

Suivis physico-chimique, hydrobiologique et piscicole des ruisseaux la Revoute, le Bernetton et le Bernand sur la période 2018- 2028



Campagnes de l'année 2020

Comparaison avec les campagnes de 2018

RAPPORT FD/PG- 2021



Fédération de la Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
Siège Social : ZI Le Bas Rollet - 6, Allée de l'Europe -42480 La Fouillouse Tél :
04 77 02 20 00 - E-Mail : flppma@federationpeche42.fr

Affaire suivie par :

Sébastien CERESO - DREAL Auvergne-Rhône-Alpes/MAP/POO - Responsable d'opération

Tél. : 04 73 43 15 84

Courriel : sebastien.cerezo@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteur :

FEDERATION DE LA LOIRE POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE

FDAAPPMA42

ZA le Bas Rollet, 6 Allée de l'Europe

42480 LA FOUILLOUSE

Tél : 04 77 02 20 00



flppma@federationpeche42.fr

N° SIRET : 776 358 251 00028 097 Code APE : 9319Z

GRES, Pierre - Responsable du Service Technique



:04 77 02 20 04



pierre.gres@federationpeche42.fr

Ce rapport s'intègre dans la **convention générale DREAL - Fédération des chasseurs de la Loire (FDCL) 2018-2028** intitulée « Gestion et suivi des mesures compensatoires sur site : boisements et haies reconstitués, cours d'eau et ouvrages de franchissement pour la faune terrestre » du mois de Janvier 2018.

Objet de la convention :

Dans le cadre des mesures environnementales liées au projet de mise à 2x2 voies de la RN82 entre Neulise et Balbigny, la convention a pour objet de définir les conditions techniques, administratives et financières relatives à la gestion et au suivi :

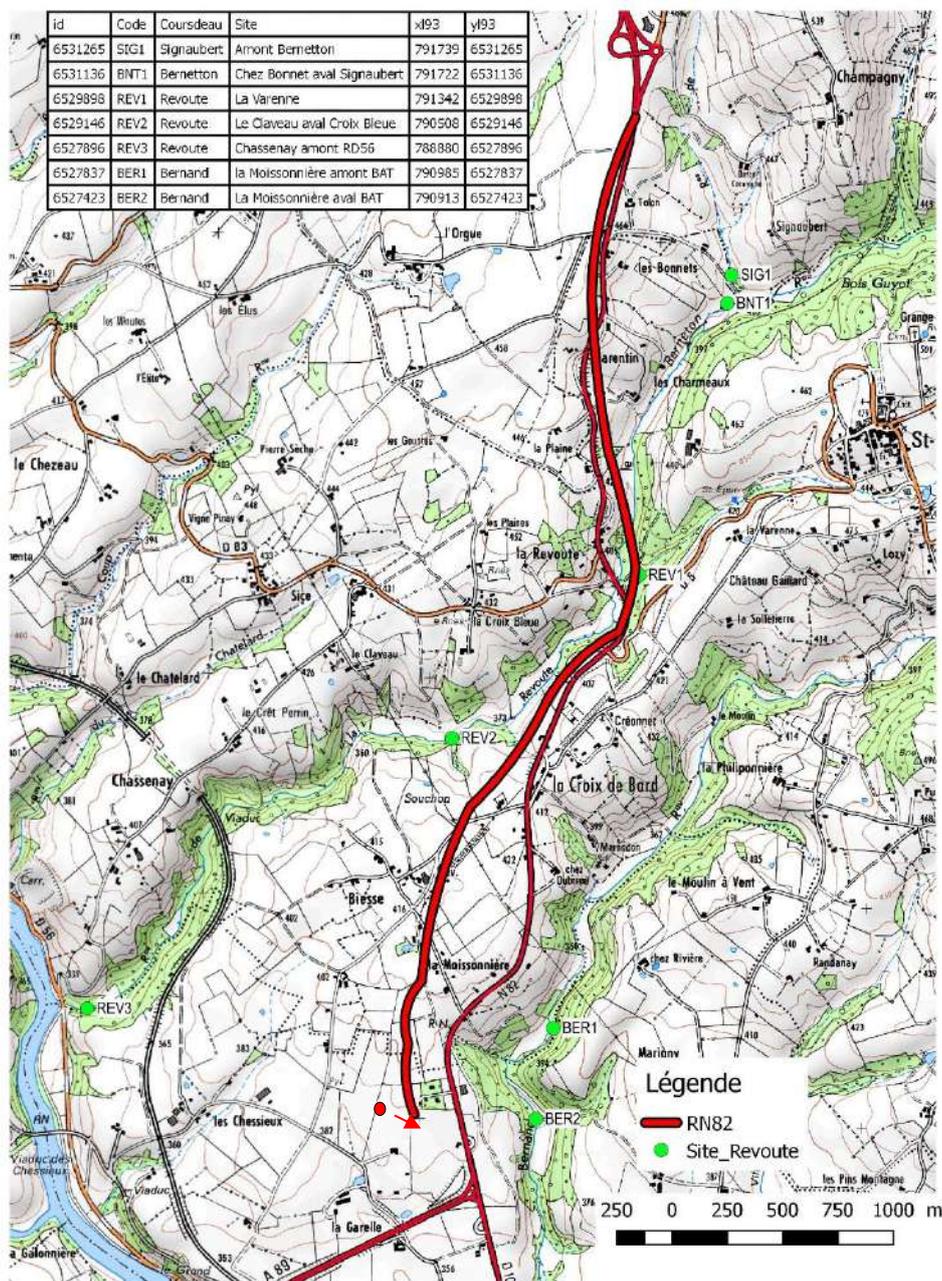
- de l'avifaune dans les 9ha de boisement et les 3000 m² de haies récréées dans le cadre des aménagements paysagers de l'opération routière ;
- de la qualité physico-chimique et hydrobiologique de l'eau et de la population de truites fario des ruisseaux du Bernetton, de la Revoute et du Bernard ;
- de l'efficacité des 13 ouvrages de rétablissement de la circulation de la faune terrestre (cf. annexe 3).

Les communes territorialement concernées par cette convention sont Saint-Marcel-de-Félines et Neulise (42). Il est à noter que certaines prestations de la FDCL sont externalisées à la Fédération Départementale de la Pêche de la Loire (FDAAPPMA42) ou à des bureaux d'études.

1	Table des matières	
2	Avant propos :	4
3	Matériels et méthodes :	6
3.1	Suivis de la qualité de l'eau :	6
3.1.1	Détermination des éléments physico-chimiques généraux :	6
3.1.2	Les analyses physico-chimiques pour les éléments tracs métalliques et hydrocarbures aromatiques polycycliques :	9
3.1.3	Protocole d'échantillonnage :	9
3.1.4	Analyses en laboratoire :	11
3.1.5	Traitement des données :	11
3.2	Suivis hydrobiologiques :	12
3.2.1	Hydrobiologie : Indice Biologique Global :	12
3.2.2	Hydrobiologie : Indice Biologique Diatomées ou IBD :	13
3.3	Suivis piscicoles :	15
3.3.1	Pêche électrique d'inventaire :	15
3.3.2	Utilisation de données piscicoles historiques :	15
3.3.3	Traitement des données de pêche :	16
3.4	Périodicité des suivis et planning 2018 à 2028 :	17
4	Résultats et discussion : campagne 2020 et évolution par rapport à 2018 :	19
4.1	Suivi de la qualité de l'eau, des sédiments et des bryophytes :	19
4.1.1	Station SIG1 amont RN82 :	19
4.1.2	Station BNT1 amont RN82 :	20
4.1.3	Station REV1 amont RN82 :	21
4.1.4	Station REV2 aval proche de la RN82 :	22
4.1.5	Station REV3 aval éloigné de la RN82 :	23
4.1.6	Station BER1, Bernand amont la Moissonnière :	24
4.1.7	Station BER2, Bernand aval la Moissonnière :	25
4.1.8	Conclusion générale sur les qualités physico-chimiques du milieu :	26
4.2	Suivis hydrobiologiques :	27
4.2.1	Hydrobiologie (IBG-DCE) :	27
4.2.2	Hydrobiologie (IBD) :	29
4.3	Peuplements piscicoles :	30
4.3.1	Ensemble du bassin versant de la Revoute :	30
4.3.2	Station référence amont RN82 : Bernetton les Bonnets BNT1 :	32
5	Bibliographie :	35

2 Avant propos :

Dans le cadre des mesures environnementales liées à la mise à 2x2 voies de la route nationale 82 entre Neulise et Balbigny, les suivis des qualités physico-chimique, hydrobiologique et piscicole des ruisseaux du Bernetton, de la Revoute et du Bernand ont été confiés à la Fédération Départementale de la Loire pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA).



Code	Cours d'eau	Commune	Lieu dit	objectif	xI93	yI93	do (km)	alt (m)	sbv (km ²)	pente (pm)	larg (m)	prof (m)
SIG1	Signaubert	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Les Bonnets, amont conf Bernetton	Evaluation STEP	791739	6531265	2,3	403	1,9	23,7	0,8	0,10
BNT1	Bernetton	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Les Bonnets, aval conf Signaubert	Référence amont	791721	6531137	4,3	403	9,8	13,6	1,5	0,10
REV1	Revoute	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Aval la Varenne amt RN82	Référence amont	791344	6529898	2,6	392	1,5	39,1	0,5	0,05
REV2	Revoute	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Claveau aval Croix Bleue	Aval immédiat RN82	790511	6529144	7,2	367	15,0	11,6	2,5	0,15
REV3	Revoute	BALBIGNY	Chassenay	Aval éloigné RN82	788879	6527895	9,3	322	16,9	18,3	2,6	0,16
BER1	Bernand	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	la Moissonnière amont	Référence amont	790976	6527856	12,7	348	28,7	20,3	3,0	0,15
BER2	Bernand	BALBIGNY	La Moissonnière aval	Evaluation aval rejet	790897	6527425	13,2	335	29,5	9,2	3,0	0,20

Carte 1 : Localisation des sites de mesures physico-chimiques, hydrobiologiques et piscicoles sur la Revoute, Le Bernetton et le Bernand en 2020

7 sites de mesures ont été suivis en 2020 (Carte 1) soit 1 de plus qu'en 2018 (la station SIG1 sur le Signaubert a été rajoutée pour évaluer les rejets de la STEP de Neulise).

MATERIELS ET METHODES

3 Matériels et méthodes :

Les types de suivis selon les sites de mesures sont donnés dans le tableau suivant (Tableau 1) :

Tableau 1 : Types de suivis environnementaux de la mise en exploitation de la mise à 2*2 voies de la RN82 selon les cours d'eau et les sites de mesures sur la Revoute et le Bernard en 2020

NB : Physicochimie macropolluants ETM et HAP et analyses hydrobiologiques IBG et IBD = CARSO LSEH Lyon
IPR = FDAAPPMA42

Suivi mise en exploitation RN82 sur 7 sites - CAMPAGNES 2020							
Code site	Bassin de la Revoute					Bassin du Bernard	
	SIG1	BNT1	REV1	REV2	REV3	BER1	BER2
Cours deau	Signaubert	Bernetton	Revoute	Revoute	Revoute	Bernard	Bernard
Lieu dit	Les Bonnets, amont conf Bernetton	Les Bonnets, aval conf Signaubert	Aval la Varenne amt RN82	Claveau aval Croix Bleue	Chassenay	la Moissonnière amont	La Moissonnière aval
Objectif	Référence amont	Référence amont	Référence amont	Aval proche RN82	Aval éloigné RN82	Référence amont	Evaluation aval rejet BAT
Suivis macropolluants- fréquence 4 (mai, juin, septembre, novembre)	oui	oui	oui	oui	oui		
ETM* et HAP** sur Bryophytes et sédiments (1 fois/an)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Hydrobiologie IBG-DCE et IBD (1 fois/an)		oui	oui	oui	oui		
IPR (1 fois/an)		oui		oui***	oui		
* Eléments Traces Métalliques							
** (Hydrocarbures aromatiques polycycliques							
*** (site Poisson décalé en aval immédiat RN82)							

3.1 Suivis de la qualité de l'eau :

Le suivi de la qualité de l'eau a été réalisé par CARSO LSHE¹ (prélèvements et analyses en laboratoire). Cela comprend les mesures réalisées *in situ* (oxygène dissous, taux de saturation en oxygène, conductivité...) selon le guide du préleveur et les analyses en laboratoire accrédité par le « COFRAC » qui se font par le biais de prélèvements sur site (eau, sédiments et bryophytes).

3.1.1 Détermination des éléments physico-chimiques généraux :

La base d'un suivi de la qualité des eaux est assurée par des mesures ponctuelles (4 fois par an pour couvrir au moins chaque saison) de certaines caractéristiques physico-chimiques du milieu. En effet, le croisement des données physico-chimiques et hydrobiologiques donne des indications sur une éventuelle évolution de certains facteurs écologiques. Les éléments physico-chimiques généraux interviennent essentiellement comme éléments sous tendant la biologie. Chacun de ces paramètres donne une indication sur la qualité écologique de l'eau, selon la grille du Système d'Évaluation de l'Etat Ecologiques des Eaux² (de la DCE).

¹ Groupe CARSO 4 Avenue Jean Moulin - CS 30228 69633 Vénissieux – France ;

² SEEE : voir Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) Mars 2016 ; selon l'Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement.

3.1.1.1 Les paramètres physico-chimiques in situ :

Voir

Tableau 2 page suivante

Les paramètres *in situ* relevés sont les suivants : L'oxygène dissous (mg O₂/l), le taux de saturation en O₂ dissous (%), la conductivité (μS/cm) et le pH (unités pH),

- **La saturation en oxygène et l'oxygène dissous** fournissent une indication du rendement photosynthétique des végétaux aquatiques, de l'activité des bactéries des cycles bio-géo-chimiques, ainsi que de l'état de décomposition de la matière organique ;
- **La conductivité** : elle donne une idée de la minéralisation globale de l'eau puisqu'elle est corrélée avec la teneur des ions présents en solution dans l'eau ;
- **Le pH** : le potentiel hydrogène est un Indice permettant de mesurer l'activité de l'ion hydrogène dans une solution. C'est un indicateur de l'acidité (pH inférieur à 7) ou de l'alcalinité (pH supérieur à 7) d'une solution ou d'un échantillon d'eau. Ce paramètre est déterminant pour la biologie des espèces aquatiques par les effets induits sur la solubilité des différents minéraux, sur la disponibilité du carbone. Pour la vie piscicole, le pH doit idéalement se situer entre 6,5 et 8 unités.

3.1.1.2 Les paramètres physico-chimiques analysés en laboratoire :

Voir

Tableau 2 page suivante :

Les paramètres physico-chimiques mesurés sont les suivants : la DBO₅, le carbone organique dissous, les orthophosphates le phosphore total, les anions et les cations du cycle de l'azote.

La DBO₅ : ou Demande Biochimique en Oxygène calculée sur 5 jours correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. L'eau analysée contient une quantité de matières organiques biodégradables, rejetées dans le milieu naturel, ces matières organiques vont être dégradées par voie biologique ce qui va entraîner un développement de microorganismes aérobies qui peut provoquer une chute de l'oxygène dissous et conduire à l'asphyxie des espèces présentes.

Les matières phosphorées : principalement exogènes, les flux de phosphore (P) ont trois origines : l'assainissement domestique collectif, les rejets des bâtiments d'élevage et des départs de phosphore par érosion des sols. Les orthophosphates (ions PO₄³⁻) représentent la forme minérale principale du phosphore dans les eaux. Le phosphore total cumule l'ensemble du P. organique et du P. minéral. Leurs mesures permettent de mettre en évidence une certaine forme de pollution organique et minérale des eaux qui constitue un facteur clé de croissance pour le développement de la plupart des végétaux aquatiques en eau douce et engendre des phénomènes d'eutrophisation.

L'azote : il joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. C'est un élément essentiel de la photosynthèse, qui permet la transformation de la matière minérale en tissu végétal. La plupart des plantes autotrophes n'absorbent l'azote que sous forme ionique, soluble dans l'eau : anions NO₃⁻ (nitrates) et cations NH₄⁺ (ammonium). L'ammonium et les Nitrites résultent de la minéralisation de l'azote organique (nitrification), la forme non ionisée (ammoniaque : NH₃) et les Nitrites peuvent être toxiques pour la faune aquatique.

Tableau 2 : Type de mesures *in situ* et en laboratoire pour le suivi de la qualité générale des eaux (macropolluants sous tendant la biologie) pour l'exploitation de la 2*2 voies de la RN82 sur les bassins versants Revoute et Bernard en 2020 (Prélèvements et analyse CARSO)

Analyses physicochimiques				
Paramètres en laboratoire	SANDRE	COFRAC	Unité	Méthode
Carbone organique total (COT)	1841	NF EN 1484	mg/l C	Pyrolyse ou Oxydation par voie humide et IR
Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	1313	NF EN 1899-2	mg/l O2	Sans dilution
Phosphore total	1350	NF EN ISO 6878	mg/L P	Minéralisation et spectrophotométrie (Ganimède)
Ammonium	1335	NF T90-015-2	mg/l NH4+	Spectrophotométrie automatisée
Nitrites	1339	NF EN ISO 13395	mg/l NO2-	
Nitrates	13340	NF EN ISO 13395	mg/l NO3-	Flux continu (CFA) Flux continu (CFA)
Orthophosphates	1433	NF EN ISO 6878	mg/l PO4--	Spectrophotométrie automatisée
Mesures sur le terrain				
Conductivité brute à 25°C sur le terrain	1303	NF EN 27888	µS/cm	Méthode à la sonde
pH sur le terrain	1302	NF EN ISO 10523	unité	Electrochimie
Température de l'eau	1301	Méthode interne M_EZ008 v3	°C	Méthode à la sonde
Oxygène dissous	1311	Méthode interne M_EZ014 V2	mg/l O2	Méthode LDO
Taux de saturation en oxygène sur le terrain	1312	Méthode interne M_EZ014 V2	%	Méthode LDO

3.1.2 Les analyses physico-chimiques pour les éléments tracs métalliques et hydrocarbures aromatiques polycycliques :

Les sédiments et les bryophytes ont la capacité d'intégrer et de concentrer certains éléments présents dans l'eau. Certains polluants présents en très faible concentration dans l'eau tels que les micropolluants organiques et métalliques sont alors détectables dans les sédiments et bryophytes. Ces organismes ont une capacité d'accumulation des micropolluants (l'échange est direct entre les feuilles et l'eau) qui leur permet notamment d'amplifier les niveaux de contamination par rapport aux concentrations dans l'eau et donc en facilitent la mesure. Présents toute l'année, ils fournissent une indication intégrée dans le temps plus représentative d'une pollution moyenne. De plus, ils renseignent non seulement sur la présence de micropolluants dans le milieu mais aussi sur la fraction biodisponible, c'est à dire susceptible d'être accumulée par les êtres vivants.

L'Arsenic, le Chrome, le Cuivre, le Cadmium, le Mercure, le Plomb, le Zinc et le Nickel sont des métaux lourds. Ils sont plus ou moins bio-assimilables et peuvent être bioconcentrés par la chaîne alimentaire. Ainsi, ils possèdent un caractère potentiellement toxique pour les organismes.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont une sous-famille des hydrocarbures aromatiques, c'est-à-dire des molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène mais dont la structure comprend au moins deux cycles aromatiques condensés. Les HAP d'origine pyrolytique proviennent de la combustion du carburant automobile (cf. Tableau 3)

3.1.3 Protocole d'échantillonnage :

Les prélèvements d'eau :

Ils ont été réalisés **4 fois par an (mai juillet septembre et novembre 2020)** par le laboratoire CARSO avec un récipient adapté et préalablement rincé dans le cours d'eau. Une fraction de la masse d'eau a été prélevée dans la partie médiane du cours d'eau, dans la colonne d'eau et de préférence dans une zone située en aval d'un radier. Des précautions ont été prises pour ne pas mettre en suspension des débris situés sur le fond du lit pour ne pas les inclure dans l'échantillon. Les flacons ont été étiquetés et placés dans une glacière pour être rapatriés, dans les 24h et dans de bonnes conditions d'obscurités et de basse température, au laboratoire.

Les prélèvements de sédiments :

Ces prélèvements ont été réalisés **en juin 2020** par le laboratoire CARSO et nécessitaient des conditions hydrologiques d'étiage stabilisé. Ils ont été réalisés avec une drague manuelle préalablement rincée dans le cours d'eau. Une fraction de sédiments fins (inférieur à 2 mm), a été prélevée dans les zones du cours d'eau où la vitesse du courant était inférieure à 10 cm/s. Un minimum de trois sous-échantillons répartis sur la station et espacés chacun de quelques mètres a été prélevé.

Les sous-échantillons étaient représentatifs de la station, pour ce faire, au moins un sous-échantillon a été prélevé sur chacune des deux berges et un au centre du lit. Seule la couche supérieure des sédiments a été prélevée, soit sur une hauteur de 2 à 5 cm.

Les différentes fractions ont été rassemblées et homogénéisées dans un seul flacon. La fermeture du récipient a été méticuleuse, l'eau surnageante et les éléments atypiques (débris, organismes) devant être retirés, ainsi qu'un maximum d'air. Les flacons ont été étiquetés et placés dans une glacière pour être rapatriés, dans les 24h, au laboratoire.

Bryophytes (= mousses aquatiques) :

Les bryophytes ont été récoltées par le laboratoire CARSO lors d'un seul prélèvement en même temps que les sédiments et ont été utilisées comme indicateurs de la pollution par les métaux. La taille de l'échantillon était au moins de **35 g**, prélèvements aux endroits soumis à un courant continu (racines d'arbres, blocs au milieu du courant...); les apex (la partie plus jeune) de la touffe ont été enlevés.

☞ => En raison de l'absence de bryophytes, les prélèvements n'ont pas pu être réalisés sur les stations de la Revoute REV1 REV2 et REV3.

Tableau 3 : Type de mesures en laboratoire pour le suivi de la qualité des sédiments et des bryophytes pour le suivi de l'exploitation de la 2*2 voies de la RN82 sur les bassins versants Revoute et Bernard en 2020 (CARSO prélèvements et analyses)

8 METAUX SUR BRYOPHYTES					
Analyses physicochimiques - Métaux					
Paramètre	Code CAS	Sandre	COFRAC Normes	LQ	Méthode
Chrome total	7440-47-3	1389	Méthode interne M_SM139	0,25 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Cuivre total	7440-50-8	1392	Méthode interne M_SM139	0,25 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Arsenic total	7440-38-2	1369	Méthode interne M_SM139	0,10 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Cadmium total	7440-43-9	1388	Méthode interne M_SM139	0,05 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Nickel total	7440-02-0	1386	Méthode interne M_SM139	0,25 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Plomb total	7439-92-1	1382	Méthode interne M_SM139	0,10 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Zinc total	7440-66-6	1383	Méthode interne M_SM139	0,50 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation aux micro-ondes
Mercure total	7439-97-6	1387	NF EN 1483		SAA sans flamme après minéralisation
Schéma (12MET) : 12 METAUX DANS LES SEDIMENTS					
Analyses physicochimiques - Métaux sur fraction sèche < 2mm					
Paramètre	Code CAS	Sandre	Cofrac Norme	LQ	Méthode
Minéralisation_HCl/HNO3 -					Minéralisation aux micro-ondes
Aluminium total	7429-90-5	1370	Méthode interne M_SM052	500 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Arsenic total	7440-38-2	1369	Méthode interne M_SM052	2,5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Cadmium total	7440-43-9	1388	Méthode interne M_SM052	0,5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Chrome total	7440-47-3	1389	Méthode interne M_SM052	2,5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Cuivre total	7440-50-8	1392	Méthode interne M_SM052	10 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Etain total	7440-31-5	1380	Méthode interne M_SM117	0,25 mg/kg MS	ICP/MS après minéralisation eau régale
Etain total	7440-31-5		Méthode interne M_SM117	0,005 mg/l	ICP/MS après minéralisation eau régale
Fer total	7439-89-6	1393	Méthode interne M_SM052	500 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Manganèse total	7439-96-5	1394	Méthode interne M_SM052	5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Mercure total	7439-97-6	1387	Méthode interne M_SM073	0,025 mg/kg MS	SAA sans flamme après minéralisation eau régale
Nickel total	7440-02-0	1386	Méthode interne M_SM052	2,5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Plomb total	7439-92-1	1382	Méthode interne M_SM052	5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Zinc total	7440-66-6	1383	Méthode interne M_SM052	5 mg/kg MS	ICP/AES après minéralisation eau régale
Schéma (16HAPCNR) : 16 HAP (DONT ACENAPHTYLENE) DANS LES SEDIMENTS					
HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP sur fraction sèche < 2mm					
Paramètre	Code CAS	Sandre	Cofrac Norme	LQ	Méthode
Acénaphylène	208-96-8	1622	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLD/DAD après ASE
Fluoranthène	206-44-0	1191	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Benzo (b) fluoranthène	205-99-2	1116	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Benzo (k) fluoranthène	207-08-9	1117	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Benzo (a) pyrène	50-32-8	1115	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Benzo (ghi) pérylène	191-24-2	1118	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	193-39-5	1204	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Anthracène	120-12-7	1458	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Acénaphthène	83-32-9	1453	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Chrysène	218-01-9	1476	a XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Dibenzo (a,h) anthracène	53-70-31621	a	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Fluorène	86-73-71623	a	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Naphtalène	91-20-31517	a	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Pyrène	129-00-01537	a	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Phénanthrène	85-01-81524	a	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE
Benzo (a) anthracène	56-55-31082	a	XP X33-012	10 µg/kg MS	HPLC/FLUO après ASE

- Le Benzo(a) Pyrène est produit dans les fumées de combustion de la biomasse (combustion mal maîtrisée du bois, brûlage de végétaux à l'air libre) et également les gaz d'échappement automobiles (surtout avec un moteur diesel). C'est un composé décrit comme très toxique pour la faune aquatique.
- Les principales sources anthropiques de Dibenzo[a,h]anthracène dans l'environnement sont les fumées d'échappement des moteurs diesel.

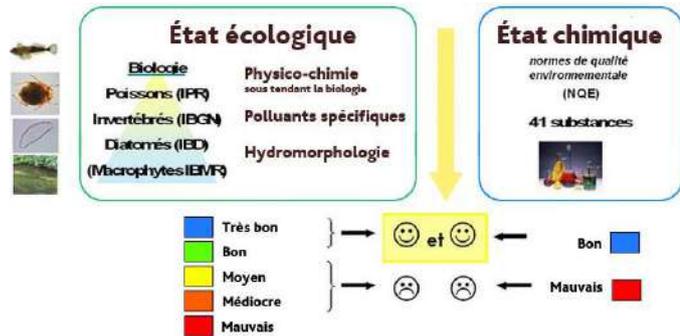
3.1.4 Analyses en laboratoire :

Les analyses en laboratoire ont été réalisées par le laboratoire CARSO (accréditation COFRAC sur tous les paramètres demandés). Les échantillons leur ont été envoyés dans les 24h suivant le prélèvement. Toutes les analyses ont été réalisées selon les normes et les méthodes en vigueur selon le SEEE.

3.1.5 Traitement des données :

L'évaluation de l'état des cours d'eau a été réalisée selon le **SEEE (Système d'Evaluation de l'Etat écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des Eaux de surface)**, pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau et plus particulièrement aux arrêtés ministériels de 2010 et modifiés en 2015.

La directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire de l'eau et de nombreux autres textes réglementaires sur la gestion des eaux douces et marines ont fixés les éléments fondamentaux qui structurent et organisent les réseaux de surveillance des milieux aquatiques et les méthodes et critères d'évaluation de l'état de ces milieux.



Critères d'évaluation de l'état des milieux aquatiques selon la DCE

3.2 Suivis hydrobiologiques :

Les analyses hydrobiologiques concernent l'IBGN (Indice Biologique Global sur les macroinvertébrés benthiques et l'IBD (Indice Biologique sur les Diatomées). Elles ont été réalisées par le laboratoire CARSO de Lyon. Ces analyses se déroulent en laboratoire après des prélèvements d'échantillons sur le terrain réalisés sur 4 sites (BNT1 REV1, REV2 et REV 3) du Bernetton et de la Revoute **26 juin 2020**.

3.2.1 Hydrobiologie : Indice Biologique Global :

La méthodologie est la Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN) selon la norme NF T90-350 Mars 2004 avec respect de XP T90-388 Juin 2010.

L'Indice Biologique Global Normalisé est une méthode standardisée utilisée en hydrobiologie afin de déterminer la qualité biologique d'un cours d'eau. La méthode utilise l'identification des différents macroinvertébrés benthiques d'eau douce présents sur un site pour calculer une note. Cette note, d'une valeur de 0 à 20, est basée sur la présence ou l'absence de certains taxons bioindicateurs polluo-sensibles ainsi que sur la richesse faunistique globale du site. Cette méthode fait l'objet d'une norme française AFNOR NF T90-350, dont la dernière version a été révisée en mars 2004.



Pour la représentation de la note équivalente IBGN, les limites de classes suivantes sont appliquées (Tableau 4) :

Tableau 4 : Limites de classes de qualité biologique en fonction de la note IBGN.

Classe	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Note IBGN	> ou égal 17	16 à 13 ≤	12 à 9 ≤	8 à 5 ≤	< Ou égal 4

Les limites de classes en fonction de l'appartenance typologique (Hydroécocorégion et ordre de Strahler) seront également appliquées (Tableau 5) :

Tableau 5 : Limites de classes de qualité biologique en fonction de la note IBG DCE et de l'appartenance typologique des sites étudiés (HER3).

Rangs			Types nationaux et leur codification				
			8, 7, 6	6, 5	5, 4	4, 3	3, 2, 1
Hydroécocorégions de niveau 1		Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de	Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général			18-15-11-6	18-15-11-6	18-15-11-6
		Cas général		#	18-15-11-6	18-15-11-6	18-15-11-6
3	MASSIF CENTRAL SUD	Exogène de l'HER 19			17-15-10-6		
		Exogène de l'HER 8			18-15-11-6		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		17-15-10-6			
17	DEPRESSIONS SEDIMENTAIRES	Cas général			15-13-9-6	16 -]15-13-9-6]	16 -]15-13-9-6]
		Exogène de l'HER 3 ou 21	#	#	18-15-11-6	18-15-11-6	18-15-11-6

b-c-d-e : b = limite inférieure du très bon état, c = limite inférieure du bon état, d = limite inférieure de l'état moyen, e = limite inférieure de l'état médiocre

: absence de référence. En grisé : type inexistant

3.2.2 Hydrobiologie : Indice Biologique Diatomées ou IBD :

Principe et définition :

Les Diatomées sont des algues unicellulaires de couleur brune, présentes dans les cours d'eau. Elles ont la particularité de posséder un squelette siliceux également appelé « frustule » et peuvent mesurer quelques micromètres à plus de 500 μm . Considérées comme les algues les plus sensibles aux conditions environnementales, elles ont été choisies comme bioindicateur (réaction aux pollutions organiques, salines, acides et thermiques) dans le cadre des suivis DCE.



L'analyse de la composition de la microflore diatomique permet donc une évaluation de l'état de ce milieu, toute perturbation provoquant des modifications plus ou moins marquées des communautés vivantes qu'il héberge. L'indice IBD permet donc d'évaluer la qualité de l'eau et de caractériser les éventuelles perturbations du milieu. Cette méthode permet d'attribuer une note sur 20 à une station en fonction de la nature et de la variété des diatomées prélevées. L'Indice Biologique Diatomées est l'expression du niveau de pollution organique (saprobie) et du niveau de trophie (nutriments : azotes, phosphates, ...). L'IBD est également impacté par la contamination du milieu par des toxines telles que les micropolluants minéraux ou synthétiques.

Protocole d'échantillonnage :

Les conditions météorologiques doivent être compatibles avec la réalisation de prélèvements dans de bonnes conditions hydrologiques. Ils ont été réalisés en période d'étiage estivale (basses eaux), le débit du cours d'eau devant être stabilisé, donc pas après un événement hydrologique remarquable. De même, la turbidité de l'eau devait être compatible avec des prélèvements de diatomées. Les prélèvements



ont été effectués selon la norme AFNOR NF T 90-354 (2007) le **29 juin 2018** sur les 4 sites de la Revoute. 5 substrats stables, durs, inertes et immergés différents ont été prélevés à l'aide d'une brosse à poils durs à usage unique. Une surface totale d'au moins 100 cm^2 a été prospectée (20 cm^2 par substrat en moyenne). Le produit du raclage a été recueilli et conservé dans une solution de formol diluée au maximum à 10%, ce qui a permis d'avoir une bonne qualité de conservation des organismes.

Calcul de la note indicelle

Après un traitement chimique des échantillons (bains successifs d'eau oxygénée bouillante, d'acide chlorhydrique et d'eau de rinçage), le culot obtenu a été monté entre lame et lamelle dans une résine à fort indice de réfraction (Naphrax). L'identification des diatomées a été basée sur l'analyse microscopique des frustules siliceuses. La lame a été balayée par transect dans le but de réaliser un inventaire (détermination et comptage) d'un minimum de 400 valves. Des ouvrages de référence tels que ceux d'HOFFMAN (2011), de KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000), de COSTE (1999, 2011) ont été utilisés pour une détermination au niveau spécifique voire infraspécifique.

L'IBD représente le barycentre des profils de distribution. C'est un indice de qualité globale de l'eau, en particulier sur les matières oxydables et la salinité. De plus, il ne prend pas en compte tous les taxons d'un inventaire. L'IBD donne une note sur 20. La qualité biologique (5 codes couleur du mauvais au très bon) a été déterminée selon la grille de qualité de la norme IBD. Le calcul de l'IBD a été effectué grâce au logiciel OMNIDIA comme le stipule la Norme AFNOR T 90-354 (Tableau 6).

Tableau 6 : Limites de classes de qualité biologique en fonction de la note IBD et de l'appartenance typologique des sites étudiés (HER3).

		Valeur de référence et valeur minimale par type (IBD ₂₀₀₇)					
		Rangs (bassin Loire-Bretagne)	8, 7	6	5	4	3, 2, 1
IBD 2007		Rangs (autres bassins)	8, 7, 6	5	4	3	2, 1
Hydroécorégions de niveau 1		Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2	Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits
20	DEPOTS ARGILEO-SABLEUX	Cas général		18,1-1		18,1-1	18,1-1
		Exogène de l'HER 9		18,1-1			
		Exogène de l'HER 21		19-5	19-5		
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général				19-5	19-5
3	MASSIF CENTRAL SUD	Cas général				19-5	19-5
		Exogène de l'HER 19			#		
		Exogène de l'HER 8			#		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		18,1-1			

Le calcul de la note IBD a été complété par le calcul de l'IPS (Indice de Polluosensibilité Spécifique - COSTE, Cemagref, 1982). Cet indice est fondé sur la pondération « abondance-sensibilité spécifique ». Il représente l'avantage de prendre en compte la totalité des espèces présentes dans les inventaires. De plus, il est plus sensible à la dégradation de la qualité du milieu que l'IBD. Il donne également une note sur 20. Il se calcule de la même manière que l'IBD, sur le logiciel OMNIDIA.

3.3 Suivis piscicoles :

Les inventaires piscicoles ont été réalisés par la FDAAPPMA42 le 26 mai 2020.

3.3.1 Pêche électrique d'inventaire :

3.3.1.1 Période et conditions d'échantillonnage :

La pratique de la pêche à l'électricité à pied totale n'est réalisable que dans des cours d'eau de profondeurs (<1 m), largeurs (<30 m) et vitesses (<1 m/s) compatibles avec la capacité de déplacement et de sécurité des opérateurs. Ces pêches se pratiquent généralement en période estivale au moment des basses eaux (hors période de forte chaleur pour des raisons évidentes de difficultés de stockage et de manipulation du poisson). Les stations sélectionnées sont situées sur des milieux de petite dimensions (<3 m de large) : les stations ont été pêchées dans de bonnes conditions d'échantillonnage (turbidité nulle).



3.3.1.2 Protocole d'inventaire piscicole :

Les inventaires piscicoles ont été réalisés selon la méthode de pêche électrique par épuisement (**De Lury, 1951**). Les pêches ont été menées à l'aide d'une anode avec un matériel portable à groupe électrogène (FEG 1700 de marque EFKO). La longueur des stations correspondait au minimum à une séquence des principaux faciès d'écoulement soit au moins 15 à 20 fois la largeur moyenne.

3.3.2 Utilisation de données piscicoles historiques :

Les données historiques ont été utilisées pour une analyse des variations temporelles (cf. **Grés et Scaramuzzi 2016**). Pour établir des comparaisons des peuplements échantillonnés avec certains référentiels, il était nécessaire de proposer une évaluation du peuplement réel des stations inventoriées antérieurement (Tableau 7) :

Tableau 7 : Liste des inventaires piscicoles réalisés sur la Revoute et affluents depuis 2003.

Cours d'eau	Station	Code	Date	Opérateur	Commune	Lieu-dit	x12	y12
Bernetton	Bois_Guyot	BNT1a	03/06/2015	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Bois Guyot, amont Signaubert	743743	2098887
Bernetton	LesBonnets	BNT1	18/06/2018	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Les Bonnets, 60 m aval rau Signaubert	743305	2098730
Bernetton	LesBonnets	BNT1	26/05/2020	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Les Bonnets, 60 m aval rau Signaubert	743305	2098730
Bernetton	Revoute_amont	BNT2	14/05/2008	GREBE	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Amont de la RN82, amont La Revoute	742843	2097575
Bernetton	Revoute_amont	BNT2	12/05/2014	MEP19	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Amont de la RN82, amont La Revoute	742843	2097575
Revoute	LaVarenne	REV1	18/06/2018	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	La Varenne, amont nouvelle RN82	742937	2097486
Revoute	AmtBernetton	REV1b	14/05/2008	GREBE	Saint-Marcel-de-Felines	Amont de la RN82, amont Bernetton	742857	2097465
Revoute	AmtBernetton	REV1b	12/05/2014	MEP19	Saint-Marcel-de-Felines	Amont de la RN82, amont Bernetton	742857	2097465
Revoute	Revouteaval	REV2a	14/05/2008	GREBE	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	La Revoute, aval de la RN82	742829	2097350
Revoute	Revouteaval	REV2a	13/05/2014	MEP19	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	La Revoute, aval de la RN82	742829	2097350
Revoute	Croix_Bleue	REV2b	14/05/2003	CSP	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Croix Bleue aval RN82	742605	2097165
Revoute	Croix_Bleue	REV2b	03/06/2015	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Croix Bleue aval RN82	742605	2097165
Revoute	Croix_Bleue	REV2b	26/05/2020	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Croix Bleue aval RN82	742605	2097165
Revoute	LeClaveau	REV2	18/06/2018	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Le Claveau, aval et amont du gué	742109	2096726
Revoute	Chassenay	REV3	03/06/2015	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Chassenay 100 m amont RD56	740488	2095463
Revoute	Chassenay	REV3	18/06/2018	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Chassenay 100 m amont RD56	740488	2095463
Revoute	Chassenay	REV3	26/05/2020	FDPPMA42	SAINT-MARCEL-DE-FELINES	Chassenay 100 m amont RD56	740488	2095463

- GREBE : bureau d'études GREBE : Groupe de Recherche et d'Etude Biologie et Environnement ; Consultant en ingénierie à Lyon 21 Rue Sébastien Gryphe, 69007 Lyon ;
- MEP19 : Maison de l'Eau et de la Pêche Consultant en ingénierie à Neuvic Place Eglise, 19160 Neuvic
- CSP : Brigade 42 du Conseil Supérieur de la Pêche 42480 La Fouillouse

3.3.3 Traitement des données de pêche :

Les données de densité et de biomasse estimées ont été calculées à l'aide de la méthode de CARLE et STRUB (1978). Le diagnostic stationnel a été établi au travers de 3 étapes.

3.3.3.1 Comparaison entre niveaux typologiques observés et théoriques :

Le niveau typologique théorique a été estimé à partir des données mésologiques mesurées ou estimées. Les peuplements observés ont été ensuite transformés en classes de densités numériques ou pondérales (DR CSP Lyon, **DEGIORGI et RAYMOND 2000**) puis confrontés aux potentialités estimées du cours d'eau en fonction du niveau typologique théorique (**VERNEAUX, 1973, 1976 et 1981**). Le niveau typologique théorique a été estimé à partir de paramètres actuels (température, largeur du lit). Il n'est donc pas à considérer comme une valeur référentielle mais comme un état théorique dans les conditions actuelles.

3.3.3.2 Calcul de l'Indice Poisson Rivière normalisé AFNOR (NF T90-344) :

La Circulaire DCE n° 2005-12 du 28/07/05 relative à la définition du « bon état » a précisé que l'indicateur retenu en France pour l'ichtyofaune est l'**indice poisson rivière ou IPR**. En effet, cet indice biotique est basé sur l'analyse de la composition et de la structure des peuplements piscicoles. Conformément aux objectifs de la DCE, il consiste à mesurer l'écart entre la composition du peuplement sur une station donnée, observée à partir d'un échantillonnage par pêche électrique, et la composition du peuplement attendu en situation dite de « Référence », c'est-à-dire dans des conditions pas ou très peu modifiées par les activités humaines. Pour plus d'informations, le lecteur se reportera utilement à **OBERDOFF et al, (2001), BELLIARD et ROSET (2006)** et à la norme **NF T90-344**.

Des paramètres environnementaux (surface bassin versant, surface échantillonnée, largeur, pente...) et biologiques (métriques : nombre total d'espèces, nombre d'espèces benthiques, nombre d'espèces tolérantes, densité totale, ...) permettent de définir les probabilités d'occurrence et d'abondance, la structure trophique et la composition taxonomique pour 34 espèces de poissons les plus couramment rencontrées.

La note globale de l'IPR correspond à la somme des scores associés aux 7 métriques : elle varie potentiellement de 0 (conforme à la référence) à l'infini. Dans la pratique, l'IPR dépasse rarement une valeur de 150 dans les situations les plus altérées. Cinq classes de qualité en fonction des notes de l'IPR ont été définies (Tableau 8) :

Tableau 8 : Classes de qualité de l'Indice Poisson Rivière (IPR).

SCORE IPR (selon circulaire juillet 2015)		Classe de Qualité
> 36	MAUVAIS	Peuplement quasi inexistant ou complètement modifié
25 - 36	MEDIOCRE	Peuplement fortement perturbé
16* - 25	MOYEN	Peuplement perturbé
5 - 16*	BON	Peuplement faiblement perturbé subréférentiel
< 5	TRES BON	Peuplement conforme

*NB <14,5 si alt >500 m

Il convient de noter que l'IPR est un outil global qui fournit une évaluation synthétique de l'état des peuplements de poissons. Il ne peut en aucun cas se substituer à une étude détaillée destinée à préciser les impacts d'une perturbation donnée. Il est souvent nécessaire de compléter le diagnostic pour une autre approche sur la qualité piscicole (niveau typologique de Verneaux) et une analyse des perturbations du milieu (physique : physico-chimie, hydrobiologie) et tout autre facteur de compréhension des perturbations. Dans sa version actuelle, l'IPR ne prend en compte ni la biomasse ni la taille des individus capturés, ni les crustacés décapodes comme les écrevisses à pieds blancs pourtant bio indicateur de premier ordre. Les résultats sont également moins robustes quand l'échantillon comporte peu d'individus.

3.3.3.3 Référentiel truite fario :

L'analyse des abondances en truites fario a été faite par rapport aux données de référence existantes de l'écorégion Massif Central (ex DR5 CSP) (cf. Tableau 9) et en traçant l'évolution de ces densités et biomasses salmonicoles :

Tableau 9 : Limites des classes d'abondance de truite fario (modifié d'après CSP DR5)

Classe de Densité TRF (ind/ha)					
présence	très faible	faible	moyenne	forte	très forte
0.1	1	2	3	4	5
<	<	<	<	<	>=
60	644	1288	2576	5152	

Classe de Biomasse TRF (kg/ha)					
0.1	1	2	3	4	5
<	<	<	<	<	>=
3	24	46	74	123	

3.4 Périodicité des suivis et planning 2018 à 2028 :

Conformément à l'Arrêté préfectoral n°DT-13-322, ce suivi sera réalisé quatre fois pendant la durée de la convention : 2018, 2020, 2023 et 2028 selon les fréquences annuelles par éléments de suivi et périodes ci-après (Tableau 10) :

Tableau 10 : Fréquences, périodes et planning des suivis de 2018 à 2028

Éléments de suivis	Fréquence annuelle	Période de prélèvements / échantillonnages 2018
Qualité d'eau générale	4	Mai, juin, Septembre, Novembre
Analyses physico-chimiques ETM et HAP sur sédiments et bryophytes	1	Été
Hydrobiologie IBGN	1	Mai juin
Hydrobiologie IBD	1	Mai juin
Pêche électrique d'inventaire	1	Mai juin

Année	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Durée (année)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Échéance	N		N+2			N+5					N+10
Suivi qualité des eaux et hydrobiologique	OUI		OUI			OUI					OUI
Suivi Piscicole	OUI		OUI			OUI					OUI

Conformément à l'Arrêté préfectoral n°DT-13-322, les suivis prévus en 2018 devaient impérativement être réalisés (ou avoir démarré) avant la mise en service de l'infrastructure (prévue en juillet 2018). Les 1ers prélèvements ont débuté le 24 mai 2018 suite à la notification par la DREAL de la commande auprès de la FDAAPPMA42 (via la convention signée entre la DREAL et la Fédération des Chasseurs de la Loire, FDCL).

RESULTATS

NB : Pour ce qui concerne les données relatives aux suivis physico-chimiques de la qualité des eaux, des sédiments et bryophytes et aux suivis hydrobiologiques IBG et IBD, le lecteur se reportera aux données et aux résultats bruts fournis par le laboratoire CARSO et placés en annexe du rapport.

4 Résultats et discussion : campagne 2020 et évolution par rapport à 2018 :

4.1 Suivi de la qualité de l'eau, des sédiments et des bryophytes :

4.1.1 Station SIG1 amont RN82 :

Tableau 11 : Qualité physico-chimiques des eaux, sédiments et bryophytes sur la station (SIG1)

Point client	Supports	Date préél.	Ammonium	Carbone organique total (COT)	Conductivité brute à 25°C sur le terrain	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates	Oxygène dissous	Phosphore total	pH sur le terrain	Taux de saturation en oxygène sur le terrain	Température de l'eau
			<i>B35</i>	<i>B41</i>	<i>B03</i>	<i>B1B</i>	<i>B40</i>	<i>B39</i>	<i>H33</i>	<i>B11</i>	<i>B50</i>	<i>B02</i>	<i>B12</i>	<i>B01</i>
			mg/l	mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	%	°C
1-SIG1	EAU	20/05/2020	0,07	6,9	921	1,4	3	0,02	1,3	8,7	0,411	8	94,7	17,5
1-SIG1	EAU	03/07/2020	0,11	8,6	1136	<0,5	4	0,05	1,4	7,1	0,451	7,5	73,2	14,9
1-SIG1	EAU	20/11/2020	<0,05	5,9	821	<0,5	4,2	2	0,62	11	0,205	7,7	96,3	8,3

Point client		1-SIG1	1-SIG1
Supports		SED	BRYO
Date préél.		15/06/2020	05/08/2020
ETM : Métaux			
Aluminium total	mg/kg	12063	
Arsenic total	mg/kg	33,6	31,9
Cadmium total	mg/kg	<0,5	0,67
Chrome total	mg/kg	16,8	13,03
Cuivre total	mg/kg	<9,6	50,57
Etain total	mg/kg	1,63	
Etain total	mg/l	0,034	
Fer total	mg/kg	12448	
Manganèse total	mg/kg	813,2	
Mercuré total	mg/kg	<0,024	0,785
Nickel total	mg/kg	9,1	16,91
Plomb total	mg/kg	20,7	26,39
Zinc total	mg/kg	45,7	319,44
HAP			
Acénaphthène	µg/kg	<10	
Acénaphthylène	µg/kg	<10	
Anthracène	µg/kg	<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	<10	
Benzo (a) pyrène	µg/kg	<10	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	<10	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	<10	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	<10	
Chrysène	µg/kg	<10	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	<10	
Fluoranthène	µg/kg	<10	
Fluorène	µg/kg	<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	<10	
Naphtalène	µg/kg	<10	
Phénanthrène	µg/kg	<10	
Pyrène	µg/kg	<10	

Sur ce site, les données 2020 (pas de suivi en 2018) confirme bien l'hypothèse émise en 2018 sur BNT1. Le rau de Signaubert subit les impacts de la STEP de Neulise et sa qualité est perturbée par les matières phosphorées : valeur élevées d'Orthophosphates en mai et juillet.

On retrouve toujours le fond géochimique en Arsenic.

Pour les autres éléments traces métalliques et pour les HAP, on ne note rien de particulier si ce n'est un déclassement en moyen pour des valeurs de Mercure total et de Zinc total.

Ce site n'avait pas été suivi en 2018 mais nous avons de fortes suspicions sur sa qualité du fait du colmatage des fonds du cours d'eau et d'un fort développement en périphyton, signe d'enrichissement en matières organiques.

Classe qualité	
Très bonne	Eau de qualité très bonne
Bonne	Eau de qualité bonne
Moyenne	Eau de qualité moyenne
Médiocre	Eau de qualité médiocre
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité

4.1.2 Station BNT1 amont RN82 :

Tableau 12 : Qualité physico-chimiques des eaux, sédiments et bryophytes sur la station (BNT1)

Code	Supports	Date prél.	Ammonium	Carbone organique total (COT)	Conductivité brute à 25°C sur le terrain	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates	Oxygène dissous	Phosphore total	pH sur le terrain	Taux de saturation en oxygène sur le terrain	Température de l'eau
			B35	B41	B03	B13	B40	B39	B33	B11	B50	B02	B12	B01
			mg/l	mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	%	°C
2- BNT1	EAU	20/05/2020	<0,05	4,8	282	0,6	4,9	0,02	0,13	8,5	0,05	7,6	94,7	18,5
2- BNT1	EAU	03/07/2020	<0,05	4,4	305	0,5	<0,5	<0,01	0,32	7,8	0,116	7,3	81,3	15,3
2- BNT1	EAU	20/11/2020	<0,05	6	255	<0,5	4,1	<0,01	0,064	11,7	0,027	7,4	101,4	7,8
2- BNT1	EAU	24/05/2018	0,05	5,8	202	0,8	3,7	0,2	1,3	9,81	0,48	7,43	95,7	12,1
2- BNT1	EAU	29/06/2018	13	7,2	456	2,8	53,4	1,86	7,1	3,25	2,3	7,42	36,4	18,5
2- BNT1	EAU	06/09/2018	39	14	1849	3	70,6	6,1	23	4,1	7	7,87	44,3	15,8
2- BNT1	EAU	08/11/2018	0,07	6,4	623	0,8	28,2	0,1	6,74	11,85	1,99	7,16	99	7,71

Commentaires :

L'état physico-chimique DCE était fortement déclassant en 2018. On ne retrouve plus du tout les fortes valeurs de matières phosphorées en 2020, ni le déficit en oxygène dissous : l'état des macropolluants en 2020 est jugé bon

Les teneurs 2020 en Arsenic sont toujours élevées comme en 2018 et cela pourrait être potentiellement relié au fond géochimique naturel bien connu dans le secteur. Les autres métaux sont en classe bonne dans les sédiments.

Donc en bilan on note une nette amélioration de la qualité des eaux de cette station amont.

Point client	Supports	2- BNT1			
		SED	BRYO	SED	BRYO
Date prél.		15/06/2020	15/06/2020	29/06/2018	29/06/2018
Aluminium total	mg/kg	15946		7105	
Arsenic total	mg/kg	39,6	35,16	33,83	38,21
Cadmium total	mg/kg	<0,5	0,37	1	0,34
Chrome total	mg/kg	23,2	6,36	12,1	1,08
Cuivre total	mg/kg	<9,7	31,29	<9,7	5,55
Etain total	mg/kg	1,64		0,87	
Fer total	mg/kg	15607		13097	
Manganèse total	mg/kg	768,3		397,8	
Mercure total	mg/kg	0,029	0,146	0,024	0,049
Nickel total	mg/kg	12,6	8,99	6,3	12,62
Plomb total	mg/kg	30,9	13,89	22,2	2,41
Zinc total	mg/kg	55,1	118,42	30,9	58,94
Acénaphène	µg/kg	<10		<10	
Acénaphylène	µg/kg	<10		<10	
Anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) pyrène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	<10		<10	
Chrysène	µg/kg	<10		<10	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	<10		<10	
Fluoranthène	µg/kg	<10		<10	
Fluorène	µg/kg	<10		<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	<10		<10	
Naphtalène	µg/kg	<10		<10	
Phénanthrène	µg/kg	<10		<10	
Pyrène	µg/kg	<10		<10	

Classe qualité

Très bonne	Eau de qualité très bonne
Bonne	Eau de qualité bonne
Moyenne	Eau de qualité moyenne
Médiocre	Eau de qualité médiocre
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité

4.1.3 Station REV1 amont RN82 :

Tableau 13 : Qualité physico-chimiques des eaux, sédiments et bryophytes REV1

Point client	Supports	Date préél.	Ammonium	Carbone organique total (COT)	Conductivité brute à 25°C sur le terrain	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates	Oxygène dissous	Phosphore total	pH sur le terrain	Taux de saturation en oxygène sur le terrain	Température de l'eau	
			mg/l	mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	%	°C
			B35	B41	B03	B18	B40	B39	#33	B11	B50	B02	B12	B01	
3-REV1	EAU	20/05/2020	<0,05	4,7	575	1,3	4,7	0,1	4,3	8,9	1,4	8,2	91,6	15,3	
3-REV1	EAU	03/07/2020	0,1	5,8	772	0,9	6,9	0,01	3,76	9,3	1,87	8,2	94,4	14,2	
3-REV1	EAU	01/09/2020	<0,05	4,5	618	1,3	7,5	<0,01	5,4	9,8	1,69	8,15	94	11,8	
3-REV1	EAU	20/11/2020	<0,05	5,9	605	1,4	11	0,02	3,2	11,2	1,05	8,1	95,7	7,5	
3-REV1	EAU	24/05/2018	<0,05	5,4	340	0,8	8,4	0,02	1,3	9,91	0,439	8,31	95,8	11,7	
3-REV1	EAU	29/06/2018	0,13	5,5	714	0,7	12,9	0,1	4,2	8,09	1,25	8,37	86,2	15,9	
3-REV1	EAU	06/09/2018	<0,05	4,5	721	0,9	42,7	0,02	7,8	7,5	2,32	8,41	78,7	15,18	
3-REV1	EAU	08/11/2018	0,13	4,7	453	0,9	12,7	0,02	4,2	11,35	1,27	8,06	99,8	8,48	

Point client		3-REV1	3-REV1	3-REV1	3-REV1
Supports		SED	BRYO	SED	BRYO
Date préél.		15/06/2020	15/06/2020	29/06/2018	29/06/2018
ETM : Métaux					
Aluminium total	mg/kg	15850		4975	
Arsenic total	mg/kg	11,6	N.M.	8,21	6,14
Cadmium total	mg/kg	<0,5	N.M.	<0,5	0,28
Chrome total	mg/kg	21,3	N.M.	9,7	2,91
Cuivre total	mg/kg	11,6	N.M.	<9,7	24,84
Etain total	mg/kg	3,05		0,82	
Fer total	mg/kg	14105		10191	
Manganèse total	mg/kg	587,5		409,6	
Mercuré total	mg/kg	0,039	N.M.	<0,024	<0,046
Nickel total	mg/kg	11,1	N.M.	5,3	13,48
Plomb total	mg/kg	27,6	N.M.	16,9	9,74
Zinc total	mg/kg	108,6	N.M.	50,7	444,6
HAP					
Acénaphthène	µg/kg	<10		<10	
Acénaphthylène	µg/kg	<10		<10	
Anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	69		24	
Benzo (a) pyrène	µg/kg	76		24	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	88		26	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	82		22	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	43		14	
Chrysène	µg/kg	72		40	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	10		<10	
Fluoranthène	µg/kg	139		45	
Fluorène	µg/kg	<10		<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	70		18	
Naphtalène	µg/kg	<10		<10	
Phénanthrène	µg/kg	69		20	
Pyrène	µg/kg	133		33	
Somme des HAP (14)		765		292	

Commentaires :

L'état physico-chimique DCE de l'eau reste mauvais pour les matières phosphorées en 2020 comme en 2018. Le rejet de la STEP de Saint-Marcel de Félines est très prégnant sur ce ruisseau qui sèche en été et dont les écoulements ne sont constitués que par les rejets d'eaux traitées.

Les teneurs en Zinc sont en classe moyenne dans les bryophytes (passage dans la chaîne trophique) en 2018, mais les mesures n'ont pas pu être réalisées en 2020 du fait de l'absence de ces dernières.

Classe qualité	
Très bonne	Eau de qualité très bonne
Bonne	Eau de qualité bonne
Moyenne	Eau de qualité moyenne
Médiocre	Eau de qualité médiocre
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité

La somme des HAP est en classe moyenne et traduirait des arrivées de pollution routière (mais le site est situé en amont de la RN82) avec une augmentation des teneurs en 2020 sur la plupart des composés par rapport à 2018.

4.1.4 Station REV2 aval proche de la RN82 :

Tableau 14 : Qualité physico-chimiques des eaux, sédiments et bryophytes REV2

Point client	Supports	Date prél.	Ammonium	Carbone organique total (COT)	Conductivité brute à 25°C sur le terrain	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates	Oxygène dissous	Phosphore total	pH sur le terrain	Taux de saturation en oxygène sur le terrain	Température de l'eau
			mg/l	mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	%	°C
			B35	B41	B03	B13	B40	B39	B33	B11	B50	B02	B12	B01
4-REV2	EAU	20/05/2020	0,28	7,4	438	4	36,8	<0,01	0,63	8	0,317	7,9	84,9	16,5
4-REV2	EAU	03/07/2020	<0,05	5,4	540	1,1	3,1	0,06	0,63	8	0,222	7,8	82,7	15,1
4-REV2	EAU	01/09/2020	0,25	5,2	597	1	4,5	0,03	1,1	9,5	0,371	7,83	90	11,4
4-REV2	EAU	20/11/2020	0,05	5,5	358	1,2	4,7	<0,01	0,3	11,8	0,102	7,8	101	7,7
4-REV2	EAU	24/05/2018	0,34	6,1	227	2,1	7,4	0,32	0,84	10,01	0,302	7,96	98	12,4
4-REV2	EAU	29/06/2018	<0,05	5	433	0,8	7,1	0,09	0,7	7,73	0,244	8	82,3	16,02
4-REV2	EAU	06/09/2018	<0,05	4,2	512	0,9	6,9	0,04	0,43	7,05	0,175	8,02	73,1	15,27
4-REV2	EAU	08/11/2018	<0,05	4,8	479	2,3	7,6	0,03	0,9	9,15	0,291	7,83	81	8,33

Commentaires :

L'état physico-chimique DCE de l'eau se détériore un petit peu en 2020 par rapport à 2018 avec un passage en classe médiocre pour une valeur d'Orthophosphates (1,1 mg/l PO₄³⁻ en septembre 2020) en lien avec les flux apportés par le point REV1 via la STEP de St Marcel de Félines.

Les teneurs en Arsenic sont moyennes dans les bryophytes et les sédiments. La somme des HAP est en classe moyenne augmente en 2020 et traduirait l'arrivée de lessivage routier.

Du fait d'un éloignement des sources potentielles de pollution domestique, la qualité d'eau s'améliore par rapport à BNT1 et REV1 avec l'autoépuration naturelle du cours d'eau.

Classe qualité	
Très bonne	Eau de qualité très bonne
Bonne	Eau de qualité bonne
Moyenne	Eau de qualité moyenne
Médiocre	Eau de qualité médiocre
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité

Point client		4-REV2	4-REV2	4-REV2	4-REV2
Supports		SED	BRYO	SED	BRYO
Date prél.		15/06/2020	15/06/2020	29/06/2018	29/06/2018
ETM : Métaux					
Aluminium total	mg/kg	16629		5581	
Arsenic total	mg/kg	29,1	N,M	24,54	11,07
Cadmium total	mg/kg	<0,5	N,M	0,5	0,15
Chrome total	mg/kg	25,7	N,M	9,6	2,89
Cuivre total	mg/kg	<9,7	N,M	<9,6	9,4
Etain total	mg/kg	1,7		0,72	
Fer total	mg/kg	17501		11306	
Manganèse total	mg/kg	618,1		329,6	
Mercurure total	mg/kg	0,039	N,M	<0,024	<0,049
Nickel total	mg/kg	15	N,M	5,3	13,66
Plomb total	mg/kg	32,5	N,M	18,3	4,8
Zinc total	mg/kg	67,4	N,M	29,8	76,89
HAP					
Acénaphthène	µg/kg	<10		<10	
Acénaphthylène	µg/kg	<10		<10	
Anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	30		<10	
Benzo (a) pyrène	µg/kg	37		<10	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	42		<10	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	42		<10	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	21		<10	
Chrysène	µg/kg	33		<10	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	<10		<10	
Fluoranthène	µg/kg	58		<10	
Fluorène	µg/kg	<10		<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	42		<10	
Naphtalène	µg/kg	<10		<10	
Phénanthrène	µg/kg	32		<10	
Pyrène	µg/kg	59		<10	
Somme des HAP (14)	µg/kg	419		140	

NB : les mesures d'ETM sur les bryophytes n'ont pas pu être réalisées en 2020 du fait de l'absence de ces dernières.

4.1.5 Station REV3 aval éloigné de la RN82 :

Tableau 15 : Qualité physico-chimiques des eaux, sédiments et bryophytes REV3

Point client	Supports	Date prél.	Ammonium	Carbone organique total (COT)	Conductivité brute à 25°C sur le terrain	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates	Oxygène dissous	Phosphore total	pH sur le terrain	Taux de saturation en oxygène sur le	Température de l'eau
			mg/l	mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	%	°C
5-REV3	EAU	20/05/2020	0,06	4,8	411	0,6	16,2	0,03	0,44	9,1	0,174	8,2	96,2	16,2
5-REV3	EAU	03/07/2020	<0,05	5,7	464	1,3	2,3	0,01	0,54	9,2	0,187	8,1	95,3	15,7
5-REV3	EAU	01/09/2020	0,07	5,2	462	0,9	2,1	0,01	0,49	10,2	0,171	7,95	96,3	11,3
5-REV3	EAU	20/11/2020	<0,05	5,5	349	1,5	4,6	<0,01	0,26	12	0,083	8	101,2	7,4
5-REV3	EAU	24/05/2018	<0,05	5,9	218	1,4	6,9	0,14	0,63	10,19	0,234	8,15	99,2	12,4
5-REV3	EAU	29/06/2018	<0,05	5,3	356	0,7	5,5	0,02	0,7	8,66	0,219	8,09	89,8	15,09
5-REV3	EAU	06/09/2018	0,3	6,3	411	2	0,9	0,03	0,99	2,95	0,361	7,71	31,2	15,5
5-REV3	EAU	08/11/2018	<0,05	5,1	438	0,7	4,3	<0,01	0,45	12,8	0,146	8,15	110	7,98

Point client		5-REV3	5-REV3	5-REV3	5-REV3
Supports		SED	BRYO	SED	BRYO
Date prél.		15/06/2020	15/06/2020	29/06/2018	29/06/2018
ETM : Métaux					
Aluminium total	mg/kg	15963		5389	
Arsenic total	mg/kg	19,5	N.M.	24,95	41,43
Cadmium total	mg/kg	<0,5	N.M.	<0,5	0,32
Chrome total	mg/kg	20,5	N.M.	9,5	2,59
Cuivre total	mg/kg	<9,5	N.M.	<10	5,89
Etain total	mg/kg	1,76		0,7	
Fer total	mg/kg	13056		13224	
Manganèse total	mg/kg	410,3		497	
Mercuré total	mg/kg	0,029	N.M.	<0,025	<0,046
Nickel total	mg/kg	11	N.M.	6	10,24
Plomb total	mg/kg	25,3	N.M.	21	3,75
Zinc total	mg/kg	50	N.M.	31,9	110,29
HAP					
Acénaphthène	µg/kg	<10		<10	
Acénaphthylène	µg/kg	<10		<10	
Anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	13		<10	
Benzo (a) pyrène	µg/kg	20		<10	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	29		<10	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	28		<10	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	14		<10	
Chrysène	µg/kg	21		<10	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/kg	<10		<10	
Fluoranthène	µg/kg	32		<10	
Fluorène	µg/kg	<10		<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	23		<10	
Naphtalène	µg/kg	<10		<10	
Phénanthrène	µg/kg	23		<10	
Pyrène	µg/kg	32		<10	
Somme HAP	µg/kg	265		140	

Commentaires :

Selon l'analyse de l'état physico-chimique DCE, la qualité est qualifiée de moyenne en 2020 avec une amélioration nette par rapport à 2018 sur le bilan Oxygène moins pénalisant.

Les Nutriments sont toujours les principaux éléments de qualité déclassant mais seulement pour une valeur modérée d'Orthophosphates (0,54 mg/l en juillet) et en Nitrates (16,2 mg/l N-NO3 en mai selon les classes SEQ Eau V2 qualité générale).

Les teneurs en Arsenic sont médiocres dans les bryophytes en 2018 mais n'ont pas pu être mesurées en 2020.

La somme des HAP est en classe moyenne et augmente un peu par rapport à 2018 et pourrait traduire des arrivées de pollution routière.

Classe qualité	
Très bonne	Eau de qualité très bonne
Bonne	Eau de qualité bonne
Moyenne	Eau de qualité moyenne
Médiocre	Eau de qualité médiocre
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité

NB : les mesures d'ETM sur les bryophytes n'ont pas pu être réalisées en 2020 du fait de l'absence de ces dernières.

4.1.6 Station BER1, Bernand amont la Moissonnière :

Tableau 16 : Qualité physico-chimiques des sédiments et bryophytes BER1

Point client		6-BER1	6-BER1	6-BER1	6-BER1
Supports		SED	BRYO	SED	BRYO
Date préél.		11/06/2020	05/08/2020	29/06/2018	29/06/2018
ETM : Métaux					
Aluminium total	mg/kg	19862		6258	
Arsenic total	mg/kg	41,9	85,96	38,99	34,62
Cadmium total	mg/kg	0,5	0,42	0,5	0,71
Chrome total	mg/kg	25,7	9,38	11,6	3,34
Cuivre total	mg/kg	12,4	32,56	9,6	10,68
Etain total	mg/kg	1,81		0,72	
Fer total	mg/kg	17909		11842	
Manganèse total	mg/kg	250,5		318,7	
Mercure total	mg/kg	0,052	0,247	0,024	0,094
Nickel total	mg/kg	16,7	9,19	6,7	11,24
Plomb total	mg/kg	29,1	18,14	19,3	6,96
Zinc total	mg/kg	59,5	190,3	31,3	88,9
HAP					
Acénaphthène	µg/kg	<10		<10	
Acénaphthylène	µg/kg	<10		<10	
Anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	<10		<10	
<i>Benzo (a) pyrène</i>	<i>µg/kg</i>	<i><10</i>		<i><10</i>	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	<10		<10	
Chrysène	µg/kg	11		<10	
<i>Dibenzo (a,h) anthracène</i>	<i>µg/kg</i>	<i><10</i>		<i><10</i>	
Fluoranthène	µg/kg	20		<10	
Fluorène	µg/kg	<10		<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	<10		<10	
Naphtalène	µg/kg	<10		<10	
Phénanthrène	µg/kg	10		<10	
Pyrène	µg/kg	18		<10	
Somme des HAP (14)	µg/kg	158		140	

Classe qualité	
Très bonne	Eau de qualité très bonne
Bonne	Eau de qualité bonne
Moyenne	Eau de qualité moyenne
Médiocre	Eau de qualité médiocre
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité

Commentaires :

On note toujours, comme en 2018, la forte présence d'Arsenic dans les analyses sur Bryophytes, teneurs que l'on peut relier au fond géochimique naturel et dans les sédiments. Pour les autres éléments tracs métalliques, les valeurs restent dans les classes de bonne à très bonne qualité.

Tous les HAP sont détectés mais sont en limite de quantification. La somme des 14 HAP [hors Benzo (a) pyrène et Dibenzo (a,h) anthracène] serait en classe moyenne sous toute réserve.

4.1.7 Station BER2, Bernand aval la Moissonnière :

Tableau 17 : Qualité physico-chimiques des sédiments et bryophytes BER2

Point client		7-BER2	7-BER2	7-BER2	7-BER2
Supports		SED	BRYO	SED	BRYO
Date pré.		11/06/2020	05/08/2020	29/06/2018	29/06/2018
ETM : Métaux					
Aluminium total	mg/kg	22040		6275	
Arsenic total	mg/kg	44,4	35,04	41,51	25,37
Cadmium total	mg/kg	0,5	0,58	<0,5	0,75
Chrome total	mg/kg	28,8	9,63	11,6	2,52
Cuivre total	mg/kg	14,6	50,92	9,7	9,35
Etain total	mg/kg	1,8		0,68	
Fer total	mg/kg	19016		11874	
Manganèse total	mg/kg	390,1		319,5	
Mercuré total	mg/kg	0,059	0,29	<0,024	0,047
Nickel total	mg/kg	19,5	15,92	6,8	9,3
Plomb total	mg/kg	32,2	18,93	19,3	5,56
Zinc total	mg/kg	66,3	334,46	31,4	58,41
HAP					
Acénaphène	µg/kg	<10		<10	
Acénaphylène	µg/kg	<10		<10	
Anthracène	µg/kg	<10		<10	
Benzo (a) anthracène	µg/kg	16		<10	
<u>Benzo (a) pyrène</u>	<u>µg/kg</u>	<u>18</u>		<u><10</u>	
Benzo (b) fluoranthène	µg/kg	20		<10	
Benzo (ghi) pérylène	µg/kg	23		<10	
Benzo (k) fluoranthène	µg/kg	<10		<10	
Chrysène	µg/kg	18		<10	
<u>Dibenzo (a,h) anthracène</u>	<u>µg/kg</u>	<u><10</u>		<u><10</u>	
Fluoranthène	µg/kg	37		<10	
Fluorène	µg/kg	<10		<10	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	µg/kg	18		<10	
Naphtalène	µg/kg	<10		<10	
Phénanthrène	µg/kg	27		<10	
Pyrène	µg/kg	34		<10	
Somme HAP (14)	µg/kg	253		140	
Classe qualité					
Très bonne	Eau de qualité très bonne				
Bonne	Eau de qualité bonne				
Moyenne	Eau de qualité moyenne				
Médiocre	Eau de qualité médiocre				
Mauvaise	Eau de mauvaise qualité				

Commentaires :

La forte présence d'Arsenic est toujours valable en 2020 comme en 2018 dans les analyses sur Bryophytes et sur les sédiments, teneurs que l'on peut relier au fond géochimique naturel.

Tous les HAP sont détectés mais sont en limite de quantification comme sur BER1 en 2020 et en 2018 avec des valeurs un peu supérieures en 2020. La somme des 14 HAP [hors Benzo (a) pyrène et Dibenzo (a,h) anthracène] serait en classe moyenne sous toute réserve.

4.1.8 Conclusion générale sur les qualités physico-chimiques du milieu :

Le constat général réside dans le fait que des sources de pollution domestique du bassin (STEP de Neulise via le ruisseau de Signaubert sur SIG1 et Saint Marcel de Félines via la Revoute sur REV1) constituent toujours, en 2020 comme en 2018, un artéfact pour l'interprétation des données vis-à-vis de l'impact potentiel de la RN82. Les qualités des matières phosphorées sont altérées sur REV1 et dans une moindre mesure sur SIG1, sites de prélèvements qui sont censés donner une image de référence. On note toutefois une nette amélioration sur le site de référence amont BNT1 sur le Bernetton.

Il est bien évident que les sources de pollution directe, liées au lessivage des plateformes routières de la RN82 via les trop pleins des bassins tampons, ne génèrent pas de problèmes de Nutriments ; donc les déclassements observés ne sont pas imputables aux eaux des plateformes routières.

Sur tous les points de prélèvements en aval de la RN82 (mais sur aussi sur REV1 amont immédiat), on note en 2020 une tendance à l'augmentation des éléments traces métalliques et des sommes des 14 HAP [hors Benzo (a) pyrène et Dibenzo (a,h) anthracène].

Cela **pourrait** traduire depuis 2018 une mise en pression des cours d'eau en aval de l'axe routier et des trop plein des bassins tampons.

4.2 Suivis hydrobiologiques :

4.2.1 Hydrobiologie (IBG-DCE) :

Tableau 18 : Résultats Hydrobiologiques IBG DCE (macroinvertébrés) sur la Revoute le 29/06/2018 sur les 4 stations BNT1 REV1 REV2 et REV3 (Hydrorestore) et le 26/05/2020 (CARSO LSEHL).

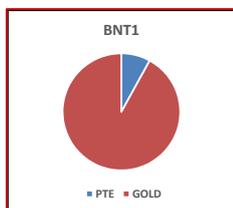
BNT1 - N° Echantillon : 2018-06-016	29/06/2018	26/05/2020
I.B.G.N. (/20)	8	19
Groupe Faunistique Indicateur - G.F.I. (/9)	2 - Baetidae	9- Perlodidae
Variété taxonomique (nombre de taxons)	21	40
Classe de variété (/14)	7	11
Note I.B.G.N. - AFNOR NF T 90-350	8	19
Note I.B.G.N. Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	8	19
EQR Arrêté du 27 juillet 2015 pour l'HER 3	0,39	0,93
REV1 - N° Echantillon : 2018-06-017	29/06/2018	26/05/2020
I.B.G.N. (/20)	6	7
Groupe Faunistique Indicateur - G.F.I. (/9)	2 - Gammaridae	2- Baetidae
Variété taxonomique (nombre de taxons)	14	18
Classe de variété (/14)	5	6
Note I.B.G.N. - AFNOR NF T 90-350	6	7
Note I.B.G.N. Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	6	7
EQR Arrêté du 27 juillet 2015 pour l'HER 3	0,28	0,4
REV2 - N° Echantillon : 2018-06-018	29/06/2018	26/05/2020
I.B.G.N. (/20)	12	15
Groupe Faunistique Indicateur - G.F.I. (/9)	6 - Ephemeridae	7 Leptophlebiae
Variété taxonomique (nombre de taxons)	24	29
Classe de variété (/14)	7	9
Note I.B.G.N. - AFNOR NF T 90-350	12	15
Note I.B.G.N. Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	12	15
EQR Arrêté du 27 juillet 2015 pour l'HER 3	0,61	0,73
REV3 - N° Echantillon : 2018-06-019	29/06/2018	26/05/2020
I.B.G.N. (/20)	11	11
Groupe Faunistique Indicateur - G.F.I. (/9)	6 - Ephemeridae	6 - Ephemeridae
Variété taxonomique (nombre de taxons)	18	19
Classe de variété (/14)	6	6
Note I.B.G.N. - AFNOR NF T 90-350	11	11
Note I.B.G.N. Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	11	11
EQR Arrêté du 27 juillet 2015 pour l'HER 3	0,55	0,55

NB : Le prélèvement 2020 a été effectué un mois plus tôt par rapport à la fin juin 2018 pour s'affranchir des contraintes de bas débits.

Commentaires (cf. Tableau 18) :

Amont RN82

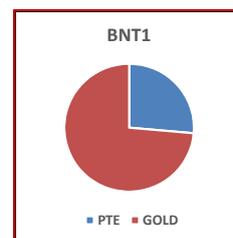
BNT1



La qualité biologique de la station sur le Bernetton amont est « très bonne » (note IBGN de 19/20) en 2020 avec une très forte amélioration par rapport à juin 2018 : classe " Médiocre ". L'étude du peuplement révèle cependant toujours des indices de perturbation : un déséquilibre moyen des populations, une assez faible proportion de taxons polluosensibles et, en toute logique, une contamination organique et trophique (forte dominance des GOLD³ sur les PTE).

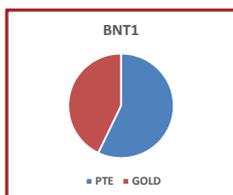
REV1

La qualité biologique de la station reste " Médiocre " en 2020 : la note I.B.G.N. est de 7/20 (6/20 en 2018). L'habitabilité du milieu apparaît faible (classe de variété de 6/14) et la qualité physico-chimique paraît fortement dégradée (G.F.I. de 2). L'étude du peuplement révèle des indices de perturbation : une contamination organique et trophique (dominance des GOLD sur les PTE), mais le taxon dominant est le groupe des Crustacés famille des Gammaridae (85% des effectifs).



Aval RN82

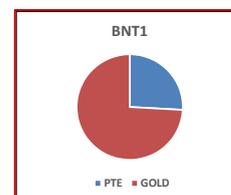
REV2



La qualité biologique de la station est " Bonne " en 2020 avec une nette amélioration par rapport à 2018. L'habitabilité du milieu apparaît correcte (classe de variété de 9/14) et la qualité physico-chimique est faiblement dégradée (G.F.I. 7). L'étude du peuplement révèle une part de taxons polluosensibles plus importante qu'en 2018 et une contamination organique et trophique faible (dominance des PTE sur les GOLD) soit l'inverse ce qui avait été observé en 2018.

REV3

La qualité biologique de la station 2020 est quasiment identique à celle observée en 2018. La Note IBGN est en classe " Moyenne " au vu de l'interprétation de la note I.B.G.N. (11/20). L'habitabilité du milieu apparaît faible (classe de variété de 6/14) et la qualité physico-chimique paraît faiblement dégradée (G.F.I. de 6). L'indice obtenu est assez robuste. L'étude du peuplement révèle des indices de perturbation : un déséquilibre fort des populations, les Gammaridae dominent très largement (94% des effectifs comme en 2018), une faible part de taxons polluosensibles (dominance de GOLD sur PTE).



³ **GOLD** : Gastéropodes, Oligochètes, Diptères : groupes polluo-résistants symptomatiques de pollution organique
PTE : Plécoptères, Trichoptères, Epheméroptères : groupes polluosensibles

4.2.2 Hydrobiologie (IBD) :

Tableau 19 : Résultats Hydrobiologiques IBD (diatomées) sur la Revoute en 2018 sur les 4 stations BNT1 REV1 REV2 et REV3 (Hydrorestore) et en 2020 (CARSO LSEHL).

BNT1 - N° Echantillon : 2018-06-016	29/06/2018	26/05/2020
Note IBD - AFNOR NF T 90-354	14	15,7
Note IBD Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	14	15,7
EQR Arrêté du 27 juillet 2015	0,64	0,76
Nombre de taxon (espèce)	15	32
REV1 - N° Echantillon : 2018-06-017		
Note IBD - AFNOR NF T 90-354	13,2	13,8
Note IBD Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	13,2	13,8
EQR Arrêté du 27 juillet 2015	0,58	0,62
Nombre de taxon (espèce)	18	24
REV2 - N° Echantillon : 2018-06-017		
Note IBD - AFNOR NF T 90-354	11,1	16,7
Note IBD Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	11,1	16,7
EQR Arrêté du 27 juillet 2015	0,44	0,83
Nombre de taxon (espèce)	24	18
REV3 - N° Echantillon : 2018-06-018		
Note IBD - AFNOR NF T 90-354	12,7	18,2
Note IBD Arrêté du 25 janvier 2010 pour l'HER 3	12,7	18,2
EQR Arrêté du 27 juillet 2015	0,55	0,94
Nombre de taxon (espèce)	22	21

Commentaires du diatomiste de CARSO :

Les notes IBD indiquent un milieu de qualité moyenne à très bonne avec un gradient amont aval et une amélioration par rapport aux constats de 2018 (NDLR). A noter que pour le Bernetton (BNT1), l'EQR de la station (0,76) est proche de la limite moyen - bon (0,78).

Il est observé un gradient amont-aval avec une amélioration de la qualité qui passe de moyenne sur BNT1 et REV1 à bonne sur REV2 à très bonne sur REV3. Bien que les communautés diatomiques sur l'ensemble des stations soient représentées par des taxons sensibles à l'oxygène, moyennement sensibles à la matière organique et tolérants aux nutriments, quelques points sont à noter :

- BNT1 et REV1 présentent des taxons révélateurs d'une perturbation à la matière organique (alpha-mésosaprobies) et une oxygénation plus faible (basse à modérée). La note de BNT1 est toutefois plus haute que celle de la Revoute (présence d'une station d'épuration plus en amont).
- REV2 et REV3 présentent des taxons plus sensibles à la matière organique (autotrophes sensibles et oligosaprobies), pouvant témoigner d'une amélioration de la qualité vis-à-vis de ce paramètre.
- Sur la base des paramètres IBD, le passage du cours d'eau sous la RN82 ne semble pas entraîner de baisse majeure de sa qualité.

4.3 Peuplements piscicoles :

4.3.1 Ensemble du bassin versant de la Revoute :

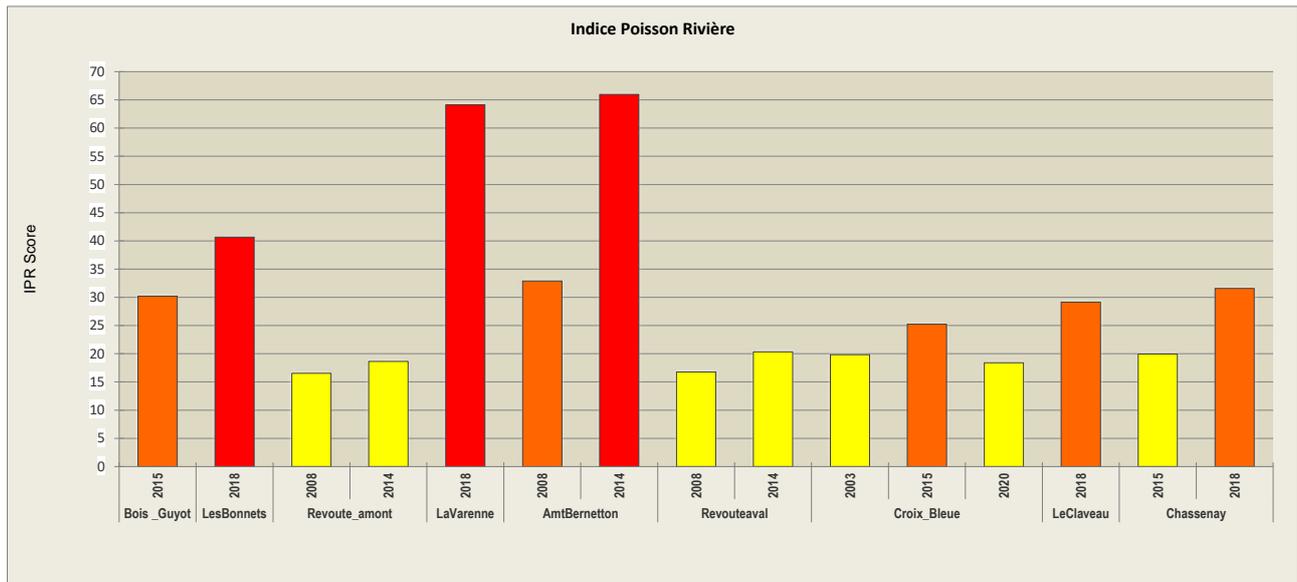
Sur l'ensemble des inventaires réalisés depuis 2003 sur ce bassin versant par différents opérateurs, les espèces naturellement présentes sont le vairon (VAI), la loche (LOF), la truite fario (TRF) et le chevaie (CHE) sur la partie terminale proche de la Loire (cf. Tableau 20). Seul le vairon présente des niveaux d'abondances très importants. On note l'absence de chabots et lamproies de planer, espèces normalement attendues sur ce type de cours d'eau :

Tableau 20 : Densités et biomasses (ind et kg/ha) des espèces piscicoles capturées sur différents points de prélèvement sur le bassin versant de la Revoute entre 2003 et 2020

Code_station	Cours_deau	code	Date	Annee	Longueur	Largeur	Espec	Effectif_p1	Effectif_p2	Effectif_estimé	IC_Estimé	Biomasse/h	Densité/ha	CA_Biomasse	CA_Densité
Bois_Guyot	Bernetton	BNT1a	03/06/2015	2015	78	1,6	PFL	1	-	1	0	2	80		
Bois_Guyot	Bernetton	BNT1a	03/06/2015	2015	78	1,6	TRF	11	-	11	0	52	881	3	2
LesBonnets	Bernetton	BNT1	18/06/2018	2018	50	1,7	PSR	10	-	10	0	5	1177	5	4
LesBonnets	Bernetton	BNT1	18/06/2018	2018	50	1,7	VAI	113	-	113	0	44	13294	5	4
LesBonnets	Bernetton	BNT1	26/05/2020	2020	50	1,7	apisciole	-	-	0	0	0	0	0	0
Revoute_amont	Bernetton	BNT2	14/05/2008	2008	50	2	VAI	25	-	25	0	0	2500		2
Revoute_amont	Bernetton	BNT2	14/05/2008	2008	50	2	PES	1	-	1	0	0	100		3
Revoute_amont	Bernetton	BNT2	14/05/2008	2008	50	2	TRF	11	-	11	0	0	1100		2
Revoute_amont	Bernetton	BNT2	12/05/2014	2014	70,1	1,8	PES	1	-	1	0	0	79	3	3
Revoute_amont	Bernetton	BNT2	12/05/2014	2014	70,1	1,8	TRF	5	-	5	0	45	396	2	1
Revoute_amont	Bernetton	BNT2	12/05/2014	2014	70,1	1,8	VAI	145	-	145	0	8	11492	2	4
LaVarenne	Revoute	REV1	18/06/2018	2018	60	1,3	PSR	3	-	3	0	1	385	5	2
LaVarenne	Revoute	REV1	18/06/2018	2018	60	1,3	PFL	2	-	2	0	0	256		
Revouteaval	Revoute	REV2a	14/05/2008	2008	150	2	OCL	1	-	1	0	0	30		
Revouteaval	Revoute	REV2a	14/05/2008	2008	150	2	PES	2	-	2	0	0	60	3	3
Revouteaval	Revoute	REV2a	14/05/2008	2008	150	2	TRF	32	-	32	0	0	1060	0,1	2
Revouteaval	Revoute	REV2a	14/05/2008	2008	150	2	VAI	50	-	50	0	0	1660		1
Revouteaval	Revoute	REV2a	13/05/2014	2014	88,4	1,4	VAI	189	-	189	0	66	15271	5	5
Revouteaval	Revoute	REV2a	13/05/2014	2014	88,4	1,4	TRF	9	-	9	0	81	727	3	2
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	14/05/2003	2003	52	2	TRF	6	-	6	0	39	577	2	2
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	14/05/2003	2003	52	2	VAI	128	-	128	0	55	12308	5	4
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	03/06/2015	2015	62	2	PFL	2	-	2	0	4	161		
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	03/06/2015	2015	62	2	TRF	2	-	2	0	15	161	1	1
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	03/06/2015	2015	62	2	VAI	243	-	243	0	60	19597	5	5
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	26/05/2020	2020	58	1,16	PFL	1	-	1	0	0	149		
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	26/05/2020	2020	58	1,16	TRF	21	-	21	0	241	3121	5	4
Croix_Bleue	Revoute	REV2b	26/05/2020	2020	58	1,16	VAI	121	-	121	0	87	17984	5	5
LeClaveau	Revoute	REV2	18/06/2018	2018	66	2,6	PFL	1	-	1	0	0	58		
LeClaveau	Revoute	REV2	18/06/2018	2018	66	2,6	VAI	287	-	287	0	40	16725	5	5
LeClaveau	Revoute	REV2	18/06/2018	2018	66	2,6	PSR	12	-	12	0	2	699	5	3
LeClaveau	Revoute	REV2	18/06/2018	2018	66	2,6	TRF	1	-	1	0	7	58	0,1	1
Chassenay	Revoute	REV3	03/06/2015	2015	80	2,56	LOF	56	-	56	0	8	2734	2	2
Chassenay	Revoute	REV3	03/06/2015	2015	80	2,56	PFL	5	-	5	0	3	244		
Chassenay	Revoute	REV3	03/06/2015	2015	80	2,56	TRF	13	-	13	0	51	635	3	2
Chassenay	Revoute	REV3	03/06/2015	2015	80	2,56	VAI	22	-	22	0	1	1074	1	1
Chassenay	Revoute	REV3	18/06/2018	2018	80	2,56	CHE	5	-	5	0	0	244	0,1	1
Chassenay	Revoute	REV3	18/06/2018	2018	80	2,56	PES	7	-	7	0	2	342	4	5
Chassenay	Revoute	REV3	18/06/2018	2018	80	2,56	TRF	1	-	1	0	3	49	0,1	0,1
Chassenay	Revoute	REV3	26/05/2020	2020	80	2,5	apisciole	-	-	0	0	0	0	0	0
AmtBernetton	Revoute	REV1b	14/05/2008	2008	40	1	PES	1	-	1	0	2	250	5	5
AmtBernetton	Revoute	REV1b	14/05/2008	2008	40	1	PSR	1	-	1	0	1	250	5	2
AmtBernetton	Revoute	REV1b	14/05/2008	2008	40	1	VAI	4	-	4	0	2	1000	1	1
AmtBernetton	Revoute	REV1b	12/05/2014	2014	87	1	apisciole	-	-	0	0	0	0	0	0
AmtBernetton	Revoute	REV1b	12/05/2014	2014	87	1	TRF	0	-	0	0	0	0	0	0

Les autres espèces échantillonnées (OCL : écrevisse américaine, PES : perche -soleil, PFL : écrevisse californienne, PSR : Pseudorasbora parva) sont des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques et sont issues de plan d'eau ou de remontées sur la station REV3.

En 2020, aucune capture enregistrée sur la station de référence amont BNT1 et sur la station de clé de bassin versant REV3, à Chassenay ; la truite et le vairon sont encore présents sur la station REV2b à Croix bleue en aval immédiat de la RN82 dans le tronçon rescindé.



Nom BV	Ord	Codes station	Date	Ann	IPR	Mauvais	Médioc	Moyenn	Bonne	Très bon
Revoute	4,1	Bois_Guyot	2015	2015	30,21		30,21			
Revoute	4,38	LesBonnets	2018	2018	40,68	40,68				
Revoute	5,66	Revoute_amont	2008	2008	16,52			16,52		
Revoute	5,66		2014	2014	18,62			18,62		
Revoute	2,6	LaVarenne	2018	2018	64,13	64,13				
Revoute	2,71	AmtBernetton	2008	2008	32,88		32,88			
Revoute	2,71		2014	2014	65,96	65,96				
Revoute	5,88	Revouteaval	2008	2008	16,77			16,77		
Revoute	5,88		2014	2014	20,32			20,32		
Revoute	6,33	Croix_Bleue	2003	2003	19,85			19,85		
Revoute	6,33		2015	2015	25,24		25,24			
Revoute	6,33		2020	2020	18,39			18,39		
Revoute	7,2	LeClaveau	2018	2018	29,15		29,15			
Revoute	9,34	Chassenay	2015	2015	19,96			19,96		
Revoute	9,34		2018	2018	31,58		31,58			

BNT1 2020 : APISCICOLE

REV3 2020 : APISCICOLE

Figure 1 : Evolution d'IPR sur le bassin versant de la Revoute

4.3.2 Station référence amont RN82 : Bernetton les Bonnets BNT1 :

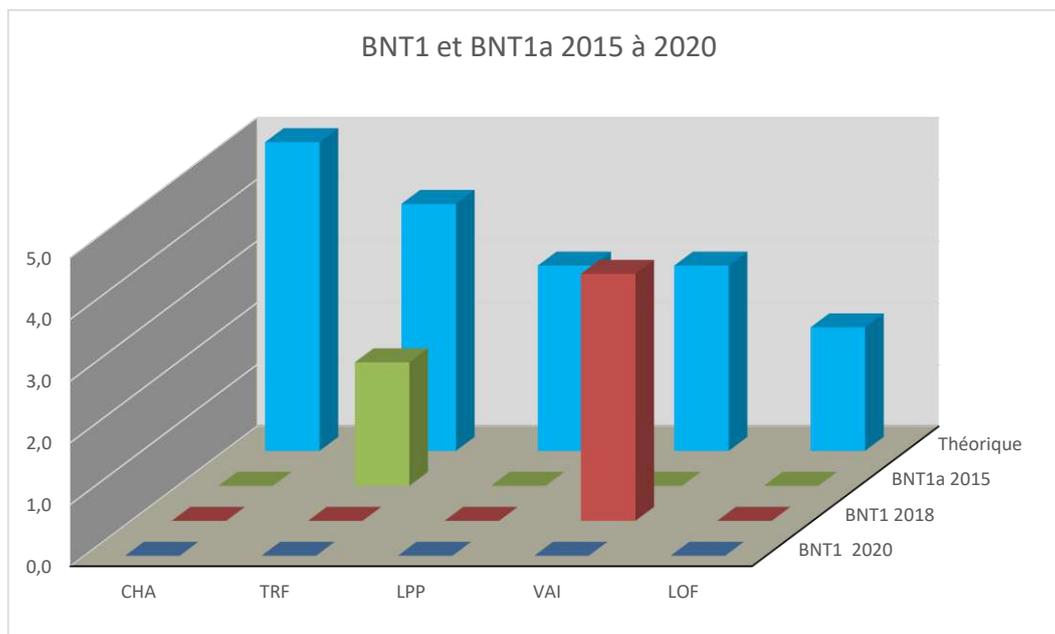


Figure 2 : Classes d'abondance observées par rapport au théorique sur la station Bernetton les Bonnets BNT1 en 2020

Sur ce site échantillonné en 2020, aucune capture sur les 60 ml de la station : un sondage rapide de trois autres petites fosses n'a pas permis la capture de poissons. Le cours d'eau a complètement séché en 2018 et en 2019 au cours de deux étés caniculaires et secs.

Le peuplement piscicole observé en juin 2018 avant l'été n'était composé que de vairons en abondance conforme avec le niveau théorique (Figure 2).

En juin 2015, la FDPMA42 avait fait un inventaire 600 m plus en amont (BNT1a : Bois Guyot) qui révélait la présence d'une population de truites avec un faible niveau (881 ind et 52 kg/ha). C'était déjà un milieu, bridé par les étiages, salmonicole très perturbé.

On voit qu'en 5 ans le peuplement piscicole du tronçon a disparu.

4.3.2.1 Station référence amont RN82 : Revoute La Varenne REV1 :

En 2008 quelques vairons avaient été capturés à peine 100 m plus en aval du site REV1.

En 2018 le milieu est quasiment apiscicole : on ne rencontre que des espèces issues des plans d'eau de Saint Marcel de Félines situés en tête de bassin (perche soleil, et pseudorasbora). Ce cours d'eau sèche en été et subit les rejets de la STEP de Saint Marcel. C'est un milieu salmonicole dégradé. Il n'y a pas eu d'inventaire en 2020.

4.3.2.2 Stations aval proches RN82, La Revoute Le Claveau REV2 et REV2b Croix Bleue :

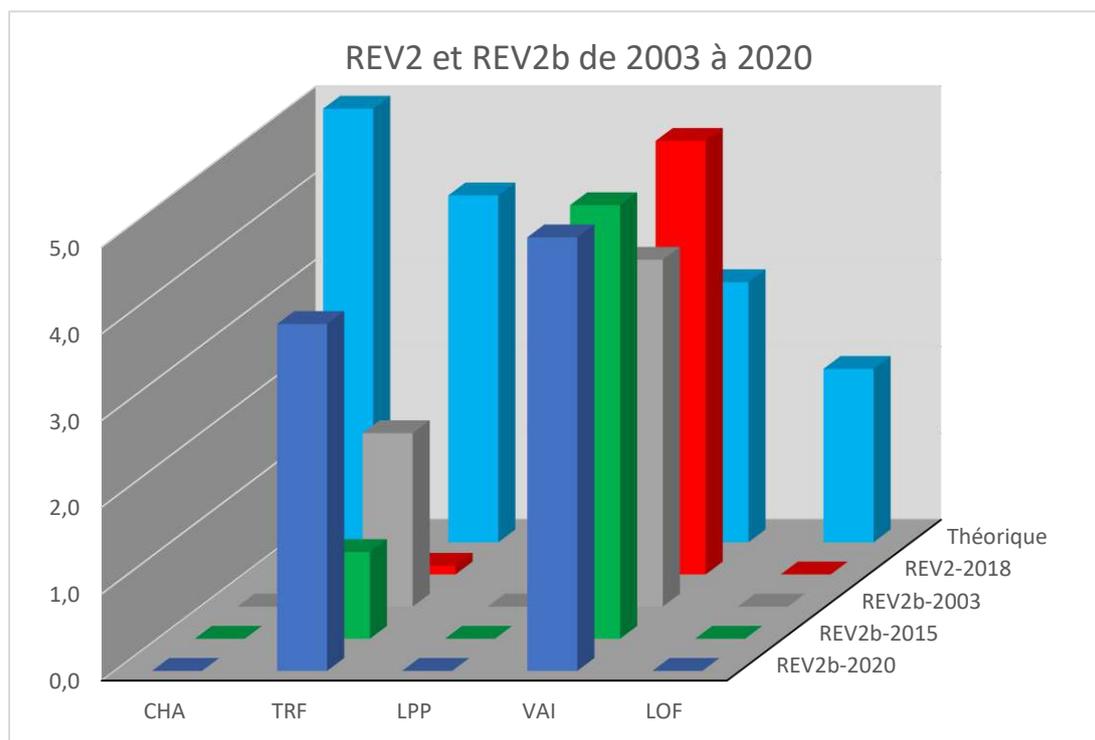


Figure 3 : Classes d'abondance observées par rapport au théorique sur la station Revoute Le Claveau REV2 et REV2b Croix Bleue

Depuis 2003, le peuplement est majoritairement dominé par les vairons dont les niveaux d'abondances sont élevés. En 2018, une seule truite a été capturée sur les 66 m échantillonnés du site REV2, à ce niveau là, le cours d'eau subit également des assecs importants et il est cloisonné par des obstacles infranchissables.

Des données existent un peu amont au niveau de Croix Bleue (REV2b). On voit qu'en mai 2003, avant la sécheresse, le peuplement était composé de truites (577 ind et 39 kg/ha). En 2015, la population de truite est à la baisse (Figure 3).

En 2020, sur ce site de Croix Bleue (REV2b), la population de truites est très importante et en forte hausse par rapport à 2015. **C'est le seul secteur épargné des assecs totaux estivaux.** La densité en vairons est également très élevée.

4.3.2.3 Station aval éloigné RN82 La Revoute Chassenay REV3 :

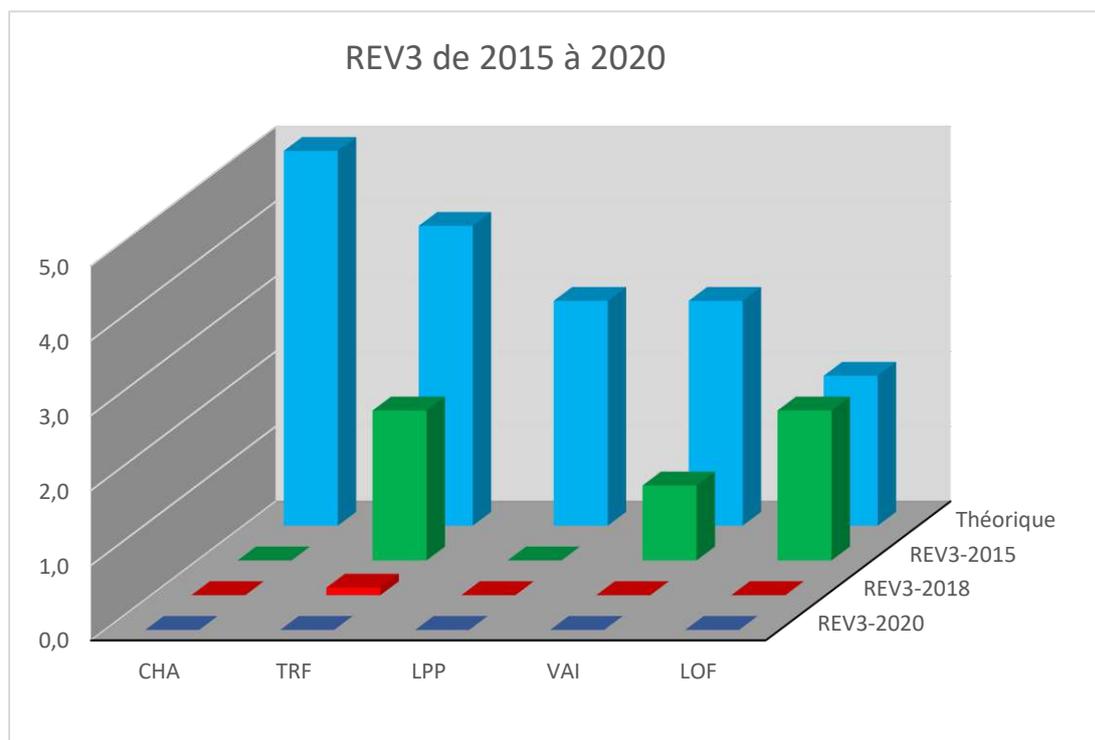


Figure 4 : Classes d'abondance observées par rapport au théorique sur la station Revoute Chassenay REV3

Sur le tronçon le plus aval proche du barrage de Villerest, **aucune capture en 2020** sur la station d'étude REV3. Des sondages sur plus de 500 ml n'ont permis que la capture de deux truites de 180/200 mm.

Cette situation s'est encore dégradée par rapport à celle de 2018 qui traduisait l'impact majeur des étiages et assecs des étés précédents (Figure 4). Une seule truite avait été capturée, avec quelques petits chevaines.

En juin 2015, le peuplement piscicole était pourtant composé de rares truites, mais aussi vairons et loches.

Bilan piscicole

En synthèse, à part en aval immédiat du tracé de la RN82, seul secteur ne séchant pas en été, le peuplement piscicole est quasi inexistant sur ce bassin versant de la Revoute

5 Bibliographie :

- BELLIARD, J. et Roset., ROSET, N. (2006). L'indice poisson rivière (IPR) : Notice de présentation et d'utilisation, CSP, Ed. Avril 2006, 20 pages.
- CARLE, F. L. & STRUB, M. R. (1978). A new method for estimating population size from removal data. **Biometrics** Vol. 34 : 621-630
- COSTE & ROSEBERY (2011) - Guide iconographique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées 2007 - Cemagref QEBX Bordeaux, 236 p
- DEGIORGI, F. et RAYMOND, JC. (2000). Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante. **Guide technique CSP** DR de Lyon, Agence de l'Eau RMC, septembre 2000, 196 pages + annexes.
- GRES, P. et SCARAMUZZI, M (2016). Etude piscicole et astacicole des bassins versants du SMAELT (Revoute, Bernand, Odiberts, Pouilly, Loise et Toranche, Soleillant et Garolet, départements de la Loire et du Rhône) préalable au Contrat de Rivières - Campagne 2015. Rapport FDAAPPMA42, sept 2016 ; 86 p.
- GRES, P. (2018) ; Suivis physico-chimique, hydrobiologique et piscicole des ruisseaux la Revoute, le Bernetton et le Bernand sur la période 2018- 2028 - Campagnes de l'année 2018 - **RAPPORT FD/PG- 12A-2018**.
- HYDRORESTORE (2018). HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT (2011) - Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa - A.R.G. Gantner verlag K.G., 908p.
- KEITH, P., PERSAT, H., FEUNTEUN, E. et AALARDI, J. (coords) (2011). Les Poisson d'eau douce de France. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 552 p.
- KINKELIN P. (de), MICHEL C, GHITTINO P., 1985, Précis de Pathologie des poissons, INRA/OIE, Paris 348 p.
- KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) - Bacillariophyceae 1.Teil : Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart., G. Fischerverlag. Band 2/1 : 876 p.
- KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1988) - Bacillariophyceae 2.Teil : Bacillariaceae, Epithemiceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart., G. Fischerverlag. Band 2/2 : 296 p.
- KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) - Bacillariophyceae 3.Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart., G. Fischerverlag. Band 2/3 : 600 p.
- KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) - Bacillariophyceae 4.Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart., G. Fischerverlag. Band 2/4 : 437 p.
- KRAMMER & LANGE-BERTALOT (2000) - Bacillariophyceae 5.Teil: English and French translation of the keys. Süßwasserflora von Mitteleuropa. **Spektrum Akademischer Verlag**.
- OBERDORFF, PONT, D., HUGUENY, B. et CHEssel, D. (2001). A probabilistic model characterizing riverine fish communities of French rivers: a frame work for environmental assessment, **Freshwater Biology**, 46: p. 399-415.
- OBERDORFF, T., PONT, D., HUGUENY, B. et PORCHER, J.P. (2002). Development and validation of a fish-based index (FBI) for the assessment of "river health" in France (F), **Freshwater Biology**, 47: 1720 -1735.
- OBERDORFF, T., PONT, D., HUGUENY, B., BELLIARD, J., BERREBI dit THOMAS, R., et PORCHER, J.P. (2002). Adaptation et validation d'un indice poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau français, **Bull, Fr, Pêche Piscic**, n°365-366, 2002-2,3 ; 405-433.
- PERSAT, H. et P. KEITH (1997). La répartition géographique des poissons d'eau douce en France : qui est autochtone, qui ne l'est pas. **Bull. Fr. Pêche Piscic**. (1997) 344/345 :15-32-15
- VERNEAUX, J. (1973). Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura), Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs, Essai de biotypologie, **Thèse Ann., Sci, Univ, Besançon**, 3 (9) 260 pages.
- VERNEAUX, J. (1976a). Biotypologie de l'écosystème eaux courantes, La structure biotypologique, Note, **CR Acad., Sc., Paris**, t 283, série D1663, 5 pages.
- VERNEAUX, J. (1976b). Biotypologie de l'écosystème « eaux courantes », Les groupements socio-écologiques, **Note, CR Acad., Sc., Paris**, t 283, série D1791, 4 pages.
- VERNEAUX, J. (1981). Les poissons et la qualité des cours d'eau, **Ann., Sci, Univ, Besançon, Biologie Animale**, 4 (2) : p. 33-41.