Fédération de Saône-et-Loire pour la pêche et la protection du milieu aquatique



Restauration morphologique de la Mouge en amont du bourg d'Azé : état initial avant travaux : années 2018 à 2020

Rapport final









Avril 2021











Restauration morphologique de la Mouge en amont du bourg d'Azé : état initial avant travaux : années 2018 & 2020

Rapport final

Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
123, rue de Barbentane - Sennecé
71000 MACON

Auteur

Camille MARCON – Chargée de missions milieux aquatiques
Julien MAUPOUX – Responsable technique

Avec la participation technique de :

Rémy CHASSIGNOL, Cédric GOUJON, Thomas BRETON, Cyril COLIN, Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Renaud MILLARD, Office Français de la biodiversité David FAVRICHON, Département de Saône-et-Loire Yves MAZOT, AAPPMA « Les Amis de la Mouge » André BRETON, bénévole

Etude réalisée avec le concours financier de : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse Fédération Nationale pour la Pêche en France

Table des matières

Table des mat	tières	1
Résumé	3	
Introduction	4	
Partie 1 : Mét	hodologie	5
1.1 Etude	e de la température de l'eau en période estivale	5
1.1.1	Acquisition des données thermiques	7
1.1.2	Analyse des données thermiques	7
1.2 Suivi	physico-chimique	8
1.3 Etude	e des données hydromorphologiques (Méthode Carhyce)	10
1.3.1	Acquisition des données hydromorphologiques (Carhyce)	10
1.3.2	Analyse des données Carhyce	12
1.4 Etude	e des peuplements piscicoles	12
1.4.1	Acquisition des données piscicoles	12
1.4.2	Analyse des données piscicoles	13
Partie 2 : Rési	ultats	14
2.1 Résul	tats des mesures estivales de la température de l'eau	14
2.1.1	Conditions climatiques des étés 2018 à 2020	14
2.1.2	Résultats des mesures de la température de l'eau	17
2.1.2.1	Variables thermiques générales	17
2.1.2.2	Variables thermiques en lien avec le preferundum thermique de la truite fario	19
2.1.2.3	Evolution longitudinale de la température	21
2.1.2.1	Explication des résultats obtenus	21
2.2 Résul	tats du suivi physico-chimique	22
2.2.1	Evaluation de la qualité selon le système d'évaluation de l'état des eaux	22
2.2.2	Evaluation de la qualité des eaux en fonction des exigences de la truite fario	23
2.3 Résul	tats des mesures hydromorphologiques (Méthode Carhyce)	24
2.3.1	Description et Comparaison des profils des station St1 (témoin) et St2	24
2.3.2	Description et comparaison des mesures granulométriques des 2 stations	25
2.3.3	Description et comparaison de la fonctionnalité de la ripisylve des 2 stations	26
2.3.4	Mesure de IMG (Indicateur Morphologique Global)	28
2.4 Résul	tats des inventaires piscicoles	29
2.4.1	Caractéristiques des stations d'inventaire et des opérations réalisées	29
2.4.2	Espèces rencontrées et statuts juridiques	30
2.4.4	Effectifs et biomasses bruts et estimés, classes de taille	31

Restauration morphologique de la Mouge en amont d'Azé : état initial - années 2018 à 2020

2.4.5	Indice poisson rivière	33
2.4.6	Interprétation des résultats, discussion	35
Partie 4 : Cond	clusion	36
Partie 5 : Réfé	rences bibliographiques	37
Partie 6 : Anne	exes	38

Résumé

Le Département de Saône-et-Loire a pour projet, dans la cadre du Contrat des Rivières du Mâconnais, de restaurer en 2021 la morphologie du lit de la Mouge en amont du bourg d'Azé aux lieux-dits « Fourgeau » et « La Bouzolle » sur un linéaire de 800 mètres environ. La Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et l'Office Français pour la Biodiversité ont décidé de porter une étude de suivi dont le but est d'évaluer l'intérêt de ces travaux.

Le suivi réalisé découle des préconisations du guide "Aide à la définition d'une étude de suivi" (NAVARRO et al., 2012). Le présent rapport présente les résultats des investigations menées avant travaux de 2018 à 2021. Il comprend l'étude de la faune piscicole, de la température de l'eau du cours d'eau en période estivale et de la qualité de l'eau réalisés par la Fédération en 2018, 2019 et 2020. La morphologie du cours d'eau (méthode Carhyce) a quant à elle été étudiée en 2019. Enfin, un suivi de la macrofaune benthique a été réalisé par l'Office Français pour la Biodiversité en 2018 et 2021.

Le suivi physico-chimique réalisé ponctuellement lors des étés 2018, 2019 et 2020 indiquent, pour les paramètres étudiés, une bonne ou une très bonne qualité de l'eau, si on se réfère aux limites de classe de qualité du Système d'Evaluation de la qualité de l'Eau. Les teneurs mesurées en nitrites étaient cependant pénalisantes pour la truite fario en 2018 et 2020 sur la station 6, située en aval de la zone d'étude.

L'analyse de la morphologie de deux stations de la Mouge en amont d'Azé (Station 1 et 2) a démontré qu'il existe une différence significative entre elles. En effet la station 1 présente une bonne ripisylve arborescente, faisant de l'ombre à ce tronçon de cours d'eau et limitant la hausse excessive des températures pendant l'été. Les faciès d'écoulement et la granulométrie du fond sont également bien diversifiés, rendant le secteur attractif et biogène. La station 2 quant à elle, présente une morphologie très dégradée (rectiligne, berge abrupte, absence de ripisylve) contraint par sa proximité avec la route RD15.

Le suivi de la température de l'eau réalisé au cours des étés 2018, 2019 et 2020 a permis de constater une élévation importante de la température de l'eau entre la station 1, située en amont de la zone de travaux, dans un secteur où le cours d'eau est très ombragé, et la station 2, située 400 m en aval, dans un secteur où la ripisylve est dégradée. La température de l'eau augmente ensuite plus légèrement jusqu'à la station 6 (station aval). Les températures mesurées à partir de la station 2 sont, lors des étés les plus chauds, comme en 2018, très préjudiciables à la truite fario.

Les inventaires piscicoles réalisés ont permis de constater la présence d'une population de truite fario, avec de bonnes densités, aussi bien sur la station 1, implantée en amont de la zone de travaux (station référence), que sur la station 2, située dans un secteur où l'habitat est aujourd'hui considéré comme dégradé. La présence de cette espèce considérée comme sensible, indique clairement que la Mouge est, dans ce secteur, un cours d'eau de relative bonne qualité. Toutefois, l'absence des espèces d'accompagnement de la truite, comme le vairon, le chabot ou encore la loche franche, indique une dégradation du peuplement piscicole, sans doute liée à la présence de seuils non franchissables pour ces espèces en aval. Les résultats obtenus sur la station 4, station implantée sur un bras de Mouge aujourd'hui très peu alimenté en eau, indiquent une mauvaise qualité du peuplement piscicole dû à un habitat très dégradé et probablement des températures très élevées (absence de ripisylve).

La campagne de suivi engagée sur la période 2018/2020 se poursuivra en 2022 après les travaux afin de mesurer le gain écologique apporté par la réalisation des travaux.

Introduction

Le Département de Saône-et-Loire a pour projet, dans la cadre du Contrat des Rivières du Mâconnais, de restaurer la morphologie du lit de la Mouge en amont du bourg d'Azé aux lieux-dits « Fourgeau » et « La Bouzolle » sur un linéaire de 800 mètres environ. Le lit mineur de la Mouge ayant été autrefois déplacé pour alimenter en eau un ancien moulin, le projet prévoit de remettre le cours d'eau dans son fond de vallée naturel. Le ruisseau de Joux et le ruisseau des Prés de la Côte, deux petits affluents de la Mouge situés dans le secteur d'intervention, sont aussi concernés par ces travaux dans leur zone de confluence. Cet aménagement permettra aussi l'effacement, par contournement, d'un obstacle majeur à la continuité écologique implanté en travers du lit actuel de la Mouge.

Ce projet étant une action importante du Contrat des Rivières du Mâconnais, les partenaires de cette démarche ont décidé de mettre en œuvre une étude visant à évaluer l'intérêt des travaux effectués. La Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et l'Office Français pour la Biodiversité ont décidé de porter cette étude de suivi. Cette démarche bénéficie de l'appui financier de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse et de la Fédération Nationale pour la Pêche en France.

Le suivi proposé découle des préconisations du guide "Aide à la définition d'une étude de suivi" (NAVARRO et al., 2012). Il comprend l'étude de la faune piscicole, de la macrofaune benthique, de la température de l'eau du cours d'eau en période estivale, de la qualité de l'eau et de la morphologie du cours d'eau. Ces suivis seront renouvelés après travaux afin d'évaluer le gain écologique apporté par ces travaux.

Le présent rapport présente les résultats des investigations menées avant travaux entre 2018 et 2020 :

- Des campagnes d'inventaire piscicole, de mesures de la température de l'eau et de suivi de la qualité de l'eau réalisés en 2018, 2019 et 2020 par la Fédération.
- L'étude de la morphologie du cours d'eau réalisée en 2019 par la Fédération.
- Le suivi de la macrofaune benthique réalisé par l'Office Français pour la Biodiversité en 2019 et 2021.

Partie 1: Méthodologie

Les différentes protocoles mis en œuvre pour la période 2018/2020 (et 2021 pour les IBGN), sur chacune des stations étudiées, sont listées dans le Tableau 1. Ces stations sont localisées sur la Carte 1 (voir page suivante).

Code Sandre	Code	Nom cours	10	Coordonnée	s aval station	Mesures	Mesures	Mesures			
Code Sandre	étude	d'eau	Localisation	X	Y	2018 (n-2)	2019 (n-1)	2020 (n)	Remarque		
06000381	St1	la Mouge	Amont pont RD 15	834230,7	physi		Inventaire piscicole, thermie, physico-chimie		Inventaire piscicole, thermie, physico-chimie		Station de référence. Station en amont
00000581	311	ia iviouge	Amont point KD 13	034230,7	0393050,4	IBGN	Carl	hyce	de la zone de travaux.		
05000304	612		A	024400.0	CE04042.2	Inventa	ire pisciole, t	hermie	S. J. S. J. S.		
06000381	St2	la Mouge	Aval pont RD 15	834409,9	6594942,3	IBGN	N Carhyce		Stations en zone de travaux. Cette station sera déplacée après travaux ca		
06000381	St3	la Mouge	Aval confluence ruisseau de Joux	834653,2	6594780,4	Thermie			le lit aura été déplacé dans son talwe		
06000382	St4	la Mouge (bras secondaire)	Aval confluence Ruisseau des Prés de la Côte	834733,3	6594905,8	Inventaire pisciole		ole	Station en zone de travaux. Actuellement dans un bras secondaire intermittent de la Mouge, cette station sera, après travaux, implantée sur le cours de la Mouge.		
06000382	St5	la Mouge	Amont confluence bras secondaire	834832,4	6594852,9	Thermie			Stations en zone de travaux. Cette		
06000382	St6	la Mouge	Aval confluence bras secondaire	834835,4	6594848,5	Thermie, physico-chimie		himie	station sera déplacée après travaux car le lit aura été déplacé dans son talweg.		

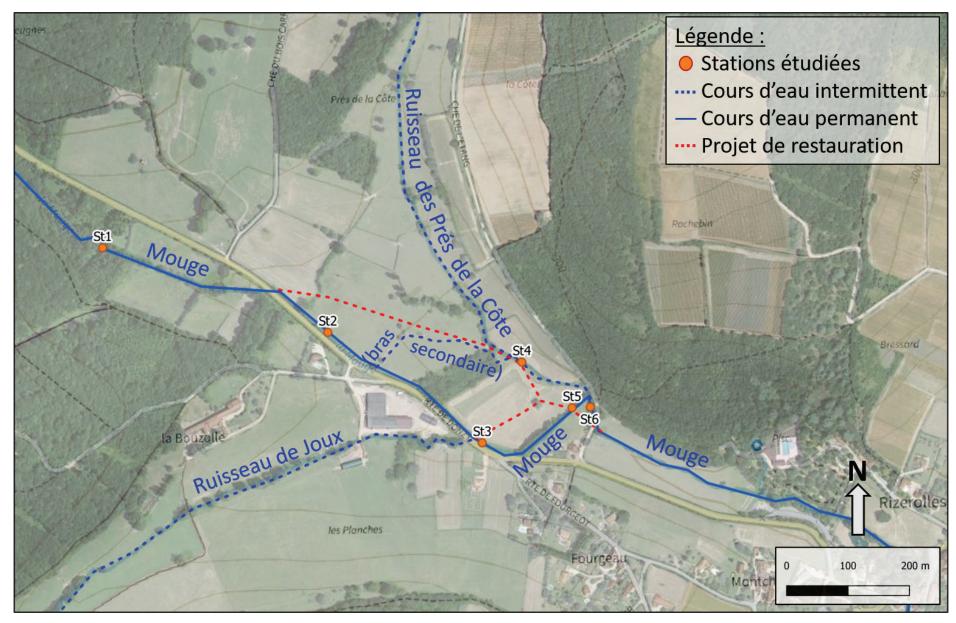
TABLEAU 1: LISTE DES STATIONS ETUDIEES ET DES COMPARTIMENTS SUIVIS SUR CHACUN D'ENTRE ELLES

1.1 Etude de la température de l'eau en période estivale

Elément prépondérant de la répartition des espèces piscicoles, la température de l'eau doit être finement étudiée pour délimiter les zones de vie de chaque espèce. La température joue en effet un rôle fondamental sur la dynamique des populations puisque chaque espèce piscicole et chaque stade de développement (œufs, larves, juvéniles, adultes) possède un optimum thermique propre (BISHAI, 1960; HOKANSON et al., 1973; EDSALL et ROTTIERS, 1976; CASSELMAN, 1978 in FAURE et GRES, 2008).

La truite fario, espèce repère de la majorité du réseau hydrographique étudié, a des exigences très strictes vis-à-vis de ce paramètre physique des eaux. Pour cette espèce sténotherme d'eaux froides, les dangers sont liés essentiellement à une élévation des températures estivales. Le préférendum thermique de la truite s'étend de 4 à 19°C, (ELLIOT, 1975, ELLIOT et CRISP, 1996 *in* INTERREG III, 2006). Au-delà, la truite ne s'alimente plus, elle est en état de stress physiologique. A partir de 25°C, le seuil létal est atteint (ELLIOT, 1981; VARLET, 1967, ALABASTER et LLYOD, 1980, CRISP, 1986 *in* INTERREG III, 2006) (ce seuil peut être inférieur si la qualité d'eau est altérée). Au-delà de l'échelle individuelle, les valeurs influençant la réponse globale à long terme des populations de truite fario en milieu naturel sont à évaluer sur des périodes plus longues via le calcul de la moyenne des températures moyennes journalières sur les 30 jours consécutifs les plus chauds (Tmoy30). Sur cette base la limite des 17.5-18°C influencerait en particulier le stade juvénile de l'année ou 0+ (mécanismes de mortalité, alimentation, croissance; ELLIOT, 1995, ELLIOT et HURLEY, 1998, BARAN *et al.*, 1999, BARAN et DELACOSTE, 2005, *in* FAURE et GRES, 2008). Les poissons plus âgés (1+, 2+ et au-delà) seraient plus robustes et résilients vis-à-vis de la thermie en raison de la relation inversement proportionnelle entre la sensibilité au réchauffement du poisson et son rapport volume/surface.

La température a également un effet indirect sur d'autres paramètres physico-chimiques (oxygénation ...), sur les invertébrés benthiques et sur les agents pathogènes (INTERREG III, 2006).



CARTE 1: LOCALISATION DES STATIONS ETUDIEES (FOND DE CARTE: PHOTOGRAPHIES AERIENNES 2018, PLAN IGN V2, IGN)

1.1.1 Acquisition des données thermiques

Des enregistreurs thermiques sont installés dans l'eau en période estivale. Ces appareils de type HOBO UA-001-64 sont immergés dans des zones calmes et profondes, à l'abri des rayons directs du soleil. La température est mesurée et enregistrée avec un pas de temps de 1 heure.

Dans le cadre de cette étude, la température de l'eau a été étudiée sur 5 stations réparties le long de la Mouge (cf. Tableau 1, Tableau 2, Carte 1): 1 station en amont de la future zone de travaux (station référence) et 4 stations au sein de la zone de travaux. Lors des 2 années de suivis prises en compte, la période de mesure s'étend sur chaque station du 15 juin au 15 septembre.

1.1.2 Analyse des données thermiques

Les données récupérées par les enregistreurs thermiques sont tout d'abord vérifiées et validées. Après la phase de validation, les données brutes sont analysées afin de calculer différentes valeurs de référence : température instantanée maximale (Ti max), température moyenne journalière maximale (Tmj max), amplitude thermique journalière maximale (Ajmax Ti), température moyenne de la période (Tmp).

Les résultats seront aussi analysés en utilisant le préférendum thermique des truites juvéniles (< valeurs inférieures à 17 °C), de la truite adulte (valeurs inférieures à 19 °C) et le seuil létal pour cette espèce (25 °C). Ces paramètres seront analysés au cours 30 jours consécutifs les plus chauds.

La comparaison des résultats des différentes stations permettra enfin de mesurer l'importance des écarts de température entre chaque station et d'en comprendre les raisons.

Cada Candua	Sandre Code Nom cours étude d'eau		Localisation	Coordonnées (Lambert 93)		
Code Sandre			Localisation	X	Y	
06000381	St1	la Mouge	Amont pont RD 15	834230,7	6595036,4	
06000381	St2	la Mouge	Aval pont RD 15	834409,9	6594942,3	
06000381	St3	la Mouge	Aval confluence ruisseau de Joux	834653,2	6594780,4	
06000382	St5	la Mouge	Amont confluence bras secondaire	834832,4	6594852,9	
06000382	St6	la Mouge	Aval confluence bras secondaire	834835,4	6594848,5	

TABLEAU 2: LISTE DES STATIONS DE SUIVI THERMIQUE (PERIODE DE SUIVI : 15 JUIN AU 15 SEPTEMBRE 2018, 2019 ET 2020)

1.2 Suivi physico-chimique

Code Sandre Code étude Nom cours		Localisation	Coordonnée	Dates		
Code Sandre	Code etude	d'eau	Localisation	X	Y	d'analyses
06000381	St1	la Mouge	Amont pont RD 15	834230,7	6595036,4	21/08/2018
06000382	St6	la Mouge	Aval confluence bras secondaire	834835,4	6594848,5	06/09/2019 25/08/2020

TABLEAU 3: LISTE DES STATIONS DE SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE

Une campagne ponctuelle de mesure de certains paramètres physico-chimiques est réalisée lors de chaque année de suivi en période estivale sur deux stations (Cf. Tableau 1, Tableau 3 et Carte 1). Sans constituer une véritable étude de la physico-chimie de l'eau, pour laquelle il aurait fallu réaliser plusieurs prélèvements au cours de chaque année de suivi, ces mesures permettront d'aider à la compréhension des résultats.

Le multi paramètre HI 98194 (HANNA® instruments) (cf. Photographie 1) a permis de faire les mesures des paramètres suivants : la conductivité, la teneur en oxygène dissous et le taux de saturation en oxygène. Un thermomètre de précision avec sonde déportée Checktemp®1 HI98509 (HANNA instruments) a permis de mesurer la température de l'eau.





PHOTOGRAPHIE 1: A GAUCHE, PHOTOMETRE PF12-PLUS ET BLOC CHAUFFANT MACHEREL-NAGEL; A DROITE, MULTI PARAMETRE HI 98194 (HANNA INSTRUMENTS).

Les autres paramètres sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre MACHEREREY-NAGEL PF12-Plus (cf. Photographie 1). Des prélèvements d'eau sont réalisés et analysés directement sur le terrain afin d'éviter toute détérioration des échantillons. Pour les analyses d'ammonium, nitrates, nitrites et, des tests « Visocolor » (Macherey-Nagel) sont utilisés. Un ou plusieurs réactifs sont ajoutés à l'échantillon d'eau. Après un temps de réaction, un changement de couleur dont l'intensité est reliée à la concentration peut être observé. L'intensité du signal est mesurée grâce au spectrophotomètre. Avant chaque mesure, un « blanc » est effectué (calibrage de l'appareil avec un échantillon d'eau sans réactif). L'analyse des orthophosphates, du phosphore total, de l'azote total et de la demande chimique en oxygène nécessite de faire des tests dits « Nanocolor » (Macherey-Nagel). En complément de l'ajout de réactifs, les échantillons sont chauffés. Cela est réalisé à l'aide d'un bloc chauffant MACHEREY-NAGEL Nanocolor vario C2. Après les avoir laissés refroidir, la concentration est mesurée à l'aide du spectrophotomètre.

Pour chacun des paramètres, le résultat est donné selon les limites de quantification (cf. Tableau 4).

Type de test	Paramètres	Limites de quantification	Fraction analysée	
20 2	Ammonium (utilisé en 2018)	0.1-2.5 mg NH ₄ ⁺ .I ⁻¹	Eau filtrée	
Visocolor	Nitrites	4-60 mg NO ₂ .I ⁻¹	Eau filtrée	
â	Nitrates	0.02-0.5 mg NO ₃ l ⁻¹	Eau filtrée	
	Ammonium (utilisé en 2019 et 2020)	0.05-3 mg NH4 ⁺ .I ⁻¹	Eau filtrée	
	Azote total	0.5-22.0 mg N.I ⁻¹	Eau filtrée	
Nanocolor	Phosphore total	0.05-1.5 mg P.I ⁻¹	Eau brute	
2	Orthophosphates	0.2-5 mg PO ₄ ³⁻ .l ⁻¹	Eau filtrée	
4	DCO	15-160 mg O ₂ .l ⁻¹	Eau brute	

TABLEAU 4: PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ETUDIES ET LIMITES DE QUANTIFICATION

Les limites de classes de qualité, fixées dans l'arrêté du 27/07/2015, relatifs aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, sont utilisées pour analyser les résultats (MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER, 2016).

Concernant les espèces piscicoles, certains paramètres sont plus impactant que d'autres et toutes les espèces n'ont pas les mêmes exigences. On distingue les seuils de toxicité dans les eaux salmonicoles et cyprinicoles (cf. Tableau 5).

Paramètre	Origine	Effets sur la faune piscicole	Eaux salmonicoles		Eaux cyprinicoles	
raiametre	Ched sor is notice		Guide	Impérative	Guide	Impérative
DBO5	Permet de considérer la charge organique en estimant la quantité d'oxygène biologiquement nécessaire à son oxydation. Une surcharge organique diminue la quantité d'oxygène dissous	La principale nuisance induite est la baisse de la teneur en oxygène dissous	<= 3mg/l		<= 6mg/l	
NO2	Forme instable de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Les nitrites résultent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque soit de la réduction des nitrates	Des fortes teneurs en nitrites provoquent des lésions branchiales et une transformation de l'hémoglobine en mèthémoglobine. Induit une gêne respiratoire pouvant aller jusqu'à l'asphyxie.	<=0,01mg/l	<=0,1mg/l	< =0,03mg/l	<=0,3mg/l
NH4	Présent dans les eaux riches en matières organiques en décomposition. Signe évident de pollution.		<=0,04 mg/l	<=1mg/l	<=0,2mg/l	<= 1mg/l
NH3	Sa concentration liée au coupel acide/base NH4/NH3 varie en fonction du pH et de la température.	L'azote ammoniacal non ionisé est tèrs toxique pour les poissons. Les pathologies branchiales entrainent très rapidement la mort.		< 0,025mg/l		
PO4	Présent naturellement à faibles concentrations (décomposition de la matière vivante, altération des minéraux). Indique plutôt une pollution (terres fertilisées, eaux usées, industrie chimique)	Favorise la prolifération algale et donc l'eutrophisation des milieux pouvant avoir des effets directs sur les organismes (mortalité des œufs) ou indirects sur l'habitat (colmatage du substrat)	<= 0,2 mg/l		<= 0,4mg/l	

TABLEAU 5 : POLLUANTS LES PLUS FREQUENTS, EFFETS SUR LA FAUNE PISCICOLE ET SEUILS DE TOXICITE (ALABASTER ET LLOYD, 1980 ; DE KINKELIN ET AL., 1986 IN PROGRAMME INTERREG IIIA, 2006 ET LEPIMPEC ET AL., 2002.)

Le cas de la truite fario sera étudié plus précisément. Certaines valeurs optimales et seuils sont donnés dans la littérature :

- le pH doit être compris entre 6 et 9. Un pH inférieur à 6 est néfaste pour la reproduction (Baglinière et al., 1991).
- la concentration en oxygène dissous ne doit pas être inférieure à 6 mg/L. Les truites ont besoin d'un milieu très oxygéné pour vivre.
- la concentration en matière en suspension (MES) ne doit pas être trop élevée, puisqu'en période d'étiage, elle entraîne une irritation branchiale et est source d'infections bactériennes. En hiver, elle est responsable du colmatage des frayères et de l'asphyxie des œufs. Pour cela, Caudron (2006) fixe une valeur seuil de 30 mg/L de MES en période d'étiage hivernal et de 75 mg/L pour les autres périodes. Les résultats de diverses études indiquent que la mortalité des truites augmente lorsqu'elles sont exposées chroniquement à des taux de matières en suspension supérieurs à 100 mg/L (Fischnetz, 2004).
- les nitrites présentent un effet toxique pour les truites à partir de 0.1 mg/L (Caudron, 2006 ; Lepimpec, 2002). Les alevins sont beaucoup plus sensibles que les adultes (Fishnetz, 2004). De fortes teneurs en nitrites provoquent des lésions branchiales (Télangiectasie des cellules pilastres des lamelles branchiales) et transforment l'hémoglobine en méthémoglobine. Cela induit une gêne respiratoire pouvant entraîner l'asphyxie (Caudron, 2006).
- Les orthophosphates et les nitrates, favorisent l'eutrophisation des rivières et ainsi leur concentration peut impacter la vie des truites. Des seuils de 20 mg/L de nitrates et de 0.3 mg/L de phosphates sont donnés pour les cours d'eau salmonicoles (Le pimpec, 2002 ; Caudron, 2006).

1.3 Etude des données hydromorphologiques (Méthode Carhyce)

1.3.1 Acquisition des données hydromorphologiques (Carhyce)

La méthode Carhyce (CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau) est un protocole permettant d'effectuer, de façon homogène sur l'ensemble du territoire français, des mesures permettant à caractériser l'hydromorphologie des cours d'eau, ainsi que des observations du contexte (granulométrie du lit, composition des berges, nature de la ripisylve) (Source : Tamisier & Al, 2017).

Sur chacune des stations Carhyce, une opération d'acquisition comprend la réalisation de 15 transects équidistants et perpendiculaires à l'écoulement, sur lesquels sont réalisées des mesures ponctuelles équidistantes de profondeur, de granulométrie (sédiment), ainsi que des observations sur la nature des berges et sur la structure de la végétation (Figure 1). La longueur d'une station est de 14 fois sa largeur plein bord, cette longueur permettant en théorie de décrire au moins deux séquences de faciès de type radier/mouille/plat courant (Leopold & Wolman, 1957; Leopold et al., 1964; Navratil et al., 2004 in : Tamisier & Al, 2017).

Sur le terrain, la station est parcourue au préalable pour en comprendre les spécificités. Le niveau à pleins bords (Figure 1) est déterminé selon la position du sommet de la berge, c'est-à-dire le niveau correspondant au début du replat signalant la transition entre la berge et la plaine alluviale (Navratil et al., 2006in : Tamisier & Al, 2017). Le premier transect est établi en aval de la station sur un radier ou un plat courant. Afin de positionner les points d'acquisition, la largeur à pleins bords (Lpb-ev) et la largeur mouillée (Lm-ev) moyennes de la station sont estimées :

 La largeur à pleins bords évaluée (Lpb-ev): grâce aux largeurs à pleins bords de trois transects espacés de deux fois la première largeur, mesurées par télémètre ou décamètre. Cette valeur permet de positionner les 15 transects: le premier transect sur le premier radier aval (ou plat

- courant) de la station, les 14 autres répartis toutes les 1xLpbev vers l'amont. La longueur de la station est donc égale à 14x Lpb-ev.
- La largeur mouillée évaluée (Lm-ev) : à partir des largeurs mouillées de trois transects. Cette valeur permet de définir la distance inter-points, égale à Lm-ev /7. Cette distance entre les points d'acquisition de chaque transect permet d'obtenir au moins 7 points dans l'eau. La berge de départ est indiquée pour chaque transect (droite ou gauche).

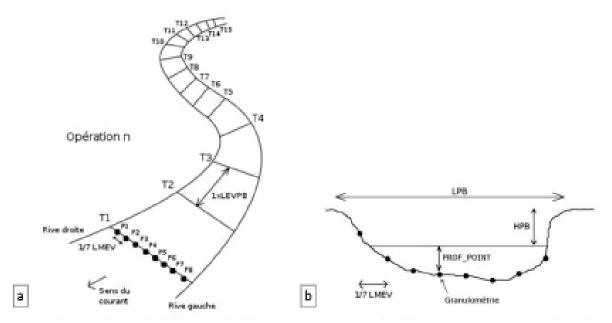


FIGURE 1 : SCHEMA DU PROTOCOLE D'ACQUISITION CARHYCE. A = POUR UNE OPERATION, 15 TRANSECTS D'AVAL EN AMONT (T1-T15) ESPACES DE LA LARGEUR EVALUEE PLEIN BORD. B = SUR CHACUN DES TRANSECTS, ACQUISITION DE TOUS LES PARAMETRES (LARGEUR PLEIN BORD, HAUTEUR PLEIN BORD, PROFONDEUR, GRANULOMETRIE) ESPACES DE 1/7 FOIS LA LARGEUR MOUILLEE EVALUEE. (SOURCE : TAMISIER & AL, 2017).

Ensuite, les mesures listées dans le Tableau 6 sont effectuées à l'échelle de la station, du transect et du point.

TABLEAU 6: LISTE DES MESURES DE TERRAIN AUX DIFFERENTES ECHELLES DU PROTOCOLE CARHYCE. (SOURCE: TAMISIER & AL, 2017).

Echelle de mesure	Nom	Description du mode d'acquisition
	Pente de la ligne d'eau	Pente mesurée entre le 1 ^{er} et le dernier transect. Avec un niveau de chantier (en ‰).
	Colmatage	Il est mesuré en 8 points (au niveau des radiers) par examen, sur des baguettes de bois placées pendant un mois dans le sédiment.
Station	Débit	Débit mesuré à l'aide d'un courantomètre selon la méthode classique de l'exploration du champ de vitesses (m³/s).
	Granulométrie	Granulométrie de type Wolman (1954) : mesure de 100 particules échantillonnées aléatoirement sur un seuil.
	Photographie	3 photos en aval, 3 photos en amont (RD, RG, centre).

	Largeur plein bord	Mesuré avec un décamètre (en m).
	Hauteur plein bord	Mesuré avec un décamètre (en m).
	Faciès d'écoulement	Défini selon Malavoi et Souchon (2002).
Transect	Nature des berges	Un code est attribué à chacune des berges du transect, décrivant la nature des matériaux constitutifs selon leur degré d'artificialisation (matériaux naturels, technique végétale, enrochement, matériaux artificiels)
	Nature et structure de la ripisylve	Sont décrits de manière qualitative pour chacune des rives : la stratification de la ripisylve, son caractère naturel ou planté, son épaisseur, ainsi que sa continuité longitudinale.
Point	Profondeur	La profondeur est positive si le point est immergé et négative s'il est en dehors de l'eau. Cette donnée permet de reconstituer le profil en travers.
	Granulométrie	Granulométrie au droit du point, par classe de taille, et éventuellement substrat additionnel.

1.3.2 Analyse des données Carhyce

Les données terrains sont saisis sur le site Carhyce, puis traitées par l'Interface d'Exploitation des Données Carhyce (IED Carhyce) qui réalise les graphiques et analyses des données sous formes statistiques. Ces résultats permettront de comparer les 2 stations : la station témoin (St1) et la station perturbée (St2).

Les résultats sont consultables sur la plateforme IED Carhyce (http://194.57.254.11/IED/), dans les différents onglets « Graphiques / Modèles / Indicateur global » en sélectionnant les données suivantes :

- Région (HER ou DOM) : Massif Central Sud

- Cours d'eau : Mouge

Localisation : MOUGE A AZE 5Code Station : 06000381Année de l'opération : 2019

- Identifiant de l'opération : 3555 (Station 1, amont) ou 3559 (station 2, le long de la RD15).

1.4 Etude des peuplements piscicoles

1.4.1 Acquisition des données piscicoles

L'analyse des peuplements piscicoles est basée sur des inventaires piscicoles par pêche électrique. La méthode de pêche consiste à créer un champ électrique entre deux électrodes en délivrant par un générateur un courant continu de 0,5 à 1A. Dans un rayon d'action de 1 mètre autour de l'anode, des lignes électriques équipotentielles sont créées et ressenties par le poisson. La différence de potentiel entre la tête et la queue actionne les muscles du poisson qui adopte alors un comportement de nage forcée en direction de l'anode (zone d'attraction). A proximité de l'anode, ses muscles sont alors tétanisés ce qui rend le poisson capturable à l'épuisette (zone de galvanotaxie).

Le matériel utilisé est un groupe fixe de marque « DREAM ELECTRONIQUE » et de type « Héron » sur lequel sont fixées deux ou trois anodes selon la largeur du cours d'eau.

Sur toutes les stations inventoriées dans le cadre de cette étude, les inventaires piscicoles sont réalisés selon la méthode de pêche électrique par épuisement (DE LURY, 1951). Deux passages successifs sont réalisés sans remise à l'eau entre les passages, les poissons capturés lors du premier et du second passage sont dissociés.

Tous les poissons capturés sont identifiés à l'espèce, puis dénombrés, mesurés et pesés individuellement ou par lot avant remise à l'eau sur la station.

Une description des stations est systématiquement réalisée. Elle permet d'apporter des renseignements portant sur le chantier de pêche (surface pêchée, conditions de pêche, ...) et la station en elle-même (faciès d'écoulement, profondeurs, substrats, végétation, et habitats piscicoles). Par ailleurs, la localisation cartographique permet, à l'aide du logiciel Qgis et du Scan25 de l'IGN, de déterminer les limites et la surface du bassin versant drainée, la distance à la source, la pente et l'altitude pour chaque station.

Dans le cadre de cette étude, 3 inventaires piscicoles ont été réalisés (cf. Tableau 1, Tableau 7, Carte 1) chaque année en 2018, 2019 et 2020.

Code Sandre	Point de	Code étude	Nom cours	Localisation	Coordonnées aval station en m (Lambert 93)		Dates inventaires	
	prélèvement		a eau	d'eau		Y	piscicoles	
06000381	004	St1	la Mouge	Amont pont RD 15	834230,7	6595036,4	26/06/2018 23/07/2019 02/07/2020	
06000381	005	St2	la Mouge	Aval pont RD 15	834409,9	6594942,3	26/06/2018 23/07/2019 02/07/2020	
06000382	002	St4	la Mouge (bras secondaire)	Aval confluence Ruisseau des Prés de la Côte	834733,3	6594905,8	26/06/2018 02/07/2020	

TABLEAU 7: LISTE DES STATIONS D'INVENTAIRE PISCICOLE (2018, 2019 ET 2020)

1.4.2 Analyse des données piscicoles

Evaluation des peuplements réels

Même en appliquant deux passages successifs, la méthode de pêche électrique ne permet pas de capturer l'ensemble des individus. Les pêches d'inventaire à deux passages successifs permettent néanmoins une estimation relativement précise du peuplement réel. Les estimations sont effectuées par la méthode de Carle et Strub (1978). L'estimation des peuplements réels permet une première analyse basée sur la densité, la biomasse et la diversité spécifique des peuplements piscicoles.

Calcul de l'Indice Poisson Rivière

L'analyse des inventaires piscicoles sera menée à l'aide du calcul de l'Indice Poisson Rivière selon la norme française NF T90-344 (CHAUVIN, 2011) et l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface (MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 2016). L'Indice Poisson Rivière (IPR) permet de mesurer l'écart entre le peuplement d'une station à partir des résultats du premier passage de pêches

électriques, et le peuplement attendu en situation de référence. Il prend en compte 7 métriques auxquelles il attribue un score en fonction de l'écart observé (cf. Tableau 8). L'IPR est obtenu par la somme de ces 7 valeurs, et est égal à 0 lorsque le peuplement n'est pas perturbé. La situation de référence est déterminée par 9 variables environnementales. L'indice se présente sous la forme d'une échelle ouverte à laquelle correspondent 5 classes de qualité.

Basé uniquement sur les effectifs, cet indice ne prend en compte ni la biomasse, ni la structure des populations (classes d'âge). Il se révèle par conséquent relativement peu sensible dans les cours d'eau présentant une diversité naturellement pauvre (1 à 3 espèces, soient les biotypes B1.5, et B2) pour lesquels les altérations se manifestent en premier lieu par une altération de la structure des populations (BELLIARD et al., 2006).

TABLEAU 8 : METRIQUES ET VARIABLES ENVIRONNEMENTALES UTILISEES POUR LE CALCUL DE L'INDICE POISSON RIVIERE ET CLASSES DE QUALITE

Métriques	Variables environnementales
Nombre total d'espèces	Surface du bassin versant (km²)
Nombre d'espèces rhéophiles	Distance à la source (km)
Nombre d'espèces lithophiles	Largeur moyenne en eau (m)
Densité d'individus tolérants	Pente (‰)
Densité d'individus invertivores	Profondeur moyenne en eau (m)
Densité d'individus omnivores	Altitude (m)
Densité totale d'individus	Température moyenne de l'air en juillet (°C)
	Température moyenne de l'air en janvier (°C)
	Unité hydrographique

Note IPR	Classe de qualité
[0 - 5 [Excellente
[5 - 16 [Bonne
[16 - 25 [Moyenne
[25 - 36 [Médiocre
≥ 36	Mauvaise

Partie 2 : Résultats

2.1 Résultats des mesures estivales de la température de l'eau

2.1.1 Conditions climatiques des étés 2018 à 2020

Eté 2018

Selon Météo France, la période s'étalant de juin à septembre 2018 a été remarquable en termes de déficit pluviométrique, de chaleur et de fort ensoleillement sur la Bourgogne (Figure 2).

- le bilan pluviométrique de juin à septembre se situe dans les 5 plus secs depuis l'après-guerre. Le cumul de pluie se situe au 3e rang à Mâcon (71). Le nombre de jours de pluie est extrêmement bas.
- cette période de l'année se place en 2ème position des plus chaudes, juste derrière 2003.
- l'ensoleillement a approché ou battu des records. A Mâcon, la durée d'ensoleillement en 4 mois a atteint 1182h30, dépassant le précédent record de 1962 (1168 heures).

Eté 2019

Les températures ont été très importantes au cours de l'été 2019, largement supérieures aux valeurs habituelles. L'été a notamment été marqué par 2 canicules : une première canicule fin juin et une deuxième fin juillet (Figure 2).

Si la pluviométrie a été exceptionnellement faible au cours des mois de juillet et de septembre 2019, le mois d'août a été marqué en revanche par une pluviométrie importante, supérieure à 100 mm, à la

faveur d'épisodes orageux intenses. Les débits des cours d'eau sont cependant restés bas tout au long de l'été, en lien avec une recharge hivernale des réserves d'eau très insuffisante et les températures importantes de l'été.

Eté 2020

Durant cet été, le secteur de Macon a connu un mois de juillet exceptionnellement sec, suivi d'un mois d'août encore peu arrosé (Figure 2, page suivante). La période estivale débute par un mois de juin relativement frais, les mois suivants deviennent très sec et chaud, avec un mois d'août classé au 3e rang des mois d'août les plus chauds sur la période 1900-2020. Avec deux vagues de chaleur successives du 30 juillet au 1er août et du 6 au 13 août, suivies par un pic de chaleur les 20 et 21 août, l'été 2020 a fait partie des étés les plus chauds depuis le début du XXe siècle. En termes de températures, les années 2018, 2019 et 2020 se situent largement au-dessus des normales de saison.

Comparatif des données météorologiques de 2018, 2019 et 2020 (Source Infoclimat) :

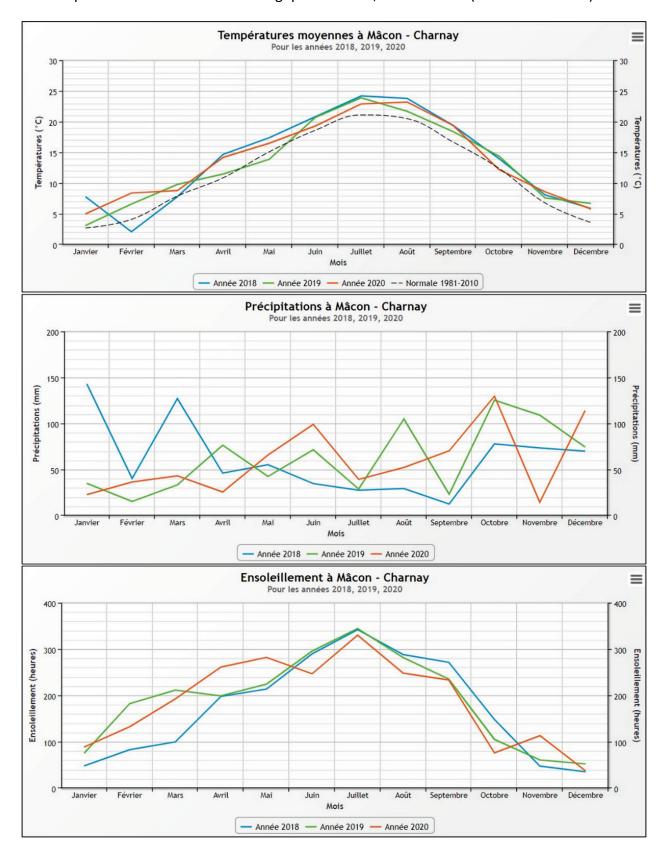


FIGURE 2 : COMPARATIF DES DONNEES METEOROLOGIQUES DE LA STATION DE MACON (TEMPERATURE, PRECIPITATION, ENSOLEILLEMENT)

ENTRE LES ANNEES 2018 ET 2020. (SOURCE : INFOCLIMAT.FR)

2.1.2 Résultats des mesures de la température de l'eau

2.1.2.1 Variables thermiques générales

Année	Code station	Température instantanée maximale (en °C)	Amplitude thermique journalière la plus élevée (en °C)	Température moyenne journalière maximale (en °C)	Température moyenne de la période (en °C)
	St1	22,1	4,3	20,6	17.12
	St2	25,6	6,5	22	17.91
2018	St3	25,2	6,8	22,5	18.33
	St5	24.4	6.3	22.5	18.35
	St6	24,5	6,2	22,5	18.44
	St1	22,1	4.1	20,2	16,63
	St2	23,7	5.3	21,2	17,46
2019	St3	23,8	6	21,2	17,46
	St5	23.9	5.5	21,4	17,57
	St6	24.2	6.6	21,5	17,66
	St1	20,8	4,2	19,5	16,8
	St2	25,6	8,2	22,1	17,94
2020	St3	22,5	4,8	21	17,86
	St5	24,4	7,2	21,8	18,18
	St6	23,8	6,4	21,4	18,06

Tableau 9: variables thermiques generales de la Mouge sur les 5 stations etudiees (periode de mesure du 15/06 au 15/09 entre 2018 et 2020).

Sur les paramètres thermiques observés dans le Tableau 9, on constate des températures estivales élevées, et largement au-dessus du préféredum thermique de la truite commune de 19°C maximum (espèce repère sensible du cours d'eau de la Mouge). La station 1 présente les températures les plus faibles des points étudiés. Les variations inter-annuelles de chaques stations restent très faibles.

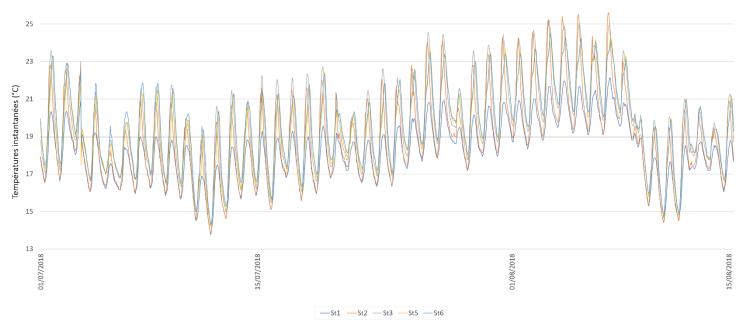


FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU DES DIFFERENTES STATIONS DE MESURE ENTRE LE 1ER JUILLET ET LE 15 AOUT 2018

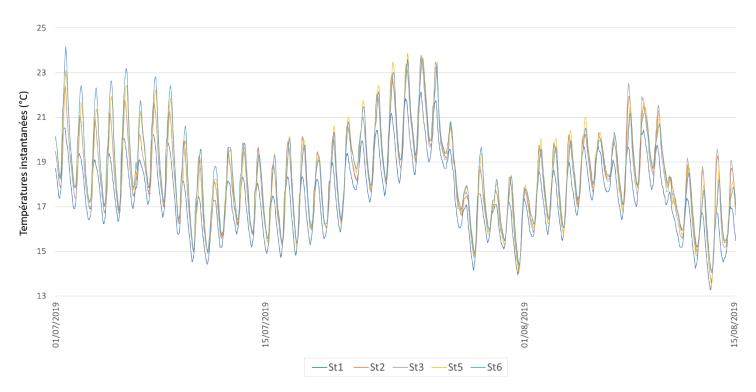


FIGURE 4 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU DES DIFFERENTES STATIONS DE MESURE ENTRE LE 1ER JUILLET ET LE 15 AOUT 2019

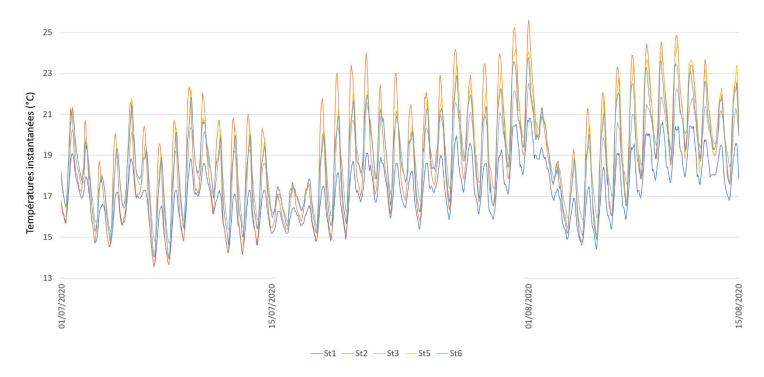


FIGURE 5 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU DES DIFFERENTES STATIONS DE MESURE ENTRE LE 1ER JUILLET ET LE 15 AOUT 2020

Les mesures réalisées dans la Mouge au cours des étés 2018, 2019 et 2020 permettent de constater que la station n°1, située en amont, se distingue des autres par des valeurs de température plus faibles pour l'ensemble des variables thermiques étudiées (Figures 3, 4 & 5). Dès la station 2, on constate un réchauffement important de l'eau avec une augmentation de l'ensemble des variables présentées dans le Tableau 9 et les Figures 3 à 5. La température moyenne de la période montre que la température augmente encore vers l'aval mais de manière plus modérée.

La valeur maximale mesurée lors de ces mesures est de 25.6 °C en 2018 et 2020 sur la station St2.

L'ensemble des variables étudiées pour montrent que l'été 2018 a été beaucoup plus chaud que les étés 2019 et 2020. En moyenne, sur les 5 stations étudiées, la température moyenne de l'eau lors de l'été 2018 a été 0,7 °C plus importante que lors de l'été 2019. Et l'été 2020 est 0,5°C plus chaud en moyenne que 2019, et 0,16°C plus frais que 2018.

2.1.2.2 Variables thermiques en lien avec le preferundum thermique de la truite fario

Les variables thermiques en lien avec le préférendum thermique de la truite fario ont été étudiés au cours de la période des 30 jours consécutifs les plus chauds, déterminée chaque année pour chaque station. Cette période est en effet la période la plus pénalisante pour cette espèce préférant les eaux fraiches.

En 2018, au cours des 30 jours consécutifs les plus chauds, le préférendum thermique de la truite fario a été dépassé plus de la moitié du temps sur les 4 stations aval (entre 55 et 70 % des mesures > 19°C). La Tmj30 max (moyenne des températures moyennes journalières des 30 jours consécutifs les plus chauds) des stations est supérieur à 19°C, sauf pour la station 1 qui est très légèrement moins impactée. Une Tmj30max au-delà de 17-18°C perturbe le métabolisme des juvéniles de truite. Cette situation a été très pénalisante pour cette espèce, puisqu'au-delà de son préférendum de maximum 19°C, la truite entre en stress physiologique et ne s'alimente plus. La situation a été particulièrement préoccupante

sur les stations St2 et St3 ou le seuil létal pour la truite (températures instantanées supérieure à 25 °C) a été dépassé.

En 2019, même si la situation a été plus favorable, la température de l'eau a été au-delà du préférendum thermique de la truite fario entre 41 et 50 % de la période des 30 jours les plus chauds. La température létale pour la truite fario n'a heureusement pas été atteinte en 2019. Les Tmj30max sont plus basses qu'en 2018 et dans la limite du préférendum thermique de la truite, sauf pour la station la plus aval.

En 2020, on trouve des valeurs de températures semblables à 2018 avec des Tmj30max catastrophiques largement au-dessus de 19°C, sauf pour la station amont qui reste fraiche. Les stations aval (St2 à 6) présentent des températures instantanées supérieurs au préférendum thermique de la truite largement majoritaire avec des taux de 60 à 65%. La station 2 a enregistré des températures supérieures à 25°C (seuil létal).

La situation apparait plus favorable sur la station 1 avec des gammes de températures sensiblement plus fraiches que sur les autres stations aussi bien en 2018 qu'en 2019 et 2020. C'est la station où les températures sont les plus favorables à la truite. A partir de la station 2, la situation devient nettement moins favorable et continue à se dégrader plus lentement jusqu'à la station St6.

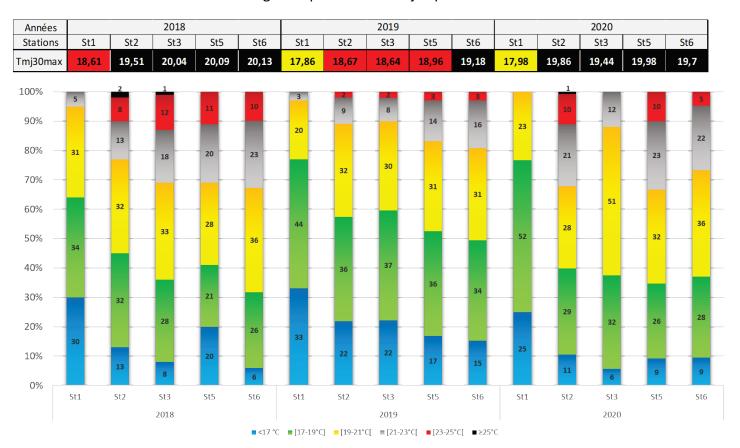


FIGURE 6: TABLEAU DE LA VALEUR MOYENNE DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES OBSERVEES DURANT LES 30 JOURS CONSECUTIFS LES PLUS CHAUDS. HISTOGRAMME DES CLASSES DE TEMPERATURE OBSERVEES SUR LES 5 STATIONS DE LA MOUGE AU COURS DES 30 JOURS CONSECUTIFS LES PLUS CHAUDS LORS DES ETES 2018, 2019 ET 2020 (<17°C: PREFERENDUM THERMIQUE DES JUVENILES DE TRUITES; <19°C PREFERENDUM THERMIQUE DES TRUITES; >25°C: TEMPERATURE LETALE DE LA TRUITE)

2,5 2018 station St 1 (en °C) sur la période la plus chaude Evolution de la température par rapport à la St6 St3 2019 St2 2,1 2 2020 1,7 1,5 1,3 1 St5 0,5 500 0 100 200 300 400 600 700 800

2.1.2.3 Evolution longitudinale de la température

FIGURE 7: ECART MOYEN A LA STATION ST 1 DE LA TEMPERATURE MOYENNE DE L'EAU DES AUTRES STATIONS AU COURS DES 30 JOURS LES PLUS CHAUDS DES ETES 2018, 2019 ET 2020.

Distance à la station St1 (en m)

La Figure 7 permet d'observer une augmentation importante de la température de l'eau entre la station St 1 (station de référence) et les stations plus en aval (St2 à St6) au cours des 30 jours les plus chauds : en 2018, la température de l'eau était en moyenne 1.4 °C plus importante sur la station St2 que la station amont, en 2019 le gain était de 0.8 °C et 2020 une augmentation record de +1.8 °C.

Au cours des trois années de suivi, la température continue à augmenter entre les stations 2 et 6 mais avec des écarts de températures plus modestes et variables selon les années de suivi. Cette variabilité pourrait s'expliquer par la mise en assec certaines années des 2 petits affluents de la Mouge, le ruisseau des Prés de la Côte et le ruisseau de Joux et par la durée variable de ces assecs.

L'augmentation moyenne de la température de l'eau au cours des 30 jours les plus chauds de l'été 2018 entre les stations 1 et 6 était au total de 2.1 °C sur un linéaire de 800 m, soit une augmentation moyenne de 0.26 °C pour 100 m de cours d'eau. Avec 1.3 °C en 2019, cette augmentation était plus faible mais reste importante avec une élévation moyenne de la température de 0.16 °C pour 100 m de cours d'eau. En 2020, on retrouve des valeurs semblables à celle observée en 2018 avec c'est une hausse de +1.7 °C constatée entre St1 et St6, soit 0.21 °C pour 100 mètres linéaire.

2.1.2.1 Explication des résultats obtenus

La relative fraicheur observée sur la station 1 est liée à une ripisylve continue sur la quasi-totalité du linéaire de la Mouge en amont de la station qui permet de maintenir un ombrage sur le cours d'eau.

L'augmentation de la température de l'eau à partir de la station 2 est à mettre en lien avec la disparition de la ripisylve dès lors que la Mouge longe la route départementale D15.

Entre les stations 2 et 6, plusieurs facteurs entrent en compte pour expliquer l'augmentation plus modeste de la température :

- la ripisylve est discontinue le long de la Mouge entre ces 2 stations,
- la confluence avec le ruisseau de Joux qui est largement dépourvu de ripisylve.
- la confluence avec le bras secondaire de la Mouge qui est, lui aussi, dépourvu de ripisylve.

La mise en assec plus ou moins longue de ces 2 affluents pourrait quant à elle expliquer la variabilité des résultats obtenus entre les différentes stations d'une année sur l'autre.

2.2 Résultats du suivi physico-chimique

2.2.1 Evaluation de la qualité selon le système d'évaluation de l'état des eaux

Les mesures ont été réalisées le 21 août 2018, le 26 septembre 2019 et le 25 aout 2020. Les résultats concernant les paramètres pH et orthophosphates ont été invalidés en 2018.

Selon les limites de classes de qualité utilisées par le Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux, pour l'ensemble paramètres étudiés, la qualité de l'eau est, selon les classes de qualité définies par le système d'évaluation de l'état des eaux, bonne ou très bonne.

Stations	St1	St6	St1	St6	St1	St6
Date	21/08	/2018	26/09/2019		25/08	3/2020
Température de l'air (°C)	18,1	19,1	20	21	20	20
Température de l'eau (°C)	17,1	18	15,7	16,7	16,4	19,7
рН			7,88	7,94	7,94	8,09
Taux de satur. en oxygène (%)	95	92	86	85	97,5	91
Oxygène dissous (mg O ₂ .L ⁻¹)	9,1	8,6	8,24	7,95	9,17	8
Conductivité (µS.cm ⁻¹)	890	810	951	963	916	800
Turbidité (NTU)	8	26	15	15	11	14
Dureté (ppm)	280	260	220	200	180	240
Ammonium (mg NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)	<0,1	<0,1	<0,05	0,08	0,06	0,05
Nitrates (mg NO ₃ L ⁻¹)	17,3	13,6	13,3	13,1	11,4	9,3
Nitrites (mg NO ₂ .l ⁻¹	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,04
Orthophosphates mg PO ₄ ³⁻ .l ⁻¹			0,2	0,2	<0,2	0,2
Phosphate total mg P.I ⁻¹	0,1	0,1	0,08	0,14	0,08	0,1
Azote total mg N.I ⁻¹	2,8	2,3	2,1	3,3	1,1	0,9
DCO mg O ₂ .l ⁻¹	<15	<15	<15	17	_	8

Tableau 10 : Resultats des analyses physico-chimiques realisees sur la Mouge et classes d'état utilisées par le Système d'évaluation de l'état des eaux (bleu : tres bon état ; vert : bon état ; jaune : état moyen ; orange : état médiocre ; rouge : mauvais état)

2.2.2 Evaluation de la qualité des eaux en fonction des exigences de la truite fario

Avec 0.02 mg/L, les teneurs en nitrites sont supérieures à la valeur guide pour les eaux salmonicoles sur la station n°6 en 2018, et 0.04 mg/L en 2020 sur les stations 1 & 6 : ces valeurs peuvent être pénalisantes pour la population de truite fario. De fortes teneurs en nitrites provoquent des lésions branchiales et une transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine, ce qui peut induire une gêne respiratoire pouvant aller jusqu'à l'asphyxie. De même, la teneur en ammonium mesurée sur la station n°6 en 2019, avec 0.08 mg/L, est supérieure à la valeur guide pour les eaux salmonicoles dont le maximum est fixé à 0.04 mg/L.

Ainsi, même si la qualité de l'eau de la Mouge est plutôt bonne, on observe une légère dégradation de la qualité entre la station 1 et 6 qui pourrait impacter les espèces aquatiques les plus sensibles, dont la truite fario.

2.3 Résultats des mesures hydromorphologiques (Méthode Carhyce)

2.3.1 Description et Comparaison des profils des station St1 (témoin) et St2

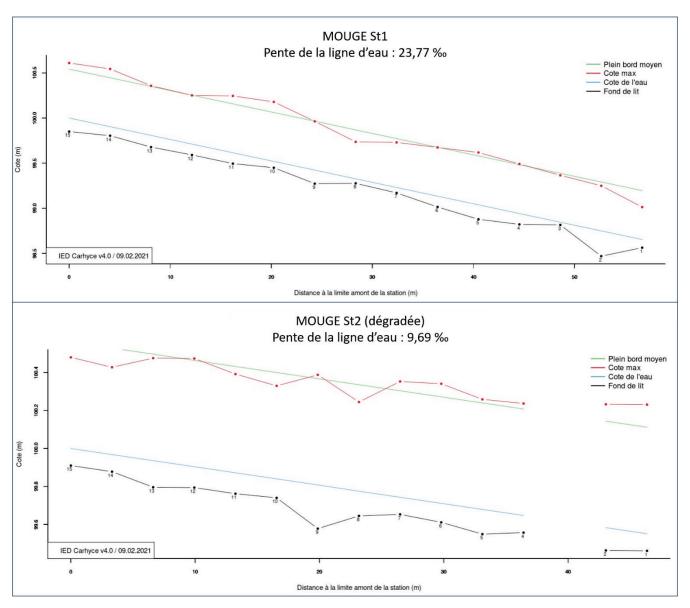


FIGURE 8: PROFILS EN LONG DES STATIONS 1 & 2 (SOURCE: IED CARHYCE).

La Figure 8 représente graphiquement le profil en long des stations 1 (témoin) et St2 (dégradée). Les profils en travers de chaque transect calculé sur St1 & St2 sont consultables en annexes (Annexes 1 à 5 pour les profils en travers de St1, et annexe 6 à 10 pour St2) ainsi que sur la plateforme IED Carhyce (Cf Méthodologie).

La Mouge présente une plus forte pente sur la station 1 à l'amont, que sur la station 2. Au niveau des profils en travers (Cf Annexes) on constate que les berges de la station 1 sont douces et bien étagées, alors que sur la station 2 les berges sont très abruptes (type fossé) avec les contraintes liées à la route RD15.

2.3.2 Description et comparaison des mesures granulométriques des 2 stations

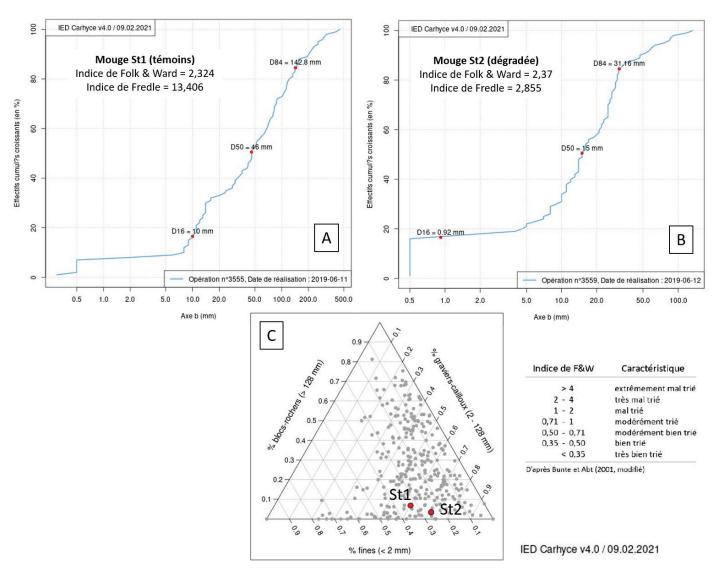


FIGURE 9 : COURBE GRANULOMETRIQUE CUMULATIVE D'UN RADIER DE LA STATION 1 ET DE LA STATION 2 (COURBES A & B). DIAGRAMME GRANULOMETRIQUE DES 2 STATIONS (C). INTERPRETATION DE L'INDICE DE TRI DE FOLK & WARD (SOURCE : IED CARHYCE).

Les courbes granulométriques cumulatives des stations 1 et 2 sont issues de données collectées sur un radier avec la méthode de Wolman (Wolman, 1954 : in Tamisier & al, 2017). La courbe permet de monter le pourcentage de granulat échantillonné en fonction de sa taille (inspiré de la classification de Wentworth) relevé au droit de chaque point de mesure sur les transects (Tamisier & al, 2017).

La granulométrie sur le radier permet de caractériser la gamme granulométrique régulièrement remobilisée. On s'intéresse ici à la taille du substrat dont la distribution est généralement décrite par la courbe granulométrique (fréquence cumulée) et par des paramètres caractéristiques comme le D₅₀ (diamètre médian des particules), le D₈₄ (décrivant la fraction grossière) et le D₁₆ (décrivant la fraction fine) (Figure 8A et 8B) (Tamisier & al, 2017).

Dans le cas des 2 stations de la Mouge en amont d'Azé, la granulométrie et sensiblement différente. Sur la station témoin St1, la taille moyenne est de 46mm contre 15mm sur la station 2. De plus, la station 1 présente une plus grande diversité de tailles de granulat avec une fraction de fines de l'ordre de 10mm (D16, 16ème quartile) jusqu'à une fraction de grossier de 142.8mm (D84, 84ème quartile). La station 2 quant à elle s'étale de 0.92mm (D16) jusqu'à seulement 31.16mm (D84), démontrant une plus grande proportion de granulat fin. En effet, dans ce type de représentation graphique, plus la courbe est verticale (plus la différence entre le D84 et le D16 est faible), plus la distribution granulométrique est homogène (Tamisier & al, 2017).

L'indice de tri de Folk & Ward (1957) renseigne sur le tri granulométrique du substrat et l'indice de Fredle sur l'asymétrie de sa distribution. Ces deux indices sont révélateurs de l'origine et de la mise en place du substrat. L'indice de Fredle a en particulier été utilisé pour évaluer la capacité de survie des embryons de salmonidés (Reiser, 1998 in ; Tamisier & al, 2017). La station 1 présente un Indice de Folk & Ward de 2.324, et la Station 2 un indice de 2.37 traduisant un « très mauvais tri » des granulats avec une asymétrie plus importante sur St1 avec un indice de Fredle de 13.406.

Les mesures granulométriques relevées au niveau de chaque point de mesure de hauteur (sur les transects) sont représentées grâce à un diagramme triangulaire (Figure 9C). Il permet d'apprécier la part de chacune des classes de taille sur l'ensemble de la station (point rouge) et de la comparer aux stations (références et indifférenciées) de la même HER (points gris, ici Massif Central Sud) (Tamisier & al, 2017). La position du point rouge renseigne la répartition bloc/rocher (> 128 mm), gravier/cailloux (2-128 mm) et fines (<2 mm) et donne la granulométrie dominante sur la station. Pour les 2 stations, on relève une forte proportion de « gravier-cailloux », une teneur modérée en « fines » et pas ou peu de « blocs-rochers » (Figure 9C).

2.3.3 Description et comparaison de la fonctionnalité de la ripisylve des 2 stations

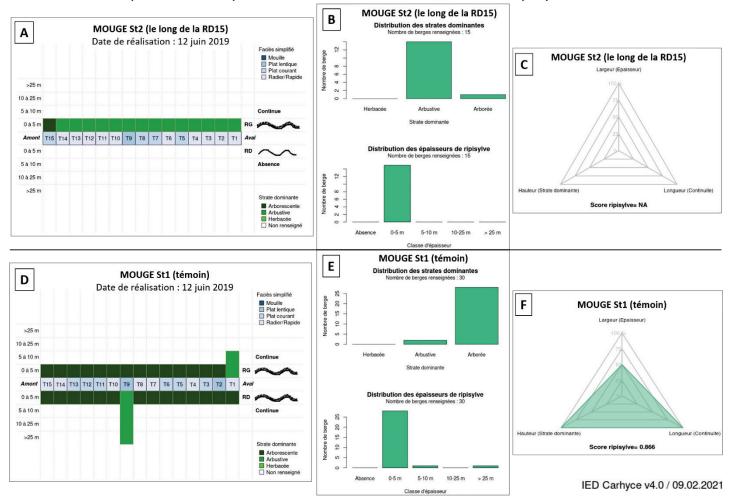


FIGURE 10 : COMPARAISON DES RIPISYLVES DES STATION 1 (TEMOIN) ET STATION 2 (DEGARDE AU BORD DE LA ROUTE). A GAUCHE, LA REPRESENTATION EN PLAN DE LA RIPISYLVE ET DES FACIES D'ECOULEMENT. AU CENTRE, LA DRISTRIBUTION DES STRATES DOMINANTES ET L'EPAISSEUR DE LA RIPISYLVE. A DROITE, UN DIAGRAMME DE L'INDICE DE FERMETURE DE LA STATION PAR LA VEGETATION. (SOURCE : IED CARHYCE, 2017)

Pour chacune des deux rives, l'épaisseur et la strate la plus recouvrante (herbacée, arbustive et arborée) sont ici représentés pour chacun des profils (Cf Figure 10A & 10D). Cette représentation permet d'appréhender la continuité et l'épaisseur de la végétation rivulaire et sa répartition de part et d'autre du cours d'eau. Les faciès d'écoulement sont simplifiés au niveau du cours d'eau (de T1 à T15) afin de visualiser leur succession le long de la station.

La station 1 se situe en amont de la route RD15, dans une zone boisée. Cela se ressent dans le graphique en plan (Cf Figure 10D) avec une ripisylve continue de type arborescente de chaque côté du cours d'eau. L'histogramme de distribution des strates de la Station 1 (Figue 10E), confirme que la ripisylve est dominée par la state arborée, avec seulement 2 transects représentés par des arbustes. Concernant la Figure 10F, cette représentation fournit un indice de fermeture de la station par la végétation (score ripisylve = aire du triangle). Plus l'aire du triangle vert est importante plus la ripisylve est haute, épaisse et continue sur toute la longueur de la station, ce qui est le cas pour la Station 1 avec un score de 0.866. En incluant ce score de ripisylve dans la classification des ripisylves (Figure 11, page suivante), on constate que la Station 1 peut largement être qualifiée comme ayant un « boisement alluvial ». On peut donc en conclure que la Station 1, joue bien son rôle de station témoin avec la présence d'une ripisylve de qualité et fonctionnelle.

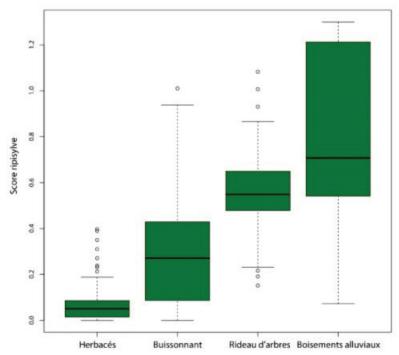


FIGURE 11: CORRESPONDANCE ENTRE LE SCORE RIPISYLVE (DIAGRAMME TRIANGULAIRE) ET LA CLASSIFICATION RIPISYLVE DES STATIONS CARHYCE. FIGURE ETABLIE A PARTIR DE 2087 STATIONS DISPONIBLES DANS LA BASE DE DONNEE EN JUIN 2017. (SOURCE: IED CARHYCE, 2017)

En comparaison, la Station 2 située le long de la route RD15 semble bien dégradée. Les Figures 10A et 9B montrent une absence de strate arborescente, avec une dominance d'arbustes seulement sur une rive (l'autre rive étant la route RD15). L'indice de fermeture (Figure 10C) n'a pas pu être calculé, mais on peut supposer la confirmation de la présence d'une ripisylve de type « buissonnant ». On peut en conclure que la Station 2 est dégradée par sa proximité avec la route en rive droite et son absence globale d'arbres pour faire de l'ombrage.

2.3.4 Mesure de IMG (Indicateur Morphologique Global)

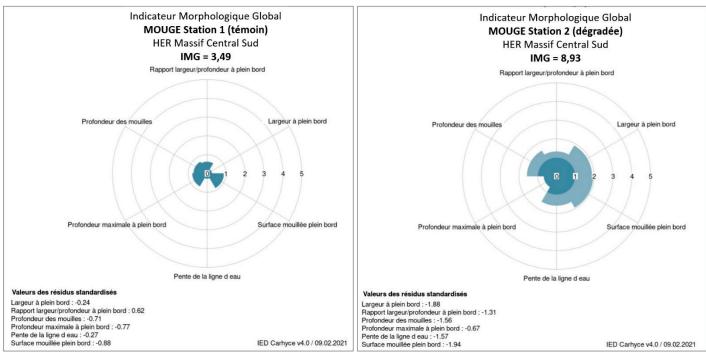


FIGURE 12: IMG (INDICATEUR MORPHOLOGIQUE GLOBAL) DES 2 STATIONS DE LA MOUGE EN AMONT D'AZE (SOURCE: IED CARHYCE).

REMARQUE: CES MODELES REGIONAUX DOIVENT ETRE CONSIDERES COMME UN CADRE D'EVALUATION POUR IDENTIFIER UNE ALTERATION POTENTIELLE MAIS

EN AUCUN CAS COMME UN ABAQUE DESTINE A CALIBRER UNE RESTAURATION.

La Figure 12, l'indicateur morphologique global (IMG) de chaque station, permet en un coup d'œil d'appréhender l'écart aux références régionales (écart calculé par rapport au modèle de l'HER considérée pour les stations situées en France métropolitaine, ici HER Massif Central Sud). La valeur de l'IMG correspond à la somme des résidus (en valeur absolue) pour les différents modèles. Elle synthétise les écarts aux modèles et ainsi, comme les modèles, doit être utilisée avec précaution (Tamisier & al, 2017). En théorie, plus on s'écarte du centre, plus l'écart au modèle pour une variable donnée est important.

La Station 1 ne semble pas présenter d'écarts aux variables hydromorphologiques (ou très peu) car elle reste cantonnée au point zéro (Figure 12) et son IMG est faible (IMG=3.49). La Station 2 quant à elle présente plus d'altérations par rapports aux modèles de référence avec des écarts parfois proches de 2 rangs pour certaines variables (Figures 12). Les principales dégradations morphologiques de St2 semblent être au niveau de la « largeur à plein bord » et de la « surface mouillée plein bord ». L'IMG est un peu plus élevé que sur la station 1 avec un indice de 8.93, témoin d'une altération hydromorphologique (Tamisier & al, 2017).

2.4 Résultats des inventaires piscicoles

2.4.1 Caractéristiques des stations d'inventaire et des opérations réalisées

Station	Caractéristiques stations				Caractéristiques opérations						
	Distance à la Source (km)	Surface BV (km²)	Pente(‰)	Altitude (m)	Date	Nombre de passages	Longeur (m)	Largeur moyenne (m)	Profondeur moyenne (m)	Surface échantillonnée (m²)	
	2,6	5,05	20,3	269	26/06/2018	2	61	1,54	0,15	94	
St1					23/07/2019	2	61	1,45	0,11	88,5	
1000					02/07/2020	2	62	1,45	0,12	89,9	
	2,8	5,35	20,3	266	26/06/2018	2	70	1	0,1	70	
St2					23/07/2019	2	70	0,9	0,09	63	
					02/07/2020	2	70	1,4	0,05	98	
	3,2	10,9	22,6	259	26/06/2018	2	62	0,5	0,14	31	
St4					Pas de pêche en 2019						
					02/07/2020	2	62	0,5	0,14	31	

TABLEAU 11: PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES STATIONS ET DES INVENTAIRES REALISES

Description de la station St1 (la Mouge en amont de la RD 15)

Sur cette station, la Mouge présente une majorité de faciès courant de type « plat courant » et « radier ». Bordé d'un côté par une forêt et de l'autre par un pré de fauche, le lit mineur ne subit pas d'altérations physiques importantes. La ripisylve y est quasi continue ce qui permet d'apporter un ombrage important. Le substrat est diversifié avec à la fois des éléments grossiers (blocs, pierre, cailloux) et des éléments plus fins (gravier, sable). Les abris pour la faune piscicole sont assez nombreux et diversifiés avec la présence de sous-berges, de blocs, d'embâcles et de racines.

Cette station située en amont de la zone de travaux a été considérée comme une station de référence.

Description de la station St2 (la Mouge en aval du pont de la RD 15)

Bordé d'un côté, par la route départementale n°15, et de l'autre, par un pré, le lit mineur de la Mouge sur cette station a été déplacé dans le fossé de la route : il en résulte un lit mineur rectifié qui présente, à priori, des caractéristiques morphologiques moins favorables pour la faune piscicole que la station amont.

La Mouge présente toujours une majorité de faciès courant (radiers). Toutefois, contrairement à la station précédente, on observe aussi la présence de « plat lentique » sur un environ 25 % de la station. Le substrat présente à la fois des éléments grossiers (cailloux principalement) et des éléments plus fins (gravier, sable et limons). Par rapport à la station précédente, on note l'apparition d'argiles-limons et l'absence de blocs. La ripisylve est absente en rive gauche côté route. En rive droite, une haie basse (taillée chaque année) est implantée en haut de berge. Cette haie ne remplit pas toutes les fonctions d'une ripisylve : elle n'apporte pas d'ombrage au cours d'eau, aucune racine et branchages ne sont présents dans le cours d'eau, ...

En termes d'abris, on note la présence de très nombreuses sous-berges, qui se sont formées par érosion de la berge coté route : ce type d'abris est très recherché par la faune piscicole. Par ailleurs, de nombreuses plantes de types « hélophytes » (plante à tige dressée ayant le système racinaire dans l'eau) sont présentes dans le lit mineur et constituent aussi des abris estivaux.

 Description de la station St4 (bras secondaire de la Mouge en aval de la confluence avec le ruisseau des Prés de la Côte)

Sur cette station, la Mouge est privée de la majeure partie de son débit, qui est dérivé depuis de nombreuses années dans un autre bras situé le long de la RD15 pour alimenter en eau un moulin qui n'existe plus aujourd'hui. Ce tronçon de cours d'eau s'est même totalement asséché au cours des étés 2018, 2019 et 2020.

La station St 4 est située juste en aval de la confluence avec le ruisseau des Prés de la Côte. Malgré l'apport de cet affluent, les débits de la Mouge étaient très faibles dans ce secteur au moment des inventaires piscicoles en 2018 et 2019 dans ce secteur. Aucune pêche n'a eu lieu sur cette station en 2019.

Le lit de la Mouge y est actuellement très dégradé: la granulométrie est constituée uniquement d'éléments fins (graviers et sable principalement); les faciès d'écoulement sont majoritairement lentiques (plat lentique) et on note un développement important d'une végétation herbacée (de type hélophytique) au sein même du lit mineur. Par ailleurs, la ripisylve est totalement absente. Les abris intéressants pour la faune piscicole, comme les blocs, les sous-berges, les embâcles, les souches sont eux aussi absents de cette station.

2.4.2 Espèces rencontrées et statuts juridiques

Les inventaires piscicoles réalisés sur les 3 stations ont permis de capturer 3 espèces de poissons différentes (cf. Tableau 12) : la truite fario, la loche franche et le chevesne. Parmi ces espèces, 1 est protégée en France : la truite fario.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	Code	Espèces protégées ⁽¹⁾	Espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques (2)	Espèces exotiques envahissantes	Espèces inscrites à la Directive Européenne Habitat-Faune-Flore (4)	Liste Rouge des espèces menacées en France (5)
Chevesne	Leuciscus cephalus	Cyprinidae	CHE					LC
Loche franche	Barbatula barbatula	Nemacheilidae	LOF					LC
Truite commune	Salmo trutta	Salmonidae	TRF	Х			Annexe II	LC

⁽¹⁾ Arrêté ministériel du 8 décembre 1988 fixant la liste des espèces de poissons protégés sur l'ensemble du territoire national (Article 1).

Espèces inscrites en Annexe II : Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation ;

Espèces inscrites en Annexe V : Espèces d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesure de gestion.

TABLEAU 12: LISTE DES ESPECES CAPTUREES, STATUT JURIDIQUE ET ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE

⁽²⁾ Article R 432.5 du Code de l'Environnement fixant la liste des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques.

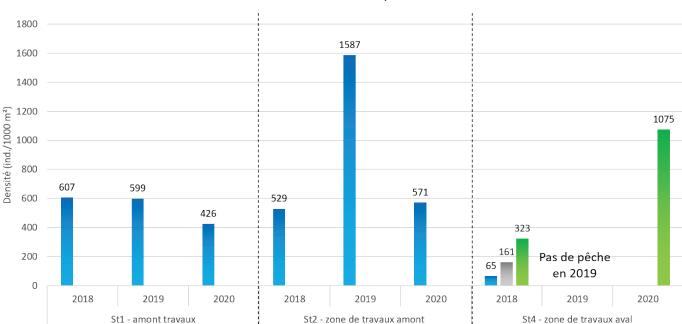
⁽³⁾ Règlement d'éxecution 2016/1141 de la commission européenne du 13 juillet 2016 adoptant une liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour l'Union.

⁽⁴⁾ Directive 92/43/CEE du Conseil de l'Union Européenne du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la faune et la flore sauvages ;

⁽⁵⁾ Liste rouge des espèces de poissons d'eau douce menacées en France (UICN France, MNHN, SFI & OFB, 2019).

EX : Eteint dans la nature, RE : Disparu de France métropolitaine, CR : En danger critique d'extinction, EN : En danger, VU : Vulnérable, NT : Quasi menacé,

LC: Préoccupation mineure, DD: Données insuffisantes, NA: Non applicable (taxon introduit, en limite d'aire, ...).



2.4.4 Effectifs et biomasses bruts et estimés, classes de taille

FIGURE 13 : DENSITES DE POISSONS CAPTUREES SUR LES 3 STATIONS DE SUIVI EN 2018, 2019 ET 2020 (DENSITES ESTIMEES PAR LA METHODE DE CARLE ET STRUB, 1978)

Sur la station 1 et 2, les inventaires piscicoles n'ont permis de capturer qu'une seule espèce, la truite fario. On constate l'absence des espèces d'accompagnement de la truite fario, comme le vairon, le chabot ou la loche franche.

La densité de truite sur la station 1 présente des populations de truites importante en 2018, 2019 et 2020 avec une densité d'environ 400-600 indiv./1000m². Sur la station 2 en 2018 et 2020, la densité de truite est du même ordre que celle observée sur la station 1. En 2019, en revanche, la densité de truite explose avec près de 1600 indiv./1000m&, ce qui correspond à une densité très forte.

L'inventaire piscicole de la station St4, réalisé en 2018, a permis de capturer 3 espèces de poissons : le chevesne, la loche franche et la truite fario. Sur cette portion de cours d'eau privée de la majeure partie de son débit, les quantités de poissons sont beaucoup assez faibles. La densité de truite y est très faible en 2018, puis absente en 2019 et 2020. En 2020, seule la loche franche était présente sur cette station, avec des densités correctes. Cette présence est intéressante car cette espèce est attendue dans ce type de cours d'eau. L'absence d'autres espèces (comme la truite) est à mettre en lien avec les débits qui étaient encore 2020 beaucoup trop faibles.

L'analyse des classes de taille de truites fario (cf. Figures 14 à 16) montre une répartition classique des classes de taille dans ce type de petit ruisseau, avec une majorité de juvéniles de l'année de petite taille (entre 40 et 100 mm), et un nombre d'individus de taille moyenne à grosse beaucoup plus faible. Ce résultat s'explique par la taille modeste du ruisseau qui ne permet pas d'accueillir beaucoup de gros individus. On note toutefois, aussi bien en 2018 qu'en 2019 & 2020 que les rares gros sujets (de taille supérieure à 23 cm) ont été pris uniquement sur la station 2.

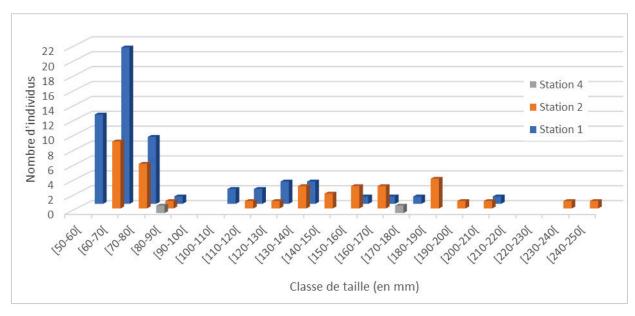


FIGURE 14: HISTOGRAMME DE CLASSES DE TAILLE DES TRUITES FARIO CAPTUREES SUR LES STATIONS 1, 2 ET 4 EN 2018

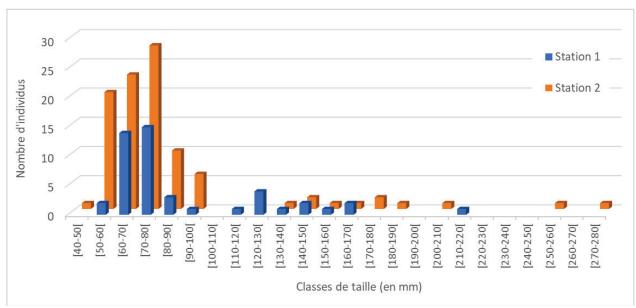


FIGURE 15: HISTOGRAMME DE CLASSES DE TAILLE DES TRUITES FARIO CAPTUREES SUR LES STATIONS 1 ET 2 EN 2019

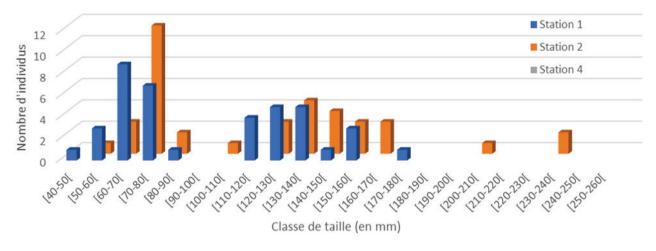


FIGURE 16: HISTOGRAMME DE CLASSE DE TAILLE DES TRUITES FARIO CAPTUREES SUR LES STATIONS 1, 2 ET 4 EN 2020. (REMARQUE : AUCUNE TRUITE PECHEE SUR LA STATION 4 EN 2020)

2.4.5 Indice poisson rivière

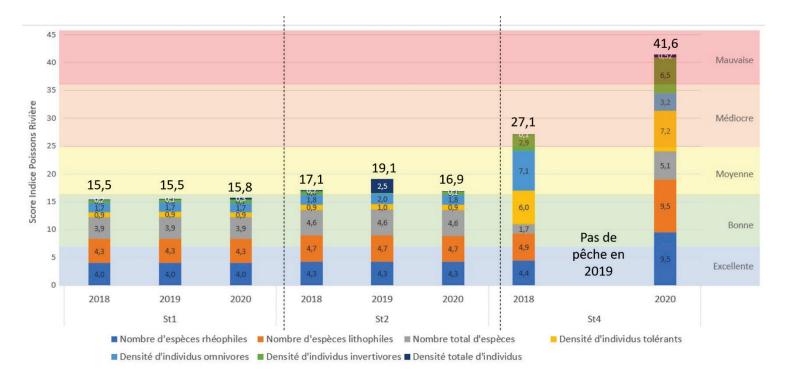


FIGURE 17: SCORE DE L'INDICE POISSON RIVIERE ET CONTRIBUTION DES DIFFERENTES METRIQUES A CE SCORE

L'Indice Poisson Rivière (IPR) sur la station 1 indique que le peuplement piscicole est de bonne qualité avec des notes de 15.5 à 15.8, situé toutefois en limite proche de la qualité moyenne. Sur cette station, ce sont les métriques liées au nombre d'espèces, trop faible, qui déclassent le peuplement piscicole.

Sur la station 2, les scores de l'Indice IPR sont « moyen » avec des notes entre 16.9 en 2020 et 19.1 en 2019. Ils sont un peu plus élevés que sur la station 1. Les caractéristiques du peuplement piscicole sont cependant très proches de la station amont avec un déclassement lié au déficit du nombre d'espèces (nombre d'espèce trop faible avec l'unique présence de la truite fario). En 2020, l'indice IPR de 14.6 semble traduire une « bonne » qualité piscicole, bien que les caractéristiques soient toujours les mêmes.

Sur la station 4, le score de l'IPR en 2018 est plus important que sur les autres sites avec une note de 27,1, ce qui correspond à une qualité piscicole « médiocre ». Sur cette station où la diversité spécifique est plus forte, les métriques déclassantes sont :

- le nombre d'espèces rhéophiles et lithophiles, trop faible (une seule espèce rhéophile et lithophile présente, la truite fario),
- les densités d'individus omnivores (chevesne) et tolérants (chevesne et loche franche) qui sont trop fortes.

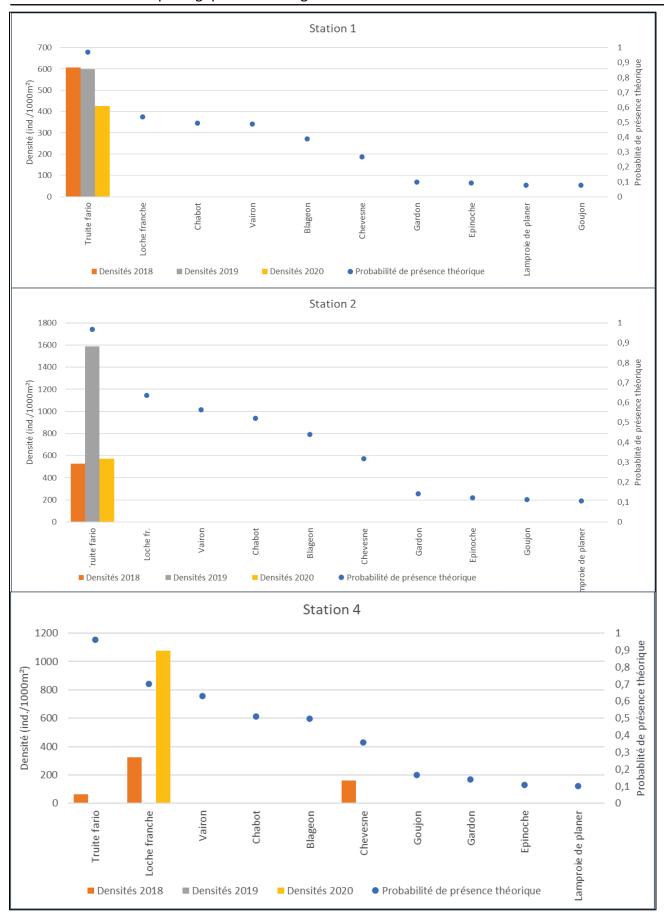


FIGURE 18, 19, 20: HISTOGRAMME DE PROBABILITE DE PRESENCE THEORIQUES DES ESPECES SELON L'IPR ET DENSITES OBSERVEES

2.4.6 Interprétation des résultats, discussion

Sur les stations 1 et 2, la présence de la truite fario, une espèce rhéophile, lithophile et très sensible aux pollutions, est un indicateur d'un cours d'eau de relative bonne qualité, surtout lorsqu'on observe des densités importantes, attendues dans un cours d'eau tel que la Mouge.

Ces résultats sont en concordance avec la campagne de mesure de la qualité de l'eau réalisée avant-travaux entre 2018 et 2020 qui indiquait que la qualité de l'eau était, selon les paramètres pris en compte, bonne, voire très bonne. L'élévation de la température de l'eau en période estivale constatée entre les stations 1 et 2, aussi bien en 2018 qu'en 2019 & 2020, ne semblent pas affecter la population de truite puisque la densité de truite est égale ou supérieure sur la station 2. A noter tout de même que l'inventaire piscicole 2018 a été réalisé au mois de juin, qui ne correspondait pas à la période la plus chaude de l'été (le résultat aurait peut-être été différent 1 mois plus tard). De même, il est difficile de corréler les résultats de densités de truite obtenu au cours d'un inventaire piscicole avec les mesures de températures réalisées au cours d'un été car la truite fario est une espèce mobile qui a la capacité de se déplacer le long d'un cours d'eau, notamment en période estivale pour fuir les secteurs les plus chauds.

L'explosion des effectifs de truites sur la station 2 en 2019 est difficile à expliquer les données hydromorphologiques de la méthode Carhyce car elle est présentée comme une station perturbée, avec une morphologie et une granulométrie homogène et une absence complète de ripisylve. On peut supposer qu'en raison des débits très faibles, un certain nombre d'abris étaient hors d'eau sur le secteur amont (dont la station 1) et que les nombreuses sous-berges présentes sous la route sur la station 2 ont pu constituer un abri de qualité pour cette espèce. C'est aussi la présence de ces sous-berges qui permet aussi probablement la présence, sur cette station, de quelques individus de taille supérieure à 23 cm.

L'absence des espèces d'accompagnement de la truite sur ces deux stations, comme le vairon, le chabot ou encore la loche franche, indique une dégradation du peuplement piscicole. Cette absence pourrait être due à une disparition de ces espèces, par exemple suite à une forte pollution, et à l'impossibilité pour ces espèces de recoloniser ces stations en raison de la présence de seuils non franchissables pour ces espèces en aval.

Le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR) sur la station 1 indique que le peuplement piscicole est de « bonne » qualité en 2018, 2019 et 2020. En revanche sur la station 2, alors que la note obtenue est très proche de celle obtenue sur la station 1 et que le peuplement piscicole est quasi-identique, le classe de qualité obtenue par l'IPR est « moyenne » en 2018 (et « bonne » en 2020), en raison d'un effet de seuil. En revanche, la dégradation de la note en 2019 sur la station est illogique dans la mesure ou l'augmentation de la densité de truite fario ne peut pas être considéré comme un signe de dégradation de la qualité du cours d'eau. Au final, on peut considérer que le peuplement piscicole de la station 2 est de qualité similaire à la station 1.

Les résultats obtenus sur la station 4 en 2018 & 2020, démontrent clairement la « mauvaise » qualité du peuplement piscicole de ce bras de Mouge aujourd'hui privé de la majeure partie de son débit. Le manque d'ombrage et les faibles débits favorisent un réchauffement important de la température de l'eau. L'absence d'abris sur cette station, tels que les blocs, les débris ligneux ou encore les sous-berges, pénalise directement la faune piscicole. Néanmoins, la présence de la loche franche est intéressante car cette espèce est attendue dans ce type de cours d'eau. Cette espèce pourrait, suite à la mise en œuvre des travaux de restauration, se développer sur cette station et même recoloniser la partie amont de la Mouge, jusqu'à la station 1. Ce serait alors un excellent indicateur de l'intérêt des travaux réalisés.

Partie 4: Conclusion

Le suivi physico-chimique réalisé entre 2018 et 2020 indique, pour les paramètres étudiés, une bonne ou une très bonne qualité de l'eau, si on se réfère aux limites de classe de qualité du Système d'Evaluation de la qualité de l'Eau. Les teneurs mesurées en nitrites étaient à priori pénalisantes pour la truite fario en 2018 et 2020 sur la partie aval du secteur étudié.

Le suivi de la température de l'eau réalisé au cours des étés 2018 à 2020 a permis de constater une élévation importante de la température de l'eau dès lors que la Mouge est dérivée le long de la route départementale RD15. Dans cette dérivation, la Mouge est en effet partiellement dépourvue de ripisylve et conflue avec 2 affluents eux-mêmes dépourvus de ripisylve. La température de l'eau en période estivale apparait comme étant un bon indicateur de la dégradation du cours d'eau.

Les inventaires piscicoles réalisés entre 2018 et 2020 sur la Mouge en amont du bourg d'Azé ont permis d'observer sur les stations 1 et 2, la présence d'une population de truite fario, avec de bonnes densités, indicatrice d'une relative bonne qualité du cours d'eau. Toutefois l'absence des espèces d'accompagnement de la truite – comme la loche franche, le vairon ou le chabot - est un signe de dégradation, qui est sans doute à mettre en relation avec la présence d'obstacles transversaux pénalisant la continuité écologique. La station n°4, située sur un bras de Mouge aujourd'hui peu alimenté en eau, présente en revanche un peuplement piscicole de mauvaise qualité en lien avec un habitat dégradé et l'absence de ripisylve qui induit une augmentation excessive de la température de l'eau. Trois espèces y ont été capturées en 2018, mais avec des effectifs très faibles : la truite fario, la loche franche et le chevesne. En 2020, une seule espèce y était présente, la loche franche avec une densité correcte.

L'analyse de la morphologie (méthode Carhyce) de deux stations de la Mouge en amont d'Azé (Station 1 et 2) a démontré qu'il existe une différence significative entre elles. En effet la station 1 présente une bonne ripisylve arborescente, faisant de l'ombre à ce tronçon de cours d'eau et limitant le hausse exessive des températures pendant l'été. Les faciès d'écoulement et la granulométrie du fond sont également bien diversifiés, rendant le secteur attractif et biogène. La station 2 quant à elle, présente une morphologie très dégradée (rectiligne, berge abrupte, absence de ripisylve) contraint par sa proximité avec la route RD15.

A l'issue de ces deux campagnes de mesure avant travaux, on peut déjà définir différents indicateurs qu'il sera intéressant de suivre après la mise en œuvre des travaux pour évaluer l'intérêt des actions mises en œuvre. Outre l'évolution des densités de truite et des notes de l'Indice Poisson Rivière sur chaque station, il sera particulièrement intéressant d'observer l'évolution longitudinale de la température de l'eau en période estivale après travaux, dans la mesure où elle influe directement sur les peuplements piscicoles et qu'elle constituera un bon indicateur de la restauration de la ripisylve. De même, l'évolution des populations de loche franche sur chacune des stations étudiées sera un bon indicateur de la restauration de la continuité écologique.

L'année 2020 marque donc la fin de l'étude de l'état initial de la Mouge avant travaux. Une étude concernant l'état de ce secteur de la Mouge en amont d'Azé « après travaux » débutera probablement en 2022, prenant en compte les mêmes paramètres de diagnostics écologiques.

Partie 5 : Références bibliographiques

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER, 2016. Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, 106 p.

LACAVE J-M, 2018, 2019. Bulletin climatique, Bourgogne. Juin 2018, juillet 2018, août 2018, septembre 2018, juin 2019, juillet 2019, août 2019, septembre 2019. Météofrance, 4 p.

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. ONEMA, 23p.

BELLIARD J., ROSET N., 2006. L'indice poisson rivière (IPR) – Notice de présentation et d'utilisation. Conseil Supérieur de la Pêche, 24p.

CARLE F.L. & STRUB M.R., 1978. A new method for estimating population size from removal data. Biometrics, 34: 621-630.

CHAUVIN (Coord.) (2011). Norme française NF T90-344 — Qualité de l'eau : détermination de l'indice poisson rivière (IPR). AFNOR, 16p.

Données météorologiques pour la stations de Macon https://www.infoclimat.fr/stations-meteo/climato-globale-comparaison-annees.php?staid=07385

IED Carhyce (site internet)

KEITH Ph., PERSAT H., FEUNTEUN E., ALLARDI J. (2011). Les Poissons d'eau douce de France. Biotope Editions, Publications scientifiques du Muséum, 552 p.

MARTINET (Coord.) (2003). Norme européenne NF EN 14011 – Qualité de l'eau : échantillonnage des poissons à l'électricité. AFNOR, 13p.

MAUPOUX J., VALLI J., 2010. Etude piscicole et astacicole des rivières du Mâconnais. Fédération de Saône-et-Loire pour la pêche et la protection du milieu aquatique, Fédération du Rhône pour la pêche et la protection du milieu aquatique, 180 p.

MAUPOUX J. 2015. Etat des lieux de la faune piscicole de la Mouge à Azé. Fédération de Saône-et-Loire pour la pêche et la protection du milieu aquatique. 35p.

PREFET DE SAONE-ET-LOIRE, 2003. Arrêté préfectoral relatif au classement en deux catégories piscicoles des cours d'eau, canaux, et plans d'eau du département de Saône-et-Loire, 13 fév. 2003, art. 1.

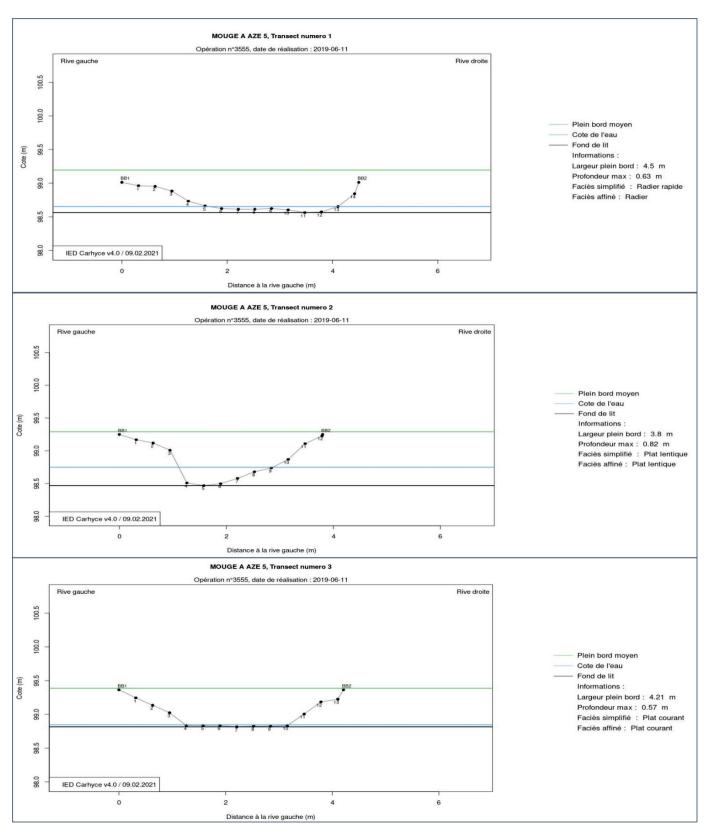
RIOURY (Coord.) (2008). Normalisation française XPT90-383 — Qualité de l'eau : échantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau. AFNOR, 14p.

TAMISIER V., GOB F., BILODEAU C., THOMMERET N., 2017. Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau français (Carhyce) - Valorisation des données Carhyce pour la construction d'un outil d'aide à la gestion des cours d'eau. Rapport final. CNRS, Université Paris 1, Université Paris 7, CNAMESGT. 96 p.

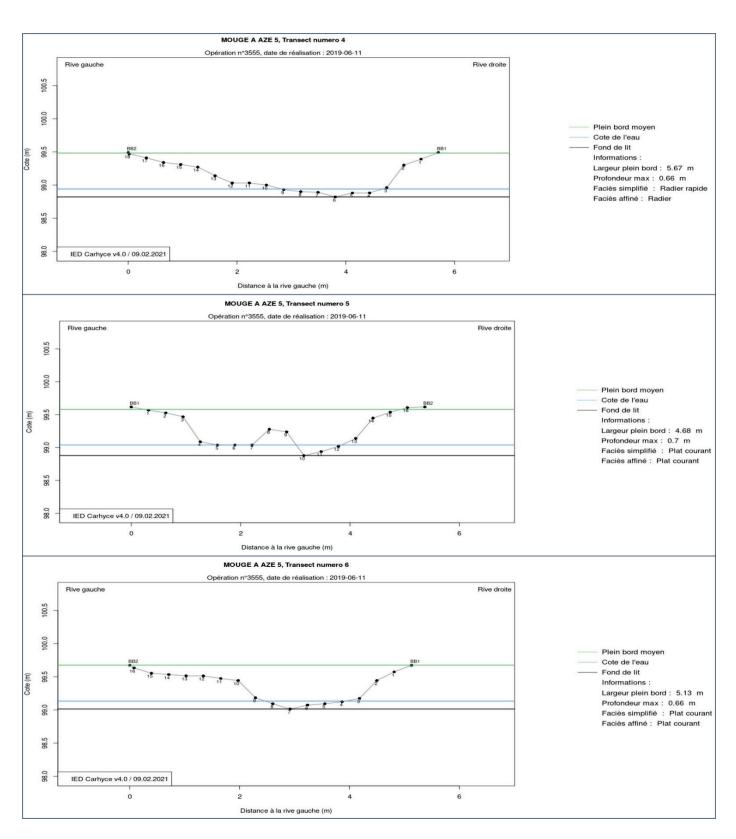
UICN Comité français, MNHN, SFI & AFB (2019). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France, 16p.

Partie 6: Annexes

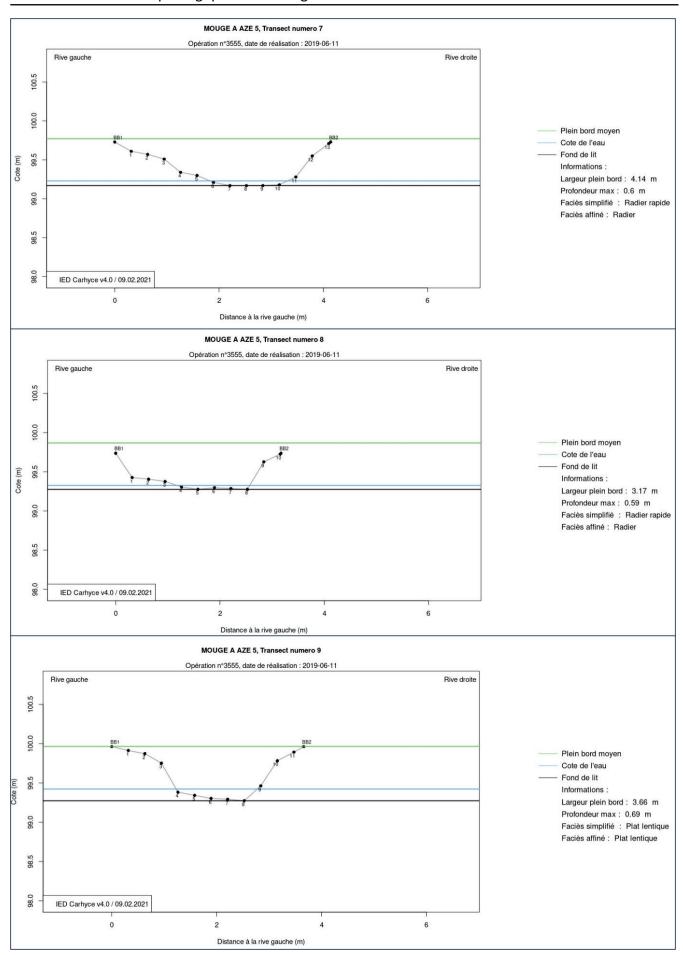
Profils en travers STATION 1



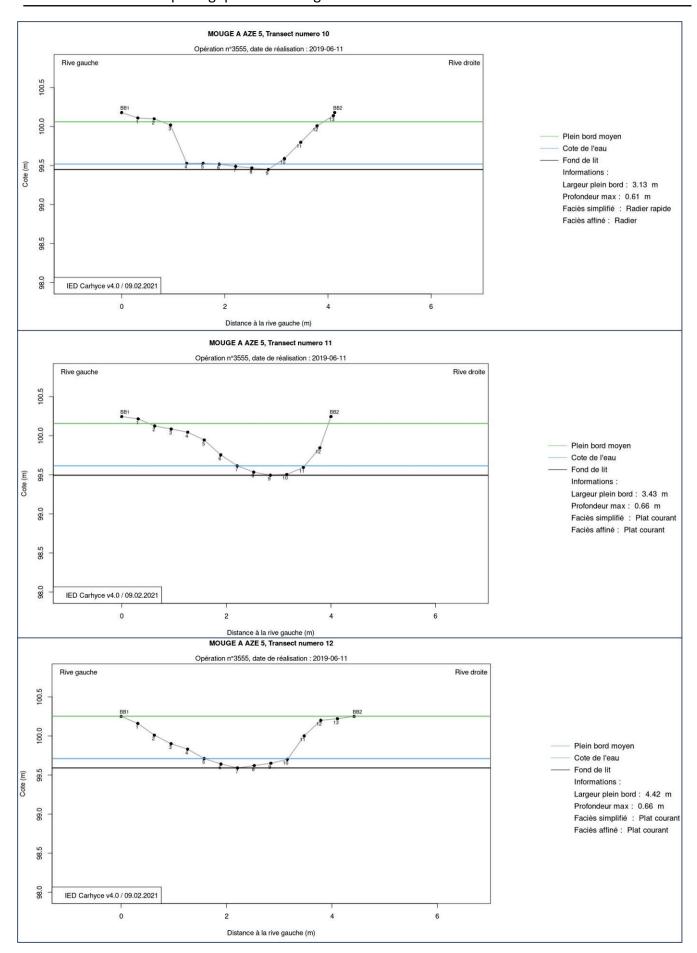
Annexe 1: Profils en travers de la Station 1: Transects 1 a 3. (Source: IED Carhyce).



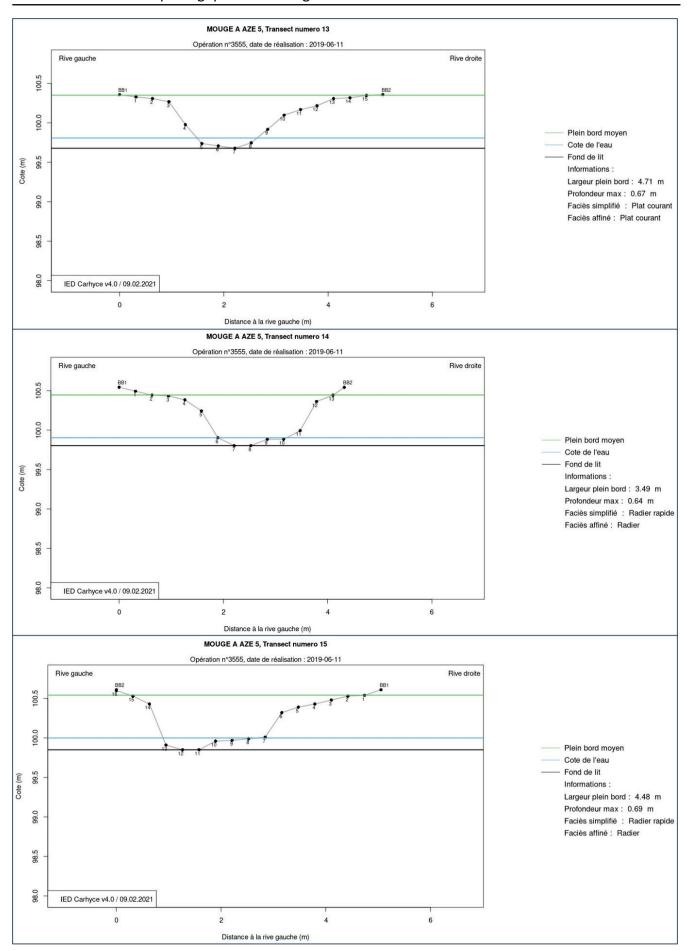
ANNEXE 2: PROFILS EN TRAVERS DE LA STATION 1: TRANSECTS 4 A 6. (SOURCE: IED CARHYCE).



Annexe 3: Profils en travers de la Station 1: Transects 7 a 9. (Source: IED Carhyce)

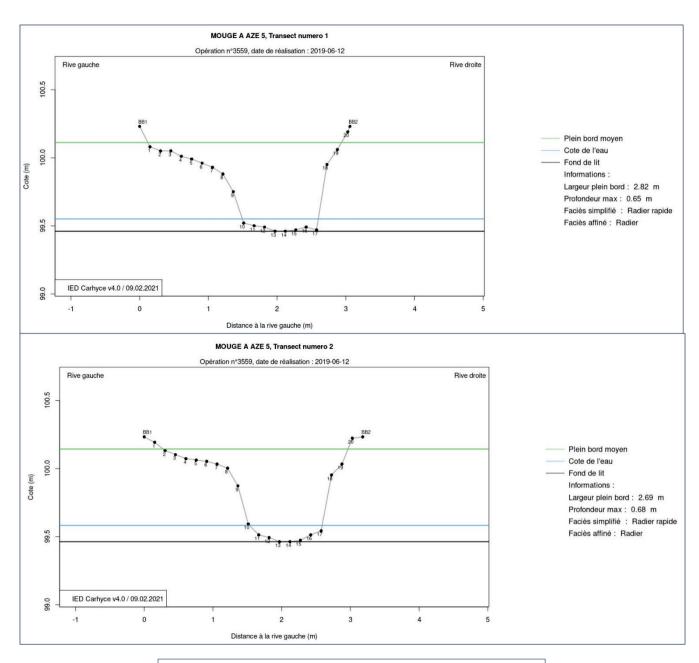


ANNEXE 4: PROFILS EN TRAVERS DE LA STATION 1: TRANSECTS 10 A 12. (SOURCE: IED CARHYCE)



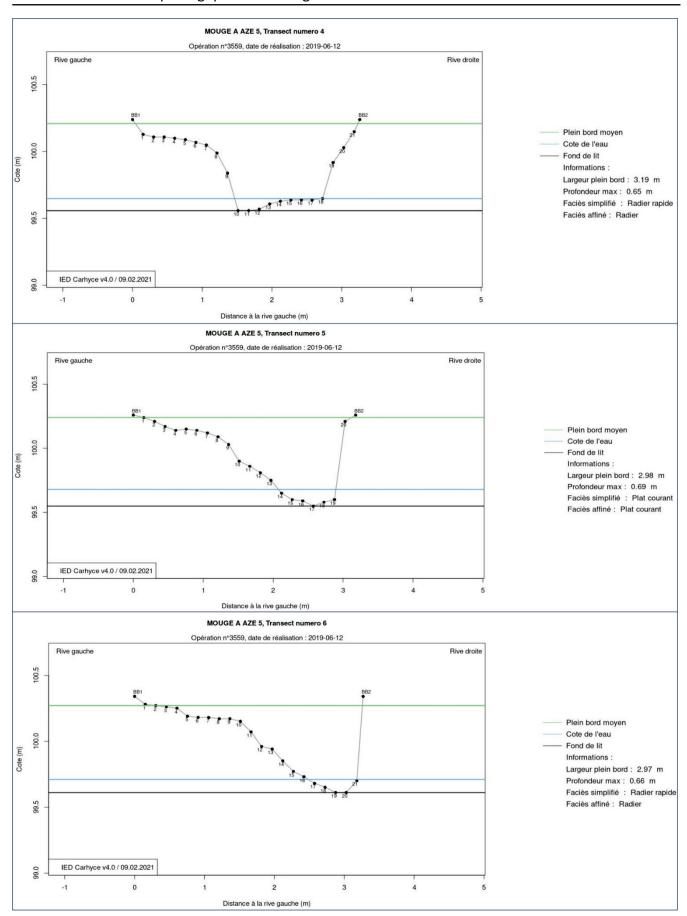
Annexe 5: Profils en travers de la Station 1: Transects 13 a 15. (Source IED Carhyce)

Profils en travers STATION 2

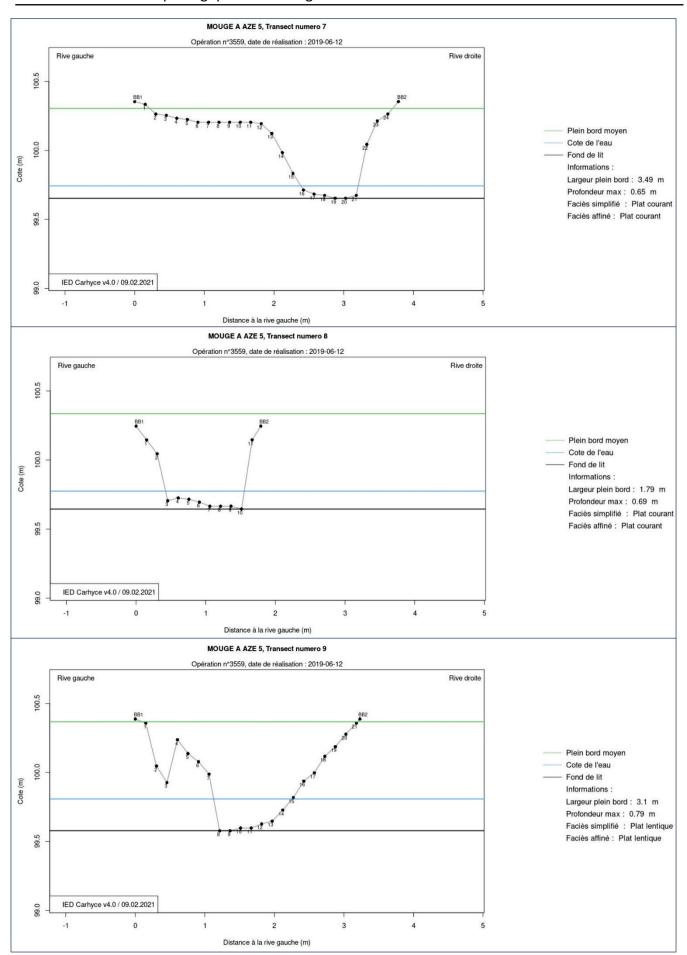


Pas de résultats pour le transect n°3 : Erreur (Source : IED Carhyce)

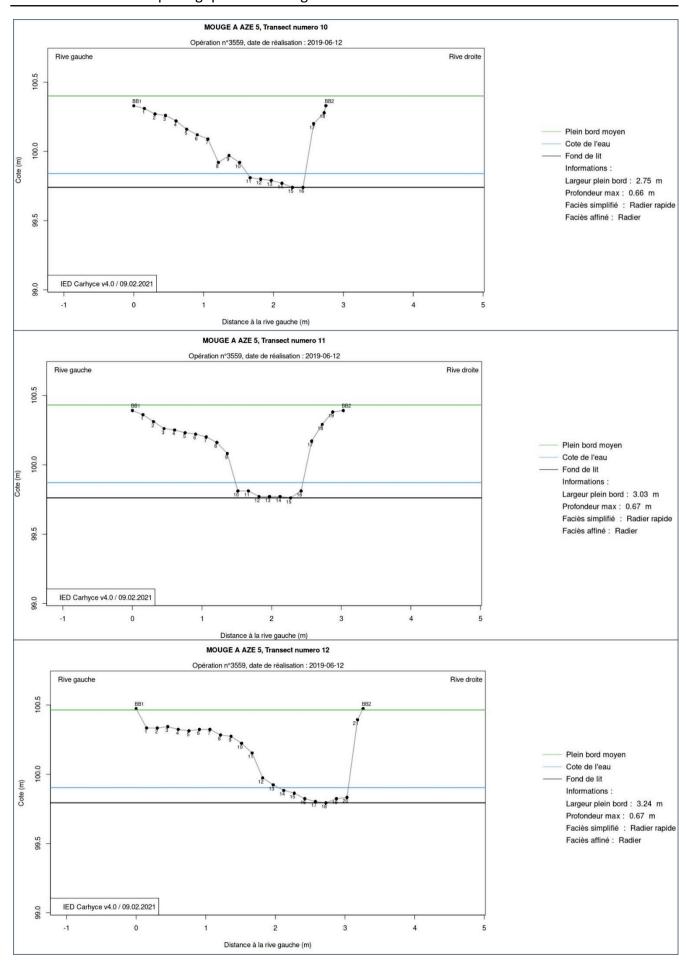
Annexe 6: Profils en travers de la Station 2: Transects 1 a 3. (Source: IED Carhyce)



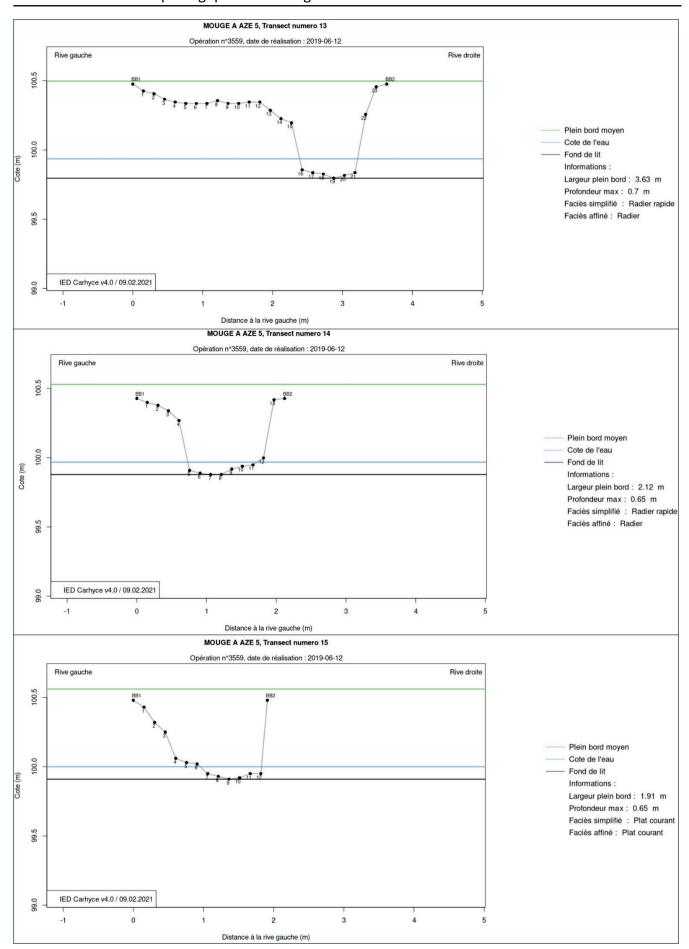
ANNEXE 7: PROFILS EN TRAVERS DE LA STATION 2: TRANSECTS 4 A 6. (SOURCE: IED CARHYCE)



Annexe 8: Profils en travers de la Station 2: Transects 7 a 9. (Source: IED Carhyce)



Annexe 9: Profils en travers de la Station 2: Transects 10 a 12. (Source: IED Carhyce)



ANNEXE 10: PROFILS EN TRAVERS DE LA STATION 2: TRANSECTS 13 A 15. (SOURCE: IED CARHYCE)