogomphus		1						2		3	
		Coenagrionidae	Erythromma pro parte							24	3		27	
		HYDRACARIENS			4					3	4	26		37
	CRUSTACÉS	AMPHIPODES	Gammaridae	Gammarus	1								1	
		ISOPODES	Asellidae	Asellus	120	3		168	1		4		296	
		DECAPODES	Astacidae	Pacifastacus lenisculus			1						1	
	MOLLUSQUES	BIVALVES	Corbiculidae	Corbicula fluminea	14			6			1		21	
			Sphaeriidae	Sphaerium	4						2		6	
			Sphaeriidae	Pissidium							1	1	2	
		GASTEROPODES	Lymnaeidae	Radix		2				48	1	1		52
			Physidae	Physella		24			12	5	34	7	2	84
			Physidae	Physa							21			21
			Planorbidae	Gyraulus		120			47		138	18	8	331
		Hydrobiidae	Potamopyrgus antipodasum		4			25		4	8	5	46	
	VERS	ACHETES	Glossiphoniidae	Helobdella stagnalis	1			8			1		10	
			Glossiphoniidae	Glossiphonia				1			1		2	
			Piscicolidae	Piscicola geometra							1		1	
		OLIGOCHETES				10	1	1	3		1	10		26

Genre non déterminé

	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Abondance</b>	583	47	45	446	26	511	234	131	2023
<b>Abondance relative</b>	28,8%	2,3%	2,2%	22,0%	1,3%	25,3%	11,6%	6,5%	100,0%
<b>Variété</b>	30	10	10	22	7	18	21	15	45
<b>Variété relative</b>	66,7%	22,2%	22,2%	48,9%	15,6%	40,0%	46,7%	33,3%	100,0%

Abondances et variétés des ordres macrobenthiques par prélèvements

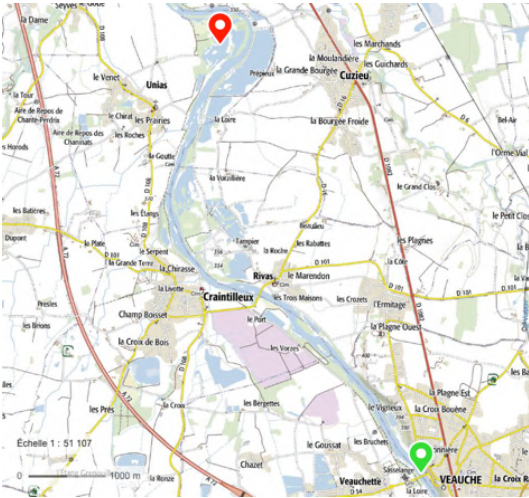
Nature du Substrat	Habitabilité	% de recouvrement	Dominant / Marginal (D/M)
Surfaces naturelle type dalles	1	40	D
Spermaphytes immergés	8	30	D
Spermaphytes émergents de strate basse	4	15	D
Sédiments minéraux de grande taille (250>D>2,5MM)	6	10	M
Granulats grossiers (25>D>2,5mm)	5	5	M

Tableau des habitats

Annexe 12 : Listing des espèces piscicoles inventorier par pêche électrique (B.VEJUX)

Rivière : La Loire		Date : 12/05/2020		Heure de début de pêche : 14H10		T°C de l'eau : 15,8°C		
Station : Annexe hydraulique d'Unias				Heure de fin de pêche : 14H30				
Autres indications : env 250m2 (80m x 3m de large) ; prospection de bordure + DLG RD (Spermaphytes immergées)								
FAMILLE	ESPECES	Longueur à la fourche (ou mini) en mm	Longueur totale (ou maxi) en mm	Masse individuelle ou du lot en g	Lot	Effectif du lot	Observation	
CYPRINIDÉS	TANCHE <i>Tinca tinca</i>		158	60	N	1		
	TANCHE <i>Tinca tinca</i>		74	7	N	1		
	SILURE <i>Silurus glanis</i>		180	45	N	1		
	CARASSIN <i>Carassius carassius</i>	101	137	144	G	4		
	ROTENGLE <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	101	135	107	G	4		
	ROTENGLE <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	54	78	78	G	20		
	GARDON <i>Rutilus rutilus</i>		68	71	13	I	3	
			74					
	BREME <i>Abramis brama</i>		50	72	5	G	2	
	GOUJON <i>Gobio gobio</i>		60	87	18	G	5	
	CHEVAINE <i>Squalius cephalus</i>			189	72	N	1	
	CHEVAINE <i>Squalius cephalus</i>			44	1	N	1	
	CHEVAINE <i>Squalius cephalus</i>		55	85	49	G	10	
	BOUVIERE <i>Rhodeus sericeus</i>			74	5	N	1	
	BOUVIERE <i>Rhodeus sericeus</i>		44	61	26	G	13	
	PSEUDORASBORA <i>Pseudorasbora parva</i>		78	95	67	G	10	Espèce invasive
PSEUDORASBORA <i>Pseudorasbora parva</i>		64	72	62	G	17	Espèce invasive	
PSEUDORASBORA <i>Pseudorasbora parva</i>		40	50	24	G	20	Espèce invasive	
PSEUDORASBORA <i>Pseudorasbora parva</i>		52	66	41	G	18	Espèce invasive	
PERCIDAE	SANDRE <i>Sander lucioperca</i>		30	35	1	G	2	0+ (juvéniles de l'année)
ICTALURIDAE	POISSON CHAT <i>Ameiurus melas</i>			87	8	N	1	Espèce invasive
CENTRARCHIDAE	PERCHE SOLEIL <i>Lepomis gibbosus</i>		80	103	76	G	4	Espèce invasive
	PERCHE SOLEIL <i>Lepomis gibbosus</i>		50	63	38	G	8	Espèce invasive
CAMBARIDAE	ECREVISSE AMERICAINE <i>Orconectes limosus</i>		64	81	29	G	3	Espèce invasive
Signification des lots :								
<b>Lot N</b> : mensurations (taille, poids) individuelles.				<b>Lot L</b> : Poids global et effectif du lot incluant l'échantillon "lot S" associé.				
<b>Lot I</b> : Tailles mesurées individuellement, poids global du lot.				<b>Lot S</b> : échantillon attaché à un "lot L" précis, contenant au moins 30 poissons renseignés avec l'information individuelle taille (et éventuellement poids).				
<b>Lot G</b> : Taille du plus petit au plus grand poisson, poids global et effectif total du lot.								

## Annexe 13 : Observation du peuplement piscicole du Fleuve Loire : référence par rapport au site de suivi de l'annexe hydraulique d'Unias



Des pêches électriques par points (100 points aléatoires selon le protocole grand milieu de l'ONEMA/OFB avec 1 grande anode sont réalisées depuis plusieurs années sur le Fleuve Loire au niveau du pont de Veauchette dans le cadre du réseau départemental de Suivi des Peuplements Piscicoles (RSPP42). Cette station est la plus proche du site d'étude d'Unias et peut servir de site de référence pour le peuplement piscicole du fleuve. Le site de Veauchette (code national 04009000) est suivi en fréquence biennale depuis 2008 en année paire.

Commune	Lieu-dit	Code Wama	Code SIE	Code rspp	x12	y12
VEAUCHETTE	Veauchette, amont pont RD54	04420376	04009000	68	751245	2064116

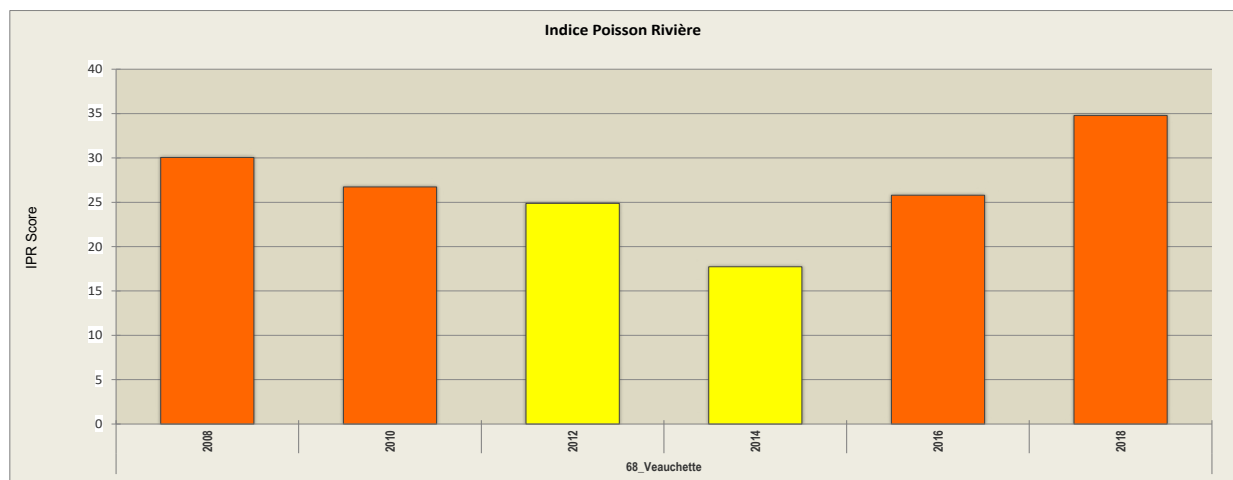
Promoteur	Date
ONEMA	06/10/2008
ONEMA	05/10/2010
ONEMA	30/10/2012
ASCONIT	08/10/2014
ASCONIT	06/10/2016
ASCONIT	18/10/2018

Carte 1 : Localisation et date de pêche électrique sur la Loire à Veauchette (Géoportail)

Pour les détails sur les protocoles mis en place et les modes d'analyse des données (IPR AFNOR), le lecteur se reportera au rapport annuel du réseau départemental de suivi de la qualité des rivières de la Loire :

[http://rivieres.loire.fr/sites/default/files/contents/fichiers/Rap\\_RDSQR\\_2018\\_VF\\_et\\_Annexe.pdf](http://rivieres.loire.fr/sites/default/files/contents/fichiers/Rap_RDSQR_2018_VF_et_Annexe.pdf)

IPR et espèces présentes :



Date	IPR Score	NTE theo	NTE obs	NEL theo	NEL obs	NER theo	NER obs	DIT theo	DIT obs	DIO theo	DIO obs	DII theo	DII obs	DTI theo	DTI obs	Espèces
06/10/2008	30,0449	12,9621	13	4,9087	3	4,61	2	0,2903	1,4485	0,0715	1,456	0,0617	0,073	0,5076	1,5915	ABL, BAF, BOU, BRB, CAS, CCO, CHE, CMI, GAR, GOU, OCL, PCH, PER, PES, SIL, TAN, TRF
05/10/2010	26,7303	12,9467	11	4,9063	2	4,6	2	0,2885	0,3232	0,071	0,3304	0,0617	0,098	0,5077	0,4704	ABL, BOU, BRE, CCO, CHE, GAR, GOU, HOT, PER, PSR, ROT, SIL, SPI, TAN
30/10/2012	24,8829	12,9467	13	4,9063	2	4,6	2	0,2885	0,0912	0,071	0,0976	0,0617	0,063	0,5077	0,192	ABL, BAF, BOU, BRB, BRO, CAG, CCO, CCU, CHE, CMI, CTI, GAR, GOU, PER, PES, PSR, SIL, SPI, TAN
08/10/2014	17,7211	12,9449	14	4,9066	3	4,6	3	0,2884	0,2944	0,0709	0,2992	0,0615	0,478	0,5071	0,856	ABL, BAF, BOU, BRB, BRO, CCO, CHE, GAR, GOU, HOT, PER, PES, PFL, PSR, SAN, SIL, SPI
06/10/2016	25,785	12,9447	12	4,906	2	4,6	3	0,2883	0,7888	0,071	0,7912	0,0617	0,176	0,5077	1,0352	ABL, BAF, BOU, BRE, BRO, CHE, GAR, GOU, OCL, PER, PSR, SIL, SPI, TAN, VAN
18/10/2018	34,7782	12,5722	14	4,8381	2	4,5	2	0,2479	1,4208	0,0623	1,4312	0,0613	0,157	0,5017	2,0304	ABL, BAF, BOU, BRB, BRO, CAG, CCO, CMI, CHE, GAR, GOU, PER, PES, PSR, ROT, SIL, SPI, TAN

Évolution du score IPR depuis 2008 sur la station de Veauchette sur la Loire (04009000)

Le nombre total d'espèces se situe entre 11 et 14 suivant les années : Ablette, Bouvière, Carpe, Chevaine, Gardon, Goujon, Perche sont capturés à chaque campagne car ils dominent le peuplement. Barbeau, Hotu et Vandoise, censés illustrés le cortège principal de cyprinidés rhéophiles, sont sous représentés et cette situation témoigne des impacts sur la qualité des fonds et des eaux (incision du lit, dallage de marnes, eutrophisation marquée) : le score IPR est globalement moyen à médiocre. La part en carnassiers (BRO, SAN) est très faible mais pourrait être mise en relation également avec un système d'échantillonnage peu efficace vu la taille du milieu (75 à 100 m de large).