



HAL
open science

Suivi hydrobiologique du Rhône. CNPE de Cruas-Meysse. Résultats de l'année 2021

Georges Carrel, Marie-hélène Lizée, Alexis Marchandise, Robin Dadure, Eric Boucard, Stéphanie Fayolle, Gaït Archambaud-suard

► **To cite this version:**

Georges Carrel, Marie-hélène Lizée, Alexis Marchandise, Robin Dadure, Eric Boucard, et al.. Suivi hydrobiologique du Rhône. CNPE de Cruas-Meysse. Résultats de l'année 2021. INRAE, RECOVER, Aix-en-Provence. 2022, pp.221. hal-04625521

HAL Id: hal-04625521

<https://hal.inrae.fr/hal-04625521v1>

Submitted on 26 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License



Etude hydrobiologique du Rhône CNPE de Cruas-Meysse

Résultats de l'année 2021

**Georges Carrel¹, Marie-Hélène Lizée¹, Alexis
Marchandise¹, Robin Dadure¹, Eric Boucard³,
Stéphanie Fayolle-Sanna² & Gaït Archambaud¹**

Juillet 2022

- (1) UMR RECOVER
3275 Route Cézanne - CS 40061
13182 Aix-en-Provence Cedex 5
- (2) IMBE, Vulnérabilité Ecologique et Conservation
Faculté des Sciences St-Jérôme
Case 421 Av Escadrille Normandie Niémen
13 397 Marseille cedex 20
- (3) Agence Mosaique Environnement
111 rue du 1er Mars 1943
69100 Villeurbanne

Rédacteurs de ce rapport

Nom	Organisme
Georges Carrel	INRAE
Marie-Hélène Lizée	INRAE
Alexis Marchandise	INRAE
Robin Dadure	INRAE
Gaït Archambaud	INRAE
Stéphanie Fayolle-Sanna	Aix-Marseille Université
Eric Boucard	Mosaïque Environnement

Autres contributeurs de l'étude

Nom	Organisme
Raymond Virginie	INRAE
Ange Molina	INRAE
Dorian Milesi	INRAE
Julien Dublon	INRAE
Alexandre Ballaydier	Mosaïque Environnement
Antoine Pauly	Mosaïque Environnement
Gilles Grandval	Mosaïque Environnement

Remerciements

Les auteurs remercient également Yann Le Coarer

Pour citer ce rapport : Carrel Georges, Lizée Marie-Hélène, Marchandise Alexis, Dadure Robin, Fayolle-Sanna Stéphanie, Boucard Eric & Archambaud Gaït, 2022. Etude hydrobiologique du Rhône. CNPE de Cruas-Meyse. Résultats de l'année 2021. INRAE Aix-en-Provence, UMR RECOVER.

Mots-clés : Bas-Rhône médian, hydrobiologie, chroniques environnementales, centres nucléaires de production électrique, Cruas-Meyse, phytobenthos, macrophytes, macroinvertébrés, poissons.

Etude hydrobiologique du Rhône. CNPE de Cruas-Meysse. Résultats de l'année 2021

Carrel Georges, Lizée Marie-Hélène, Marchandise Alexis, Dadure Robin, Fayolle-Sanna
Stéphanie, Boucard Eric & Archambaud Gaït

Juillet 2022

Rédaction	Contrôle	Approbation
Noms	Noms – Visa - Date	Noms – Visa - Date
Carrel Georges Lizée Marie-Hélène Marchandise Alexis Dadure Robin Fayolle-Sanna Stéphanie Boucard Eric Archambaud Gaït	Carrel Georges Lizée Marie-Hélène Archambaud Gaït Visé le 20 juillet 2022	Carrel Georges Lizée Marie-Hélène Archambaud Gaït Visé le 20 juillet 2022

Table des matières

TABLES DES ILLUSTRATIONS	3
GLOSSAIRE.....	11
RESUME.....	13
Contexte hydroclimatique	13
Evaluation physico-chimique des eaux.....	13
Evaluation de la qualité biologique	14
1. INTRODUCTION	19
1.1. Objectifs	19
1.2. Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Cruas-Meysses	19
2. REALISATION DE LA SURVEILLANCE REGLEMENTAIRE.....	20
3. LE CONTEXTE HYDROCLIMATIQUE.....	25
3.1. Un constat global	25
3.2. Hydrologie.....	28
3.3. La température	29
4. L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX.....	33
5. LES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS	35
6. LE PHYTOPLANCTON	36
6.1. Méthodologie.....	36
6.2. Résultats.....	36
7. LE PHYTOBENTHOS.....	39
7.1. Méthodologie.....	39
7.2. Bioindication et calcul de l'Indice Biologique Diatomées.....	40
7.3. Les stations et dates d'échantillonnage	42
7.4. Résultats.....	42
7.5. Conclusion.....	48
8. LES MACROPHYTES	51
8.1. Préambule.....	52
8.2. Présentation de la zone d'étude.....	52
8.3. Méthodologie.....	52
8.4. Résultats des prospections	60
8.5. Conclusion.....	70
8.6. Bibliographie complémentaire	70
9. LA FAUNE BENTHIQUE	73
9.1. Localisation des points de prélèvements	73
9.2. Méthodologie.....	76
9.3. Conditions hydrologiques lors de l'échantillonnage en 2021	85
9.4. Observations annuelles et saisonnières des communautés.....	86
9.5. Qualité biologique du Rhône à Cruas-Meysses.....	95
9.6. Analyse de l'évolution interannuelle des peuplements	107
9.7. Conclusion.....	115

10. LA FAUNE PISCICOLE	119
10.1. Méthodes et stations d'étude	119
10.2. Résultats et discussion	123
10.3. Les pêches EPA pour le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR).....	141
10.4. Conclusion.....	149
11. CONCLUSION GENERALE	151
12. ANNEXES	154
12.1. La physico-chimie.....	154
12.2. Le phytobenthos	157
12.3. Les macrophytes	163
12.4. La macrofaune benthique.....	180
12.5. La faune piscicole	201
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	211

TABLES DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des relevés et linéaires des échantillonnages.	22
Figure 2 : Ecart thermique annuel à l'échelle du globe (températures terrestres et océaniques) par rapport à la température moyenne de référence calculée pour la période 1961-1990 (14.0 °C). Série temporelle compilée conjointement par le CRU (Climatic Research Unit) et le centre météorologique Hadley (UK Met Office Hadley Centre), disponible sur le site https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/	26
Figure 3 : Hydrologie et températures du Bas-Rhône médian. Débits moyens journaliers à Viviers (1er octobre 2018 – 31 décembre 2021, tracé bleu) et débits médians journaliers interannuels (1980-2021, trame bleu clair). Températures moyennes journalières en amont du CNPE du Tricastin (1er octobre 2018 – 31 décembre 2021, tracé rouge) et lissage interannuel (1980-2021, tracé vert).....	27
Figure 4 : Descripteurs de la chronique des températures enregistrées en amont du CNPE du Tricastin (données eDF-DTG). Dans la colonne de gauche, de haut en bas, le schéma récapitulatif des trois descripteurs calculés pour l'année précédente, la représentation pour l'année en cours et les profils thermiques lissés permettant de comparer l'année aux années moyenne et extrêmes (1980, 2003 et 2011). Dans la colonne de droite, de haut en bas, la chronique des dates de passage du seuil 12°C au printemps (C12s), du seuil automnal (C12a), et la somme des degrés-jours au-dessus de 12°C entre ces deux dates.	31
Figure 5 : Densités cellulaires totales du phytoplancton (en cell/L) en 2021.....	38
Figure 6 : Densités cellulaires des groupes phytoplanctoniques (en cell/L).	38
Figure 7 : Densités phytobenthiques totales (en cell/cm ²) sur les stations Amont et Aval	43
Figure 8 : Densités cellulaires des groupes d'algues benthiques (en cell/cm ²).....	43
Figure 9 : Pourcentage des différents groupes d'algues benthiques	44
Figure 10 : Localisation de la station Amont sur le Rhône	55
Figure 11 : Localisation de la station Aval sur le Rhône	57
Figure 12 : Evolution de l'indice IBMR de 2016 à 2020.	65
Figure 13 : Evolution de l'IBMR entre 2016 et 2021 sur la station Amont.....	67
Figure 14 : Evolution de la surface végétalisée de la station Amont.....	68
Figure 15 : Evolution de l'IBMR entre 2016 et 2020 sur la station Aval.....	69
Figure 16 : Evolution de la végétalisation de la station Aval.....	69
Figure 17 : Débits du Rhône à Viviers en 2021 et dates de relève des substrats artificiels à Cruas-Meysses.....	85
Figure 18 : Box-plots des valeurs de richesses taxonomiques et d'abondances (échelle logarithmique) et par station sur la chronique (1982-2021). Représentation des valeurs 2021 (♦). Campagnes de printemps (21 juin) à gauche et d'automne (11 octobre) à droite.	87
Figure 19 : Distribution des abondances des groupes d'invertébrés (Crustacés ; Diptères ; Oligochètes ; Autres groupes) en 2021 au printemps (campagne1) et à l'automne (campagne 2).....	89

Figure 20 : Distribution dans les stations et les types de prélèvements de la richesse taxonomique des groupes faunistiques lors des deux campagnes en 2021. GOLD = Gastéropodes, Oligochètes, Diptères (non exogènes) ; HET + LEP = Hétéroptères + Lépidoptères ; Inv = Invasifs = Crustacés, Mollusques, Achètes et Polychètes principalement ; P+E+T = Plécoptères + Epheméroptères + Trichoptères ; Autres = autres groupes.....	90
Figure 21 : Indices de Shannon et Simpson par station et par campagne (printemps en noir, automne en rouge).....	91
Figure 22 : Box-plots des valeurs IQBP maximisés sur la chronique (1982-2021), et représentation des valeurs obtenues en 2021 (Campagne de printemps ■ ; Campagne d'automne ●).....	97
Figure 23 : Comparaison des valeurs des notes d'IQBG/IQBP obtenues selon deux modes de calcul. A gauche, les indices maximisés prennent en compte les taxons uniques et invasifs. A droite, les indices standards où ces taxons sont exclus.....	98
Figure 24 : Chronique des moyennes IQBG/IQBP maximisés (avec prise en compte des taxons uniques et invasifs) par station depuis 1982.....	99
Figure 25 : Box-plots des valeurs des IBG estimées pour la chronique (1982-2021) et représentation des valeurs 2021 (Campagne printemps ■ ; Campagne automne ●).	101
Figure 26 : Chronique des moyennes des notes IBG des substrats artificiels pour les stations de 1982 à 2021.	101
Figure 27 : Evolution de la richesse taxonomique (barres) et de l'abondance relative (*, tracé rouge) des taxons invasifs/exotiques (Inv) regroupant les Crustacés et les Polychètes sur la chronique 1982-2021.	102
Figure 28 : Evolution de la richesse (barre) et de l'abondance relative (*, tracé rouge) des taxons polluo-sensibles (P+E+T : Plécoptères, Ephémères, Trichoptères) sur la chronique 1982-2021.	103
Figure 29 : Evolution de la richesse (barre) et de l'abondance relative (*, tracé rouge) des taxons polluo-résistantes (GOLDex) sur la chronique 1982-2021.	103
Figure 30 : Distribution des abondances relatives entre les différentes modalités des principaux traits biologiques (taille, âge, nombre de générations).	104
Figure 31 : Distribution des abondances relatives entre les différentes modalités des principaux traits physiologiques (thermie, trophie et saprobie).	105
Figure 32 : Distribution des abondances relatives entre les différentes modalités des principaux traits écologiques (vitesse de l'eau, préférence du microhabitat et mode de locomotion).	106
Figure 33 : Projection des taxons sur les deux premiers axes de l'ACP normée inter-années des abondances (Log N + 1) de 78 taxons (1982-2021).....	109
Figure 34 : Projection des stations par année sur les deux premiers axes de l'ACPn inter-années des abondances (Log N + 1) de 78 taxons (1982-2021).	109
Figure 35 : Coordonnées des stations sur le premier axe de l'ACP inter-années du suivi (1982-2021).....	110

Figure 36 : Coordonnées des stations sur le deuxième axe de l'ACP inter-années du suivi (1982-2021).....	110
Figure 37 : Projection des stations sur les deux premiers axes de de l'ACPn inter-années des abondances (Log N + 1) de 76 taxons (2004-2021).....	111
Figure 38 : Projection des taxons sur les deux premiers axes de l'ACP normée inter-années des abondances (Log N + 1) de 76 taxons (2004-2021).....	112
Figure 39 : Coordonnées des stations sur le premier axe de l'ACP inter-années du suivi (2004-2021).....	113
Figure 40 : Abondances de deux taxons (Janiridae et Caenidae) présentant de fortes contributions à la constitution de l'axe 1. Effectifs (LOG N+1) au cours du temps (ligne du haut) et en fonction des coordonnées des années sur l'axe (ligne du bas). Station Amont : couleur bleue. Station Aval : couleur verte.....	113
Figure 41 : Coordonnées des stations sur le deuxième axe de l'ACP inter-années du suivi (2004-2021).....	114
Figure 42 : Abondances de deux taxons (Corophiidae, Hydrobiidae) présentant de fortes contributions à la constitution de l'axe 2. Evolution interannuelle des effectifs (LOG N+1). Station Amont : couleur bleue. Station Aval : couleur verte.....	115
Figure 43 : Abondances de deux taxons (Corbiculidae et Chironomidae) présentant de fortes contributions à la constitution de l'axe 2. Evolution interannuelle des effectifs (LOG N+1). Station Amont : couleur bleue. Station Aval : couleur verte.....	115
Figure 44 : Localisation des points de pêche (EPA) réalisés les 22 et 23 novembre 2021 dans les stations AMONT et AVAL, sensiblement distantes de 6 km. Les linéaires à l'amont sont de 1010 m en rive gauche (RG) et de 1040 m en rive droite (RD). A l'aval, ils sont de 1310 m (RG) et de 1180 m (RD). Les points rouges correspondent à des EPA positifs (i.e. avec au moins un individu capturé). Les points blancs signalent les EPA nuls (i.e. aucune capture).	121
Figure 45 : Analyse en Composantes Principales Normée (ACPn) Inter-Années biologiques des effectifs corrigés des 144 taxons définis selon le découpage en classes de taille. Le tableau regroupe 295 pêches électriques du suivi piscicole du Rhône au droit du CNPE de Cruas-Meyssse (stations Amont et Aval, période 1983-2021). Représentation de la décomposition de la variabilité (en haut, à droite). Représentation fonctionnelle en fonction des années biologiques des coordonnées factorielles des pêches pour les trois axes principaux. Les tendances générales sont exprimées par les courbes liant les points « moyens » de l'ACPn inter-années (en noir).....	132
Figure 46 : Relation associant les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP à leurs richesses taxonomiques et leurs effectifs totaux. En vert, les campagnes de printemps. En orange, les campagnes automnales.....	132
Figure 47 : Evolution interannuelle de la richesse taxonomique dans la retenue de Montélimar, exprimée par saison (automne et printemps). Regroupement des effectifs des stations Amont et Aval.....	133
Figure 48 : Relation linéaire entre les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP (CS1) et les effectifs des jeunes chevaines (tailles comprises entre 30 et 90 mm –	

taxons 2 et 3). En vert, les campagnes de printemps. En orange, les campagnes automnales.	133
Figure 49 : Evolution temporelle des effectifs (moyenne par année biologique) des petits poissons (LT<90 mm, en orange) et des grands poissons (LT≥150mm, en bleu).....	134
Figure 50 : Relation associant les coordonnées factorielles des pêches sur le deuxième axe de l'ACP (CS2) et les effectifs totaux des gardons. En vert, les campagnes de printemps. En orange, les campagnes automnales.	135
Figure 51 : Evolution inter-années biologiques des effectifs corrigés (n/20 mn) des chevaines capturés dans la retenue de Montélimar. Les trois groupes correspondent approximativement aux jeunes de l'année (âge 0+), aux juvéniles de l'année n+1 (âge 1+) et aux individus plus âgés et notamment les adultes. Polynômes d'ordre 2, et limites de confiance.	136
Figure 52 : Distributions de 1000 notes IPR calculées par tirages aléatoires de 90 EPA parmi les 100 réalisés dans chaque station pour les années 2016 à 2021.	144
Figure 53 : Distributions des notes IPR+ obtenues à partir de 10 000 simulations des métriques d'abondance et de richesse sélectionnées pour chaque campagne. Pour chaque année, le point représente la moyenne de ces 10 000 itérations (c'est-à-dire la note IPR+) et la barre verticale représente l'écart-type de chaque distribution.	148

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Coordonnées géographiques (Lambert 93) de la station multiparamétrique EDF (SMP) située en amont du CNPE du Tricastin.....	21
Tableau II : Coordonnées géographiques (Lambert 93) des points de prélèvements ponctuels	21
Tableau III : Coordonnées géographiques (Lambert 93) des points de positionnement des substrats artificiels (SA).	21
Tableau IV : Planning des relevés de l'année 2021.....	23
Tableau V : Débits moyens mensuels de la période 1980-2021 et des cinq dernières années. Coefficients mensuels de débit calculés au regard des moyennes mensuelles de la période 1980-2021.....	28
Tableau VI : Températures moyennes enregistrées pour la France (données Météo France) et écarts à la moyenne de référence (1981-2010).	29
Tableau VII : Températures moyennes mensuelles du Rhône à l'amont du CNPE du Tricastin au cours de la période 1980-2021 et des cinq dernières années. Ecart thermique calculés au regard des moyennes mensuelles de la période 1980-2021.	30
Tableau VIII : Valeurs ponctuelles de Chlorophylle a et phéopigments enregistrées mensuellement aux deux stations de Cruas. Application de la norme NF T90-117 Décembre 1999.	35
Tableau IX : Inventaire, richesse spécifique et densités cellulaires totales (cell/L) des espèces phytoplanctoniques.....	37
Tableau X : Définition des classes de qualité DCE (HER Méditerranée très grands cours d'eau) d'après le Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées	

NF T90-354 (2000) et le Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) de mars 2016.	42
Tableau XI : Pourcentage des groupes d'algues benthiques	44
Tableau XII : Inventaire et densités cellulaires du phytobenthos en amont et aval de Cruas. ...	45
Tableau XIII : Calcul des indices IBD et IPS à l'aide du logiciel Omnidia.	48
Tableau XV : Surfaces des différentes zones sur les deux stations	60
Tableau XVI : Présentation des résultats synthétiques des IBMR. Pour rappel, une faible valeur d'indice indique un niveau trophique très élevé mais ne signifie pas forcément une dégradation de la qualité du milieu.	63
Tableau XVII : Récapitulatif des poses et relèves des substrats artificiels, campagnes 2021. ...	78
Tableau XVIII : Synthèse des différents types d'herbiers prélevés pour les campagnes printemps et automne 2021.	79
Tableau XIX : Synthèse des différents types de sédiments prélevés pour les campagnes de juin et octobre 2021.	80
Tableau XX : Abondances relatives des principaux groupes faunistiques (cumul des deux campagnes 2021).....	88
Tableau XXI : Indices IQBG et IQBP maximisés des stations de Cruas-Meysses, des deux campagnes 2021. Les individus uniques et les taxons exotiques sont pris en compte dans le calcul des indices.	95
Tableau XXII : Résultats des notes de type IBG à partir de l'ensemble des prélèvements.	100
Tableau XXIII : Contexte physique au cours des campagnes de pêches LCR. De gauche à droite, la campagne et la date, la station, le débit moyen journalier à Viviers, et les autres relevés réalisés lors de la pêche (température de l'eau, oxygène dissous, transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi).	122
Tableau XXIV : Contexte physique au cours des campagnes de pêches EPA. De gauche à droite, la date, la station, la section (RET = retenue, CAF = canal de fuite, RCC = Rhône court-circuité), la rive pêchée, le débit moyen journalier à Viviers, les autres relevés réalisés lors de la pêche (température de l'eau, oxygène dissous, transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi).	123
Tableau XXV : Liste des familles et espèces capturées sur la retenue de Montélimar (secteur de Cruas-Meysses). Résultats généraux pour la chronique 1983-2021. Abondances relatives (en %) par station et pour la retenue de Montélimar. En orangé, les espèces non mises en classes de taille pour les analyses multivariées de la chronique. Les trames colorées sont basées sur les classes suivantes : n% > 5 (vert foncé), 5 > n% > 1 (vert clair), 1 > n% > 0.1 (incolore) et n% < 0.1 (jaune clair).	126
Tableau XXVI : Liste des familles et espèces capturées sur la retenue de Montélimar (secteur de Cruas-Meysses). Résultats généraux pour la chronique 1983-2021. Abondances corrigées (effort de pêche de 20 minutes) par station et pour la retenue de Montélimar. En jaune orangé, les espèces non mises en classes de taille pour les analyses multivariées de la chronique.....	127

Tableau XXVII : Liste des 17 espèces allochtones existantes sur l'axe rhodanien. En orangé, les espèces originaires d'Amérique du Nord. En vert, les espèces originaires du bassin du Danube. En bleu, le goujon asiatique, espèce autochtone en Asie.	128
Tableau XXVIII : Occurrence des espèces capturées sur la retenue de Montélimar (secteur de Cruas-Meysses) au cours de la chronique 1983-2021, pour la totalité du secteur (%TOTAL : 295 pêches), la station amont (%CAMT : 148 pêches) et la station aval (%CAVL : 147 pêches). Les espèces présentant une différence d'occurrence importante entre les deux stations sont surlignées en couleur (bleu quand l'amont enregistre une occurrence forte par rapport à l'aval, vert quand il s'agit de l'inverse).....	129
Tableau XXIX : Découpage taxonomique d'une espèce (ESP) sur la base des classes de taille. Les taxons 1 à 3 regroupent approximativement tous des jeunes de l'année.	131
Tableau XXX : Répartition des effectifs médians par pêche de trois classes de taille de chevaine au cours de trois périodes. Les cases en jaune signalent des valeurs significativement différentes des autres ($p < 0.05$). Test de rang de Kuskal-Wallis.....	137
Tableau XXXI : Résultats annuels 2021 des pêches sur la retenue de Montélimar par campagnes, effectifs bruts, effectifs corrigés pour un effort de pêche de 20 minutes et abondances relatives.	139
Tableau XXXII : Caractéristiques environnementales nécessaires pour le calcul de l'IPR (a) et bornes fixées pour l'établissement des classes de qualité (b) (NF T90-344, 2011).	141
Tableau XXXIII : Résultats des pêches par EPA dans les stations Amont et Aval du canal de la retenue de Montélimar. Effectifs totaux et richesses spécifiques sur la base de 100 EPA par station (50 EPA par rive). EPA(-) et EPA(+) indiquent respectivement les nombres de points nuls et non nuls par rive.	141
Tableau XXXIV - Valeurs des sept métriques des Indices Poissons Rivières obtenues à partir des 100 EPA. Norme NF T 90-344 (100 EPA).....	143
Tableau XXXV : Caractéristiques environnementales nécessaires pour le calcul de l'IPR+	145
Tableau XXXVI : Valeurs des dix EQR relatives aux métriques prises en compte pour le calcul de l'IPR+. Pour chaque campagne, les six métriques les plus déclassantes (2 métriques d'abondance et 4 métriques de richesse) sont surlignées en jaune clair.....	147
Tableau XXXVII : Probabilité (exprimée en pourcentage) pour l'IPR+ d'appartenir aux 5 classes de qualité. Pour chaque campagne, sont indiquées sur les trois dernières lignes, la moyenne et l'écart type caractérisant la distribution des 10000 valeurs simulées, ainsi que la classe de qualité correspondante.....	148
Tableau XXXVIII - Regroupement des notes de qualité obtenues à partir des quatre compartiments biologiques. IBD : Indice Biologique Diatomées. IPS : Indice de Pollution-Sensibilité Spécifique. IBMR : Indice Biologique Macrophytique en Rivière. IQBP : Indice de Qualité Biologique Potentielle (maximisé). IQBG : Indice de Qualité Biologique Globale (maximisé). IBG : Indice Biologique Global (estimé). IPR : Indice Poisson Rivière. Les couleurs attribuées aux IQBP sont basées sur celles des notes IBGN (Norme NF T90-350). Bleu : état Très bon. Vert : état Bon. Jaune : état Moyen. Orange : état Médiocre. Rouge : état Mauvais.	152

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Gabarit de surface à broser (20 cm ²).....	39
Photo 2 : Exemple de bloc brossé. Photo INRAE	39
Photo 3 : Illustration des éléments granulométriques sélectionnés pour l'échantillonnage du phytobenthos et des zones prélevées. Photos INRAE.....	40
Photo 4 : Station AMONT en rive gauche en 2021. © Mosaïque Environnement.....	56
Photo 5 : Station AVAL en rive droite en 2021. © Mosaïque Environnement.....	56
Photo 6 : Examen de pied de berges. © Mosaïque Environnement	58
Photo 7 : Digue longitudinale d'un casier Girardon parallèle à la berge sur la station amont. © Mosaïque Environnement.....	61
Photo 8 : Berge en rive gauche de la station aval (à gauche en 2020, à droite en 2021). © Mosaïque Environnement.....	62
Photo 9 : À gauche berge de la station amont rive gauche : on peut apercevoir au premier plan des herbiers aquatiques (<i>Stuckenia pectinata</i>) puis au second plan des héliophytes (<i>Phragmites australis</i> et <i>Carex acuta</i>) ; à droite, <i>Cladophora</i> sp. observée en 2021 mais pas en 2020 © Mosaïque Environnement.	64
Photo 10 : Vue sur la rive droite de la station aval, développement important d'herbiers de phanérogames dominés par le Potamot pectiné. © Mosaïque Environnement.....	65
Photo 11 : Rhône aval : <i>Potamogeton perfoliatus</i> et <i>Vallisneria spiralis</i> , phanérogames se développant en zone de berges sur substrat sableux nouvellement déposé. © Mosaïque Environnement.	66
Photo 12 : Vue de la berge en rive droite de la station amont en 2020 (à gauche) et en 2021 (à droite). En 2020, l'étiage était bien marqué et les héliophytes n'ayant plus les pieds dans l'eau n'étaient pas notés dans l'IBMR, alors que le niveau d'eau plus haut en 2021 a permis leur prise en compte dans l'IBMR. © Mosaïque Environnement.	67
Photo 13 : Vue générale du secteur avec localisation des Substrats Artificiels (codés SA) dans les stations Cruas Amont et Cruas Aval.	73
Photo 14 : Localisation des sites d'échantillonnage d'invertébrés par pose de Substrats Artificiels (SA), prélèvements d'Herbiers (HER) et de Sédiments (SED) à Cruas Amont (en vert campagne de printemps, en orange campagne d'automne).	74
Photo 15 : Localisation des sites d'échantillonnage d'invertébrés par pose de Substrats Artificiels (SA) et prélèvements d'Herbiers et de Sédiments à Cruas Aval (en vert campagne de printemps, en orange campagne d'automne).....	75
Photo 16 : Pose des substrats artificiels de type Verneaux - photos INRAE	76
Photo 17 : Relève des substrats - photos INRAE	77
Photo 18 : Lavage des substrats artificiels et nettoyage des brosses - photos INRAE	77
Photo 19 : Pour illustration, prélèvement des herbiers à Cruas 2019 - photos INRAE	78
Photo 20 : Prélèvement des sédiments, photos INRAE.....	79
Photo 21 : Étapes de rinçage, tamisage et tri au laboratoire pour identifier et dénombrer les invertébrés. Photos G. Archambaud, INRAE.	81

GLOSSAIRE

AFB : Agence Française pour la Biodiversité (devenue OFB)

ASN : Autorité de Sureté Nucléaire

Cemagref : Créé en 1981, le Centre d'Etude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts a remplacé le CTGREF. Il est devenu Irstea, Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture lors de son 30^{ième} anniversaire en novembre 2011.

CNR : Compagnie Nationale du Rhône

CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Electricité

CRU : Climatic Research Unit - University of East Anglia. Ce centre de recherche est reconnu comme l'un des leaders dans l'étude des changements naturels et anthropiques du climat.

CTGREF : Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts. Cet organisme a été remplacé par le Cemagref en 1981.

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

EPA : Echantillonnage Ponctuel d'Abondance

GIS : Groupement d'Intérêt Scientifique

HYDRO : banque nationale de données hydrologiques. <http://hydro.eaufrance.fr/>

IBGA : Indice Biologique Global Adapté

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé

IBD : Indice Biologique Diatomées

IBMR : Indice Biologique Macrophytique en Rivière

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. Nouvel institut à compter du 1^{er} janvier 2020, résultant de la fusion de l'INRA et de l'IRSTEA.

IPR : Indice Poisson Rivière

IPS : Indice de polluosensibilité spécifique (IPS) basé sur les peuplements de diatomées

IQBP : Indice de Qualité Biologique Potentielle fondé sur un échantillonnage des invertébrés aquatiques à partir de substrats artificiels.

IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. L'institut a fusionné avec l'INRA en janvier 2020.

MO : Matière Organique

NOAA : Agence fédérale américaine National Oceanic and Atmospheric Administration

OFB : Office Français de la Biodiversité (substitué à AFB en 2020)

ONEMA : Office National de l'Eau et des milieux Aquatiques (devenu AFB puis OFB au 1^{er} janvier 2020).

PK : Point Kilométrique. Sur le Rhône, les kilomètres sont comptabilisés à partir de la confluence de la Saône à Lyon.

RCC : Rhône Court-circuité. Ancienne section fluviale parfois appelée vieux-Rhône, court-circuitée par l'aménagement hydroélectrique et alimentée en dehors des périodes de crues par un débit réservé.

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

SA : Substrats Artificiels

SEQ-Eau : Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'Eau

VCN3 : débit minimal sur 3 jours consécutifs

RESUME

Depuis août 1982, la surveillance hydroécologique du fleuve Rhône au droit du Centre Nucléaire de Production Electrique EDF de Cruas-Meysses a permis d'évaluer l'évolution intra et inter-annuelle de la qualité du milieu fluvial. Ce rapport présente les résultats obtenus au cours de l'année 2021 et les replace en regard des chroniques biologiques existantes sur ce secteur fluvial.

Du fait de la modification des arrêtés depuis les études initiales et de la réglementation quant aux méthodes et normes pour l'évaluation de la qualité biologique du milieu fluvial, le suivi hydrobiologique actuel intègre quatre compartiments biologiques : le phytoplancton et le phytobenthos, les macrophytes aquatiques, les macroinvertébrés et les poissons.

Contexte hydroclimatique

En France métropolitaine, avec une température moyenne annuelle de l'air de 12,9°C, et de +0,4°C supérieure à la moyenne de référence 1981-2010, l'année 2021 est globalement plus proche de la normale. Mais elle a été extrêmement contrastée, alternant des périodes douces et froides en toute saison. Les mois de février, juin et septembre, ont été classés parmi les dix plus chauds depuis 1900. La douceur du mois de décembre 2021, du même ordre que décembre 2020, conforte la tendance vers des hivers de plus en plus doux.

Ces écarts climatiques ont entraîné des alternances de basses et hautes eaux, décalées au regard d'un régime hydrologique normal. Parmi les épisodes remarquables, il faut citer de faibles débits au cours des mois de mars et d'avril, suivis de hautes eaux estivales et de crues ($Q > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$) en mai et juillet avant la progressive instauration d'un étiage automnal prolongé.

En 2021, les températures fluviales en amont du CNPE ont ainsi oscillé entre un minima et un maxima proches des quantiles 5% (5,8°C) et 95% (23,2°C) de ces deux dernières décennies (2000-2021), sans températures extrêmes, que ce soit en période froide ou chaude. La fraîcheur des eaux en mai, juillet et août, en constitue l'élément principal.

Evaluation physico-chimique des eaux

Les analyses physico-chimiques sont assurées par le laboratoire d'analyse des eaux de la Société du Canal de Provence.

En 2021, les analyses physicochimiques des eaux du Rhône aux deux stations ont été effectuées à six reprises, 3 février, 7 avril, 3 juin, 3 août, 6 octobre et 2 décembre. Les analyses ont porté sur l'ensemble des paramètres suivants : température de l'eau, oxygène dissous, pH, conductivité, Carbone Organique Dissous, demande chimique en oxygène (DCO), mesure d'oxydabilité au permanganate, DBO5, turbidité, matières en suspension, silicates, azote Kjeldhal, ammonium, nitrites, nitrates, phosphore total, orthophosphates. Deux fois dans l'année, des analyses complémentaires ajoutent les paramètres suivants : Calcium, Magnésium,

Potassium, Sulfates, Chlorures, Sodium, Hydrogénocarbonates, Titre Alcalimétrique Complet et Dureté totale ; analyses réalisées les 7 avril et 3 août.

L'ensemble des résultats d'analyses physico-chimiques 2021 confirme les caractéristiques minérales de l'eau du Rhône et les fluctuations saisonnières signalées dans le rapport de la synthèse décennale éditée en 2018.

Aucun des paramètres chimiques mesurés en 2021 ne met en évidence de différence entre l'amont et l'aval de la retenue de Montélimar. Ces paramètres ne permettent pas d'établir une influence potentielle des activités du CNPE de Cruas-Meysse sur le Rhône.

Evaluation de la qualité biologique

Les pigments chlorophylliens

Sur le Rhône et ce tronçon fluvial, les teneurs en Chlorophylle a sont habituellement faibles, inférieures à 2,5 µg/L. Il s'avère qu'en 2021, pendant des périodes de faibles débits (en avril et septembre), les concentrations en Chlorophylle a ont dépassé cette valeur : 4,1 µg/L en aval le 7 avril et 7 µg/L le 1^{er} septembre à l'amont. Les valeurs atteintes ne sont cependant pas significatives de signes d'eutrophisation. Malgré de notables différences hydrauliques entre l'amont et l'aval, les teneurs observées à une date donnée restent similaires entre les stations.

Le phytoplancton

Les algues en dérive, ou phytoplancton, ont été étudiées lors de deux campagnes d'échantillonnage réalisées le 21 juin et le 6 septembre 2021, aux stations Amont et Aval, en rive droite, identiques à celles des prélèvements de macroinvertébrés.

Les valeurs des densités phytoplanctoniques varient entre les deux dates de prélèvement pour les deux stations amont-aval du CNPE de Cruas-Meysse. Les densités phytoplanctoniques les plus basses (2 360 cell/L) ont été enregistrées le 22 juin 2021 à l'aval ; les plus fortes l'ont été à l'amont (6 000 cell/L) le 6 septembre 2021. Les densités cellulaires augmentent pour les deux stations au mois de septembre mais correspondent à des valeurs phytoplanctoniques relativement faibles.

Le groupe phytoplanctonique le plus abondant est celui des Diatomées dans les deux stations en juin et sur la station amont en septembre 2021. Pour la station aval en septembre 2021, le groupe le mieux représenté est celui des cyanobactéries (2 480 cell/L) au détriment des diatomées (2 240 cell/L). Le dénombrement cellulaire des cyanobactéries met en évidence des valeurs relativement faibles, nettement inférieures au seuil critique fixé à 20 000 cell/mL et par conséquent ne laisse présager un quelconque épisode d'efflorescences. Aucun développement phytoplanctonique excessif n'a été constaté sur la retenue de Montélimar.

Le suivi réalisé en période estivale a montré une augmentation du nombre de cellules au sein des communautés phytoplanctoniques au mois de septembre 2021, liée à la saisonnalité. Il ne permet pas de déceler une influence des activités du CNPE sur le compartiment phytoplanctonique.

Le phytobenthos

L'échantillonnage du phytobenthos a été réalisé les 21 juin et 6 septembre 2021 par des prélèvements sur les substrats durs localisés en rive droite, au droit des espars amont et aval utilisés pour la pose des substrats artificiels.

En regroupant les deux stations, la richesse spécifique totale s'élève à 66 espèces inventoriées réparties en 56 diatomées, 6 chlorophycées, 2 cyanobactéries, 1 chrysophyte et 1 euglénophyte.

Les densités cellulaires phytobenthiques sont légèrement plus élevées sur la station amont et atteignent la valeur maximale de 2 194 cell/cm² en septembre 2021 (contre 3 804 cell/cm² en juin 2020).

Les indices IBD et IPS ont été évalués avec le Logiciel Omnidia. Les notes obtenues pour l'IBD oscillent entre 12,5/20 (station aval en septembre 2021) et 13,6/20 (station amont en septembre 2021). Les notes de l'IPS sont entre 11,9/20 à l'aval et 12,7/20 à l'amont en septembre. Les valeurs de l'IBD indiquent une classe de qualité biologique bonne en station amont au mois de septembre et passable aux stations amont (juin 2021) et aval (juin et septembre 2021) avec une eutrophisation modérée pour l'ensemble des quatre relevés.

L'étude réalisée n'a pas permis d'identifier une influence des activités du CNPE sur les communautés phytobenthiques.

Les macrophytes aquatiques

L'étude des macrophytes a été réalisée par Monsieur Eric Boucard et son équipe de l'Agence Mosaique-environnement.

Les suivis floristiques de la végétation aquatique (IBMR) conduits lors de cette campagne 2021 ont permis de mettre en évidence des niveaux de trophie différents entre les deux stations du Rhône : 8,25 en amont et 6,71 en aval du CNPE. Les années précédentes, les niveaux trophiques étaient très élevés pour les deux stations sauf en 2016. La situation observée est donc très proche de celle de 2016.

Les pourcentages de végétalisation des berges amont ont bien diminué par rapport aux années précédentes tandis que ceux proches du chenal restent stables au cours des années. A contrario le pourcentage de végétalisation en aval a fortement augmenté depuis 2020 par rapport aux années précédentes.

L'étude ne met pas en exergue une influence des activités du CNPE sur les communautés macrophytiques.

La faune benthique

Le peuplement en 2021 est constitué de treize groupes avec majoritairement des Crustacés exotiques : les Crustacés *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, *Limnomysis benedeni* et *Corophium sp.* d'origine ponto-caspienne ; cette année 2021 est marquée par le premier recensement du Polychètes exogène d'origine ponto-caspienne *Manayunkia caspica*. Les Oligochètes, les Crustacés, les Diptères et les Gastéropodes représentent plus de 98% du peuplement en termes d'abondance. D'autres exogènes composent le peuplement 2021 : le

Polychète *Hypania invalida* d'origine ponto-caspienne, ou encore les Mollusques du genre *Corbicula* (Asie) ou *Potamopyrgus* (Nouvelle Zélande).

Chez les Mollusques, l'espèce autochtone *Theodoxus fluviatilis* (famille Neritidae) est encore une fois abondante cette année. Les insectes sont échantillonnés mais peu représentés, exceptés les Diptères notamment Orthoclaadiinae. Quelques individus des ordres des Ephéméroptères, Trichoptères, Coléoptères, Odonates ainsi que trois Plécoptères du genre *Leuctra* ont tout de même été récoltés en 2021.

Les indices de diversité et de similitude (Shannon, Simpson) confirment la grande fragilité de l'hydrosystème face aux différentes pressions anthropiques et hydroclimatiques. Ils traduisent également l'absence d'habitats biogènes dans ce tronçon chenalisé, un peuplement dominé par quelques espèces à reproduction rapide et à cycle de vie court (Crustacés *Hemimysis*, *Jaera*, *Corophium* et Polychètes *Hypania*).

Les indices de types IQBP (Indice de Qualité Biologique Potentielle) maximisés indiquent des notes mauvaises à bonnes, révélant une qualité du système biologique dégradée sur l'ensemble du site, et confirment une altération globale particulièrement marquée depuis le début des années 2000. Bien que la station Amont ait obtenu une note IQBP de 11/20 au printemps, cette exception relève d'un unique Plécoptère du genre *Leuctra*.

L'analyse multivariée interannuelle du peuplement au cours de la période récente 2004-2021 a identifié trois périodes successives (2007-2008, 2011-2012, 2015-2021) traduites par des structures faunistiques différentes au sein du peuplement. La rupture entre 2011 et 2012 est consécutive à la baisse progressive voire quasi-disparition de plusieurs taxons au cours de la première période, et une banalisation accrue du peuplement au cours des sept dernières années par la dominance des espèces les plus ubiquistes¹, capables de s'adapter aux conditions des tronçons aménagés.

L'année 2021 s'inscrit dans la continuité des changements observés après 2012.

La qualité biologique légèrement supérieure à l'amont est vraisemblablement due à la plus grande diversité des habitats dans cette section lotique de la retenue proche du Vieux Rhône, comparativement à l'aval de la retenue, beaucoup plus lentique et homogène.

Dans ce contexte, les différences observées entre l'amont et l'aval ne permettent pas d'identifier d'influence du CNPE sur les communautés d'invertébrés aquatiques.

La faune piscicole

En se référant à l'ensemble des campagnes de pêches réalisées depuis 1983 sur les stations Amont et Aval, et en considérant le référentiel taxonomique actuel, le peuplement piscicole de la retenue de Montélimar est caractérisé par la présence de **38 espèces** réparties au sein de **19 familles**. Neuf espèces de l'ancienne famille des cyprinidés, appartenant aux familles des Cyprinidae (barbeau fluviatile), Gobionidae (goujon et goujon asiatique) et Leuciscidae (ablette,

¹ Un ubiquiste est un organisme vivant que l'on rencontre partout. Une espèce est ubiquiste lorsqu'elle se maintient dans plusieurs biotopes tout en occupant des niches écologiques variées, éventuellement avec une distribution géographique étendue.

gardon, chevaine, brème bordelière, hotu et spirlin) comptent parmi les plus abondantes (>1,5%) et représentent un peu plus de 92% des effectifs.

Comparativement aux valeurs moyennes de la chronique, les données des quatre campagnes de pêche de l'année 2021 sont plutôt contrastées ; à la fois en termes de richesse (25 espèces en 2021 vs 38 espèces inventoriées sur le secteur entre 1983 et 2021) et de répartition des abondances relatives des espèces.

Parmi les changements structurels, il faut citer (1) la forte baisse de la représentativité du gardon (3,3% en 2021 vs 19,8% sur la chronique) malgré la présence de jeunes individus qui témoigne de sa reproduction ces dernières années ; (2) la dominance toujours marquée de l'ablette (45,9% vs 36%) ; (3) l'augmentation de l'abondance relative du spirlin (10,8% vs 2,5%) ; et (4) la poursuite d'une colonisation « efficace » par le goujon asiatique (12,4% vs 2,1%).

Enfin, les pêches par EPA, réalisées le 23 novembre², ont permis d'échantillonner 14 espèces (637 individus) à l'amont et 14 espèces (158 individus) à l'aval. Le calcul de l'IPR a attribué une qualité « bonne » à l'amont et à l'aval pour la campagne 2021.

L'Indice Poisson Rivière ne permet pas d'identifier une influence des activités du CNPE sur les communautés piscicoles de la retenue de Montélimar.

Conclusion

Les différences amont/aval, identifiées à partir des compartiments biologiques, sont globalement attribuées à une disparité en termes de diversité d'habitats, elle-même conditionnée par le contexte hydraulique de chaque station, et les évolutions climatiques actuelles. Les effets prédominants de l'aménagement hydraulique et des activités anthropiques existantes en amont ne nous permettent pas d'isoler les effets spécifiques et potentiels qui pourraient être attribués au fonctionnement du CNPE.

Mots-clés : Bas-Rhône médian, hydrobiologie, chroniques environnementales, centres nucléaires de production électrique, Cruas-Meyssse, phytobenthos, macrophytes, macroinvertébrés, poissons.

² Cette campagne tardive fait suite à des problèmes techniques sur notre bateau ayant interrompu la campagne de septembre.

1. INTRODUCTION

1.1. Objectifs

Le suivi hydroécologique du fleuve au droit du CNPE de Cruas-Meyssse a débuté lors de l'étude initiale en 1980, antérieure à la mise en service du site industriel. Il a été poursuivi en accord avec les indications et évolutions réglementaires du cahier des charges des arrêtés de rejet ou les décisions de l'ASN. Il a pour but de s'assurer que le fonctionnement du site ne génère pas de dégradation environnementale entre l'amont et l'aval du CNPE.

Ce document regroupe les données acquises en 2021 relatives à l'hydrologie et la thermie, à la qualité physico-chimique des eaux, et à l'ensemble des données des compartiments biologiques étudiés : phytoplancton, phytobenthos, macrophytes, invertébrés benthiques et peuplements piscicoles.

1.2. Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Cruas-Meyssse

Le tiers médian du Bas-Rhône s'étend depuis le confluent de l'Isère jusqu'au confluent de l'Ardèche. Entre 1948 et 1975, six aménagements hydroélectriques de basse chute ont été construits par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) sur ce tronçon de 100 kilomètres. De l'amont vers l'aval, il s'agit respectivement des ouvrages de Bourg-lès-Valence (1968), Beauchastel (1963), Baix-Le Logis Neuf (1960), Montélimar (1957), Donzère-Mondragon (1952) et Caderousse (1975).

Au cours des années 1980 et 1984, deux Centres Nucléaires de Production d'Electricité ont été mis en service (Tricastin et Cruas-Meyssse) sur ce tronçon fluvial fortement anthropisé, morphologiquement « figé » par les aménagements Girardon de la fin du XIX^{ème} siècle et les travaux de génie civil contemporains.

Le CNPE de Cruas-Meyssse a été implanté sur la rive droite de la retenue de l'aménagement de Montélimar, entre les communes ardéchoises de Cruas et de Meyssse. Il compte quatre tranches nucléaires à eau pressurisée de 900 MW, couplées au réseau entre avril 1983 et octobre 1984.

Le refroidissement du CNPE de Cruas-Meyssse fonctionne en circuit fermé. L'énergie thermique extraite du condenseur de chaque unité de production est éliminée en quasi-totalité sous forme de vapeur par un aéroréfrigérant. Le circuit fermé nécessite un appoint d'eau prélevé dans le fleuve pour compenser la quantité d'eau évaporée (environ $4.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ par unité de production). Une purge en continu limite la concentration de sels minéraux dans le circuit de refroidissement. De l'ordre de $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ par unité de production, elle restitue une faible partie de l'énergie thermique. Si les centrales en circuit fermé réduisent considérablement les apports thermiques dans le milieu aquatique, elles ont des rejets spécifiques liés aux modalités d'exploitation et de maintenance des aéroréfrigérants.

Du fait de sa localisation médiane (PK 148) dans la retenue de Montélimar (PK 144 à 153), les caractéristiques hydrauliques et morphologiques en amont et en aval du CNPE sont contrastées. Le gradient physique existant sur la retenue, instauré par le barrage de Rochemaure et l'usine de

Châteauneuf-du-Rhône situés en aval (Figure 1), est important en termes de réponses hydrobiologiques et interprétation des observations.

A l'amont, la tête de retenue est proche de la confluence du vieux Rhône de Baix et du canal de fuite de l'usine hydroélectrique de Baix-Le Logis Neuf. Dans un chenal d'une largeur approximative de 250 mètres, les écoulements rapides longent des berges protégées par des enrochements et partiellement ombragées par de grands arbres. Des bandes étroites d'herbiers peuvent s'installer en fonction des conditions hydrauliques locales. La rive droite est largement sous l'influence des apports de la section court-circuitée du fleuve. Des enrochements longitudinaux anciens en partie émergés sont encore existants sur cette rive. La rive gauche est dans le prolongement direct du canal de fuite de l'usine hydroélectrique amont. Deux petits cours d'eau confluent sur la rive gauche : la Teyssonne et le ruisseau de Blomard. Bien que leurs débits soient très faibles comparativement à ceux du canal usinier ou du vieux Rhône, ils peuvent influencer les peuplements, et la répartition locale des espèces. L'amont de la retenue ne devient lentique qu'en très basses eaux.

A l'aval, la retenue atteint ses plus grandes largeurs, comprises entre 600 et 800 mètres. Les berges sont constituées par les enrochements protecteurs des digues contemporaines. Le milieu est lentique. Parfois très éloignées du chenal de navigation, les rives sont fortement colmatées par des limons fins et colonisées par de larges herbiers de macrophytes. Lorsque ce rempart végétal est important, notamment pendant la période d'extension maximale des herbiers, il réduit l'impact du batillage et des vagues générées par les vents dominants. Une bande étroite d'eau libre sépare les enrochements de la face interne des herbiers.

2. REALISATION DE LA SURVEILLANCE REGLEMENTAIRE

L'étude hydrobiologique du Rhône au droit de ce site, réalisée en vue d'évaluer l'impact environnemental du centre de production, a débuté en 1982. Elle a fait suite à une première approche hydrobiologique globale du Rhône initiée en 1975 avant extension du programme électronucléaire rhodanien (CTGREF, 1976a, b, 1977, 1980). Le suivi annuel réglementaire a été assuré par l'INRAE d'Aix-en-Provence (successivement le CTGREF, le Cemagref, et l'Irstea avant la fusion avec l'INRA en janvier 2020).

En 2021, l'équipe FRESHCO de l'UMR RECOVER de l'INRAE Aix-en-Provence a réalisé l'étude des peuplements de macroinvertébrés benthiques et des peuplements piscicoles. Des prestataires externes ont effectué les relevés et analyses complémentaires du cahier des charges. Les analyses physico-chimiques ont été assurées par le laboratoire d'analyse des eaux de la Société du Canal de Provence, le phytoplancton et le phytobenthos ont été étudiés par Stéphanie Fayolle-Sanna, maître de conférences à l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE, Aix-Marseille Universités), et l'étude des peuplements de macrophytes a été conduite par l'Agence Mosaïque Environnement à Villeurbanne.

2.1.1. Les stations d'étude

Les mesures sont effectuées sur deux stations situées respectivement à l'amont et l'aval du site conformément aux indications du document ASN – Décision n° 2016-DC-0549 de l'Autorité de

sûreté nucléaire du 8 mars 2016. Selon la nature des relevés et les méthodes mises en œuvre pour l'échantillonnage des différents compartiments étudiés, la localisation et les linéaires concernés peuvent être sensiblement différents, tout en respectant ce positionnement amont et aval vis-à-vis du site industriel (Figure 1).

La caractérisation du contexte hydrologique et thermique de l'année est basée sur les débits du fleuve mesurés à Viviers (station CNR et Banque HYDRO V4530010) et les relevés de la température de la station multiparamétrique EDF (SMP) localisée en amont du CNPE du Tricastin. Ces stations permanentes sont situées respectivement à 18,5 km et 34 km à l'aval du CNPE de Cruas-Meysses (Tableau I) et sont géographiquement proches l'une de l'autre. Par ailleurs, aucun affluent majeur ne conflue sur ce tronçon fluvial et les différences thermiques entre les stations SMP amont propres aux deux CNPE sont très faibles.

Tableau I : Coordonnées géographiques (Lambert 93) de la station multiparamétrique EDF (SMP) située en amont du CNPE du Tricastin.

Station	Longitude (X)	Latitude (Y)
SMP Amont (CNPE du Tricastin)	838 190	6 360 857

Les prélèvements d'eau pour les analyses physico-chimiques ponctuelles sont réalisés depuis la berge, en rive droite, au niveau de ces deux stations (Tableau II).

Tableau II : Coordonnées géographiques (Lambert 93) des points de prélèvements ponctuels

Station	Longitude (X)	Latitude (Y)
Physico-chimie Amont	840 949	6 396 784
Physico-chimie Aval	837 981	6 391 209

L'échantillonnage du phytoplancton est réalisé depuis le bateau lors de la relève des substrats artificiels (dispositifs utilisés pour l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques). L'échantillonnage du phytobenthos est effectué sur les substrats durs localisés en rive droite.

L'Indice Macrophytique en Rivière (IBMR) est calculé à partir de relevés successifs sur des transects perpendiculaires à la rive.

L'étude de la macrofaune benthique met en œuvre trois techniques de prélèvements : des substrats artificiels (SA) disposés dans le chenal et fixés sur des espars de navigation (Tableau III), des relevés ponctuels au sein des herbiers (HER) et dans les sédiments fins rivulaires (SED).

Tableau III : Coordonnées géographiques (Lambert 93) des points de positionnement des substrats artificiels (SA).

Station	Longitude (X)	Latitude (Y)
Substrats Artificiels Amont	839 992	6 394 564
Substrats Artificiels Aval	838 195	6 391 482

L'étude de la faune piscicole nécessite deux méthodes d'échantillonnage par pêche électrique de la rive, réalisées depuis une embarcation. Ces deux techniques exigent des linéaires importants comparativement aux autres compartiments étudiés (entre 500 et 1250 mètres prospectés) sur l'une ou les deux rives.

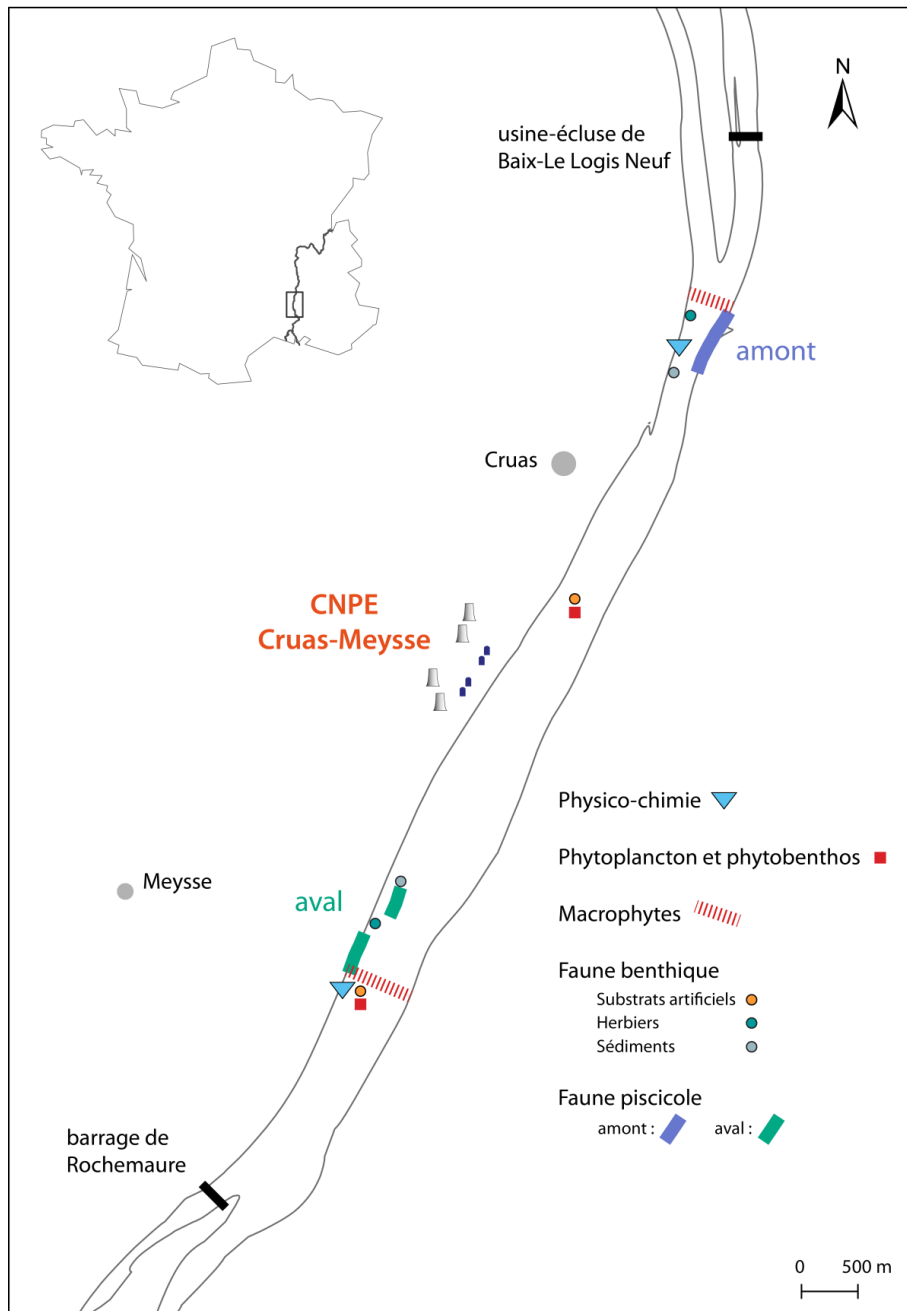


Figure 1 : Localisation des relevés et linéaires des échantillonnages.

2.1.2. Les dates d'échantillonnages

Bien que le lecteur puisse retrouver ces informations dans les diverses sections ou annexes du rapport, le planning complet est indiqué ci-dessous (Tableau IV).

Tableau IV : Planning des relevés de l'année 2021.

Compartiments étudiés	Amont	Aval
Physico-chimie		
Bimestrielle	03/02/2021	03/02/2021
Bimestrielle + semestrielle + chlorophylle	07/04/2021	07/04/2021
Bimestrielle + chlorophylle	03/06/2021	03/06/2021
Chlorophylle	06/07/2021	06/07/2021
Bimestrielle + semestrielle + chlorophylle	03/08/2021	03/08/2021
Chlorophylle	01/09/2021	01/09/2021
Bimestrielle + chlorophylle	06/10/2021	06/10/2021
Bimestrielle	02/12/2021	02/12/2021
Phytoplancton & Phytobenthos	21/06/2021	21/06/2021
	06/09/2021	06/09/2021
Macrophytes (IBMR)	22/09/2021	23/09/2021
Faune macrobenthique		
1 - Substrats artificiels - pose	26/05/2021	26/05/2021
1 - Substrats artificiels - relève	21/06/2021	21/06/2021
2 - Substrats artificiels - pose	06/09/2021	06/09/2021
2 - Substrats artificiels - relève	11/10/2021	11/10/2021
1 - Herbiers	21/06/2021	21/06/2021
2 - Herbiers	11/10/2021	11/10/2021
1 - Sédiments	21/06/2021	21/06/2021
2 - Sédiments	11/10/2021	11/10/2021
Faune piscicole		
1 - Pêche LRC	08/04/2021	08/04/2021
2 - Pêche LRC	27/05/2021	27/05/2021
3 - Pêche LRC	08/09/2021	08/09/2021
4 - Pêche LRC	02/11/2021	02/11/2021
1 - Pêche EPA	23/11/2021	22/11/2021

3. LE CONTEXTE HYDROCLIMATIQUE

Cette section a été rédigée à partir de données et synthèses éditées par des sites Web internationaux³ tels que celui de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) des Nations Unies, de l'agence fédérale nord-américaine National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), de l'unité de recherche anglaise Climate Research Unit (CRU) ou nationaux⁴ comme Météo France et eaufrance.

3.1. Un constat global

Le 19 janvier 2022, sur la base d'une synthèse de six grands jeux de données internationaux, l'Organisation Météorologique Mondiale a indiqué que la température moyenne de notre planète en 2021 était supérieure d'environ 1,11°C ($\pm 0,13^\circ\text{C}$) à sa valeur préindustrielle (période 1850-1900). Pour la septième année consécutive, la température du globe a dépassé de plus de 1°C les niveaux préindustriels.

L'une des séries temporelles utilisées par l'OMM, modélisée par le CRU (Climate Research Unit) à partir des données instrumentales disponibles à l'échelle du globe (MORICE et al., 2021), montre que chaque décennie est actuellement plus chaude que les précédentes depuis les années 1980 (Figure 2) avec un échauffement d'environ 0,2°C par décennie depuis les années 1970.

Dans ce contexte d'accroissement continu des températures, vingt années sur les vingt et une premières du XXI^{ème} siècle ont été parmi les plus chaudes de la chronique.

Ces valeurs moyennes cachent les fortes disparités terrestres et océaniques ; de nombreuses régions ont déjà expérimenté un réchauffement nettement supérieur à 1 °C, atteignant voire dépassant la valeur de +1,5 °C souhaitée lors de l'accord sur le climat, et les observations actuelles montrent les nécessités impératives de limiter cette hausse (HOEGH-GULDBERG et al., 2019).

Malgré une forte variabilité interannuelle et une complexité analytique des tendances consécutives aux activités anthropiques, les effets du changement climatique sont perceptibles sur les cycles hydrologiques. Ils se traduisent à la fois par des modifications saisonnières des régimes d'écoulement et de leur temporalité, et par une augmentation de la sévérité et de la fréquence des épisodes de crues et d'étiages. Dans la majorité des régions européennes, les débits estivaux sont à la baisse. En montagne, la fonte des neiges est de plus en plus précoce - voir la synthèse de l'Agence Environnementale Européenne (EEA, 2017). Une analyse de longues chroniques de débits sur les grands cours d'eau alpins (Rhin, Rhône, Pô et Danube) montre une tendance commune vers une précocité de plus en plus marquée des pointes de débits printaniers, de plus de deux semaines par siècle (ZAMPIERI et al., 2015). Cette modification de la saisonnalité

3 OMM, <http://www.wmo.int/> - NOAA, https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land_ocean/ytd/12/1880-2021 - CRU, <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>

4 - Météo France, <https://meteofrance.fr/actualite/publications/les-publications-de-meteo-france/2021-les-bilans-climatiques>

Eaufrance, <https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/milieux-aquatiques/situation-hydrologique/synthese-de-la-situation-hydrologique-sur-le-bassin>

des débits printaniers allonge indirectement la durée et la profondeur des étiages. De manière concomitante, le réchauffement du climat modifie le timing des crues printanières et hivernales (BLÖSCHL et al., 2017).

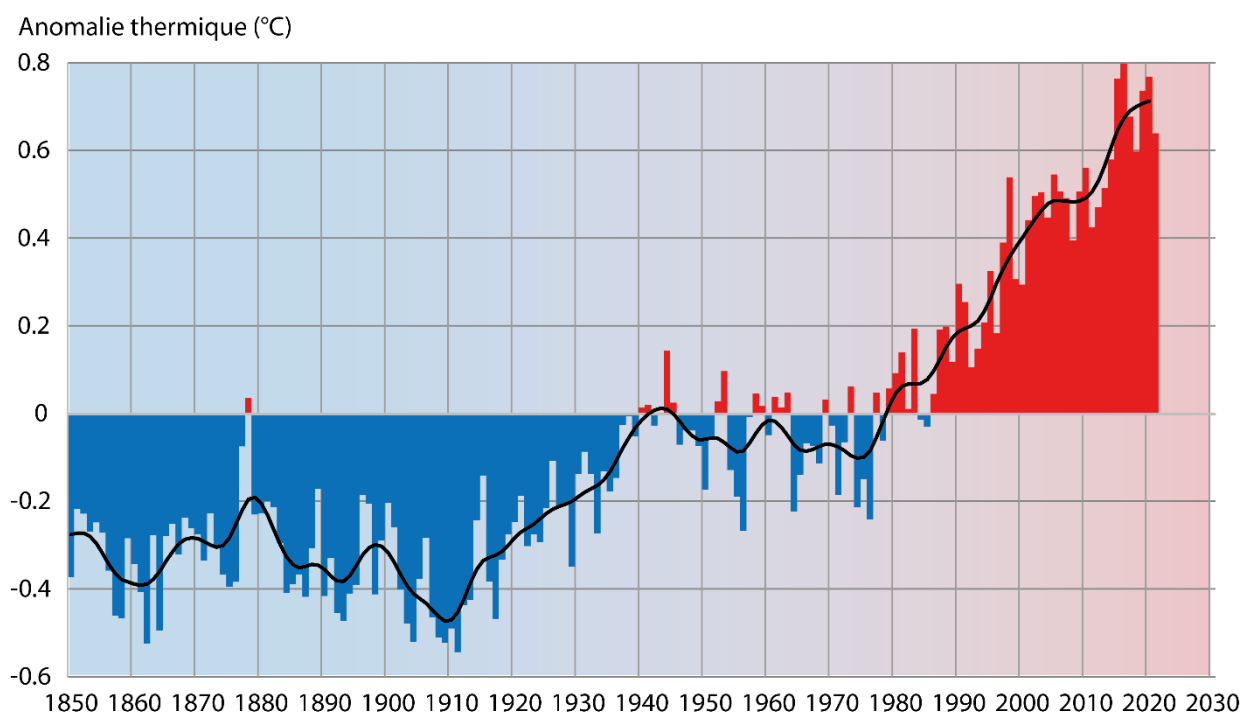


Figure 2 : Ecarts thermiques annuels à l'échelle du globe (températures terrestres et océaniques) par rapport à la température moyenne de référence calculée pour la période 1961-1990 (14.0 °C). Série temporelle compilée conjointement par le CRU (Climatic Research Unit) et le centre météorologique Hadley (UK Met Office Hadley Centre), disponible sur le site <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>.

Les impacts du changement climatique sur les espèces et les écosystèmes aquatiques sont de plus en plus manifestes. Globalement, les réponses des organismes ectothermes face aux modifications du régime thermique saisonnier et à la hausse des températures relèvent d'une accélération des processus physiologiques, de la tolérance et de l'adaptabilité des espèces vis-à-vis de ces modifications. Aux évolutions thermiques et hydrologiques s'ajoute la multiplicité des autres effets anthropiques qui accélèrent les changements en cours (DUDGEON, 2019).

Des changements d'ordre phénologique s'opèrent quant aux dates de migration ou de reproduction. La prolongation automnale de conditions estivales est favorable à la croissance des individus, et offre la possibilité d'assurer plusieurs pontes chez de nombreuses espèces de poissons (KUCZYNSKI et al., 2017). Des hivers moins froids réduisent la mortalité des jeunes individus. Les espèces tolérantes paraissent plus à même de s'adapter à ce contexte climatique en perpétuelle évolution, et des espèces introduites peuvent prendre un caractère invasif au détriment des espèces autochtones (BRITTON et al., 2010; GALLARDO & ALDRIDGE, 2012; MACNEIL et al., 2013).

Les peuplements aquatiques contemporains sont déjà nettement différents de ceux observés lors des études initiales, que ce soit au niveau des communautés phytoplanctoniques (LARROUDE et al., 2013), de la macrofaune benthique (FLOURY, 2013; FRUGET et al., 2015), ou des assemblages piscicoles (POULET et al., 2011; COMTE et al., 2013; MAIRE et al., 2019; SANTOS et al., 2021).

Afin de décrire le contexte hydroclimatique du tiers médian du Bas-Rhône⁵, nous utilisons les températures moyennes journalières relevées à l'amont immédiat du CNPE du Tricastin et les débits moyens journaliers du fleuve à Viviers (Figure 3).

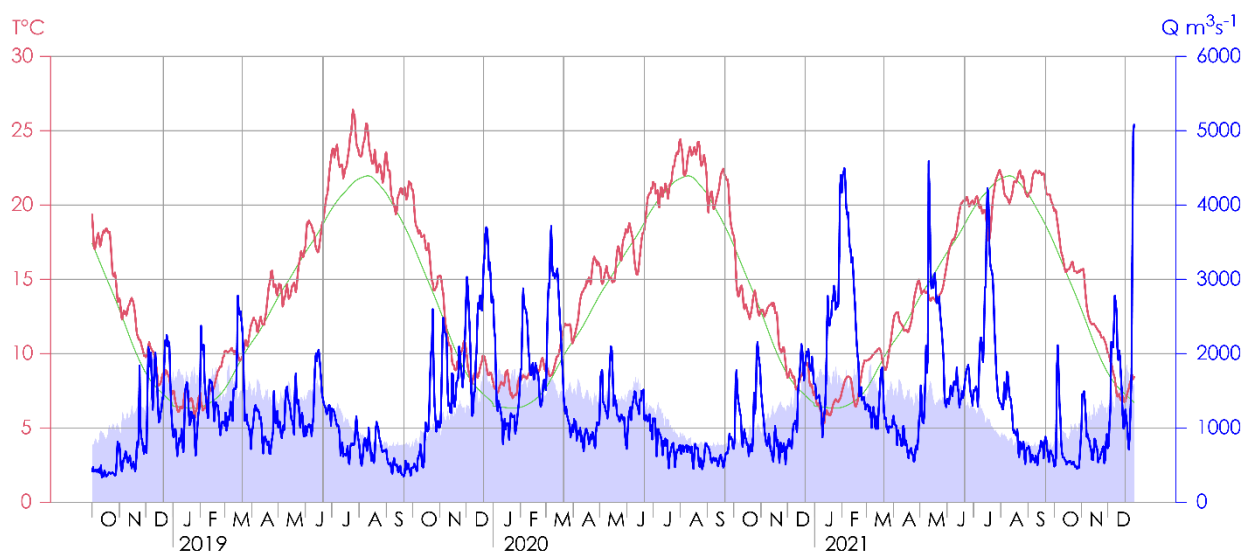


Figure 3 : Hydrologie et températures du Bas-Rhône médian. Débits moyens journaliers à Viviers (1er octobre 2018 – 31 décembre 2021, tracé bleu) et débits médians journaliers interannuels (1980-2021, trame bleu clair). Températures moyennes journalières en amont du CNPE du Tricastin (1er octobre 2018 – 31 décembre 2021, tracé rouge) et lissage interannuel (1980-2021, tracé vert).

D'un point de vue descriptif et quantitatif, les changements saisonniers à la fois hydrologiques et thermiques peuvent être appréhendés par des variables physiques simples telles que le coefficient mensuel de débit⁶ (PARDE, 1933) pour caractériser le régime hydrologique annuel, ou l'usage de dates de passage d'un seuil de température et une sommation de degrés-jours calculée au-dessus d'un seuil pour une période donnée (POIREL et al., 2001; CARREL et al., 2003) pour étudier la courbe des températures.

Les évolutions interannuelles de la température du Rhône sont décrites par les dates de passage du seuil 12°C, au printemps (C12s) et à l'automne (C12a) exprimées en nombre de jours écoulés depuis le 1er janvier, et par une somme de degrés-jours au-dessus de la température de 12°C (SDJ12) calculée entre ces deux dates (C12s et C12a). La précocité de l'année est renseignée par le C12s, la prolongation automnale est traduite par le C12a, et la SDJ12 constitue un indicateur du potentiel énergétique de l'année pour le développement des organismes aquatiques ectothermes (Figure 4). Les principales difficultés associées à l'usage de ces variables résident dans le choix de la température seuil et de la date fixant le début de la sommation thermique. Les études dans les eaux tempérées ont montré que les seuils de température pour la croissance effective des leuciscidés sont dans un intervalle de 12-15°C (MANN, 1991). La valeur de 12°C a été largement

⁵ Les données rhodaniennes proviennent des enregistreurs limnigraphiques et thermiques des producteurs d'énergie. Les débits sont mesurés par la Compagnie Nationale du Rhône et alimentent, après validation, la banque nationale HYDRO. Avant validation, les données provisoires sont obtenues depuis le site Vigicrues. Les températures du fleuve, centralisées par eDF-DTG Grenoble, sont enregistrées à proximité des sites industriels.

⁶ Rapport entre le débit moyen mensuel et le module interannuel (moyenne interannuelle calculée sur l'ensemble de données de la série) (Pardé, 1933).

utilisée, notamment pour le gardon et le chevine (MANN, 1973, 1976; MÜLLER & MENG, 1986; GRENOUILLET et al., 2001; DELAIGUE et al., 2007). Elle sera considérée comme représentative pour les espèces piscicoles dominantes du Bas-Rhône.

3.2. Hydrologie

Le contexte hydrologique général de l'année est apprécié à partir des coefficients mensuels de débits (Tableau V). Ils permettent de caractériser les situations hydrologiques mensuelles excédentaires ou déficitaires de l'année étudiée. La comparaison est faite sur la base du régime hydrologique de la période 1980-2021 correspondant à la chronique de suivi du CNPE ; un régime déjà influencé par les tendances climatiques actuelles.

Il apparaît immédiatement que la répartition mensuelle des débits de 2021 est totalement distincte du régime saisonnier moyen de la station de Viviers. Elle est marquée par des alternances mensuelles de faibles et fortes hydraulicités, et des débits importants de mai à août. Par contre, les modifications contemporaines de ce régime relatives à la prolongation des étiages automnaux sont bien affirmées, comme les années précédentes.

Tableau V : Débits moyens mensuels de la période 1980-2021 et des cinq dernières années. Coefficients mensuels de débit calculés au regard des moyennes mensuelles de la période 1980-2021.

Débits	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
1980-2021	1846	1816	1744	1682	1683	1541	1208	892	903	1185	1454	1717	1471
2017	785	1218	1774	705	1140	990	705	659	558	427	828	1755	962
2018	3548	2400	2298	1953	1719	1869	885	701	482	427	672	1606	1543
2019	1028	1430	1496	1013	1180	1360	870	750	472	981	1714	2610	1241
2020	1276	1896	2173	918	1353	1216	783	668	645	1177	827	1473	1200
2021	2159	2815	1210	817	2276	1527	2307	1080	669	726	838	1846	1518
Hydraulicité	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
2017	0.43	0.67	1.02	0.42	0.68	0.64	0.58	0.74	0.62	0.36	0.57	1.02	0.65
2018	1.92	1.32	1.32	1.16	1.02	1.21	0.73	0.79	0.53	0.36	0.46	0.94	1.05
2019	0.56	0.79	0.86	0.60	0.70	0.88	0.72	0.84	0.52	0.83	1.18	1.52	0.84
2020	0.69	1.04	1.25	0.55	0.80	0.79	0.65	0.75	0.71	0.99	0.57	0.86	0.82
2021	1.17	1.55	0.69	0.49	1.35	0.99	1.91	1.21	0.74	0.61	0.58	1.08	1.03

L'année hydrologique (d'octobre 2020 à octobre 2021) est caractérisée par trois épisodes de crues avec dépassement du seuil de crue biennale ($4000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Le premier épisode est associé à des précipitations importantes sur le nord-est du bassin en janvier, suivies en février de températures douces favorisant une fonte précoce des massifs enneigés. Ces hautes eaux ont été suivies par de faibles débits au cours des mois de mars et d'avril en l'absence de précipitations. La deuxième période de crues répond à un mois de mai particulièrement pluvieux sur le quart sud-est de la France. La pointe de crue est liée à un épisode pluvieux intense le 10 mai avec de forts cumuls sur une diagonale s'étirant des Cévennes au Jura. Les hautes eaux et crues estivales sont le fait de précipitations abondantes et répétées sur le nord-est et l'est du bassin du Rhône.

Si le sud-est a été épargné par cet été maussade, l'excédent national proche de 50% a classé le mois de juillet 2021 parmi les dix mois de juillet les plus arrosés de la période 1959-2021. Les

cumuls des précipitations sur juin et juillet ont été remarquables avec des valeurs records sur les stations pluviométriques d'Evian (74) : 446,2 mm et d'Ambérieu-en-Bugey (01) : 332,3 mm.

Cette longue période pluvieuse estivale a été suivie d'une période très chaude, notamment en septembre, marquée par plusieurs épisodes orageux méditerranéens sur le sud du bassin du Rhône, en partie perceptibles sur l'hydrogramme de la station de Viviers.

3.3. La température

En France métropolitaine, avec une température moyenne annuelle de l'air de 12,9°C, de +0,4°C supérieure à la moyenne de référence 1981-2010, l'année 2021 est globalement plus proche de la normale. Mais elle a été extrêmement contrastée, alternant des périodes douces et froides en toute saison (Tableau VI).

Les mois de février, juin et septembre, ont été classés parmi les dix plus chauds depuis 1900. La douceur du mois de décembre 2021, du même ordre que décembre 2020, conforte la tendance marquée vers des hivers doux.

De même, la température moyenne de septembre 2021 plus élevée qu'en 2020, contribue à cette progressive extension automnale de la période chaude conjointe à de faibles débits.

Tableau VI : Températures moyennes enregistrées pour la France (données Météo France) et écarts à la moyenne de référence (1981-2010).

2020	2021												
Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	2021
6.9	4.9	8.2	8.9	10.4	13.8	20.3	20.7	20.0	19.3	13.5	7.9	6.9	12.9
1.3	-0.1	2.5	0.2	-0.7	-1.3	2.0	-0.1	-0.5	2.0	0.0	-0.7	1.3	0.4

Au même titre que l'hydrologie, le régime thermique du fleuve peut être résumé à partir des températures moyennes mensuelles et des écarts thermiques par rapport aux températures moyennes mensuelles de la période 1980-2021.

Du fait du contexte hydrologique de l'année, le profil saisonnier du régime thermique du fleuve à l'amont du CNPE du Tricastin est nettement différent des dernières années.

En 2021, les températures fluviales en amont du CNPE ont oscillé entre un minima et un maxima proches des quantiles 5% (5,8°C) et 95% (23,2°C) de ces deux dernières décennies (2000-2021), donc sans températures extrêmes, que ce soit en période froide ou chaude (Tableau VII & Figure 4).

La fraîcheur des eaux en mai, juillet et août, en constitue l'élément principal.

Tableau VII : Températures moyennes mensuelles du Rhône à l'amont du CNPE du Tricastin au cours de la période 1980-2021 et des cinq dernières années. Ecart thermique calculés au regard des moyennes mensuelles de la période 1980-2021.

T°C	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
1980-2021	6.4	6.8	9.2	12.2	15.3	18.2	20.9	21.9	19.3	15.3	10.7	7.5	13.7
2017	5.6	8.5	10.7	14.3	16.2	21.7	22.7	23.1	20.4	17.5	10.8	7.4	14.9
2018	8.0	6.7	8.1	12.8	15.5	18.8	22.7	23.8	21.9	17.0	12.2	9.0	14.8
2019	6.7	7.8	10.3	13.2	14.8	19.0	23.7	23.3	21.0	17.1	11.1	8.9	14.8
2020	7.8	8.8	10.3	14.3	16.0	18.2	21.6	23.3	20.7	13.8	12.0	8.4	14.6
2021	6.4	8.0	9.9	12.6	14.1	19.0	20.1	21.2	21.4	16.6	12.3	8.0	14.2

Ecart T°C	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
2017	-0.8	1.6	1.5	2.1	0.9	3.5	1.7	1.3	1.1	2.3	0.1	-0.2	1.3
2018	1.6	-0.1	-1.2	0.6	0.3	0.6	1.7	1.9	2.6	1.8	1.5	1.5	1.1
2019	0.4	1.0	1.1	1.0	-0.4	0.7	2.8	1.4	1.7	1.8	0.3	1.4	1.1
2020	1.4	2.0	1.1	2.0	0.7	0.0	0.7	1.4	1.4	-1.4	1.3	0.9	0.9
2021	0.1	1.2	0.7	0.4	-1.2	0.8	-0.9	-0.6	2.1	1.3	1.6	0.5	0.5

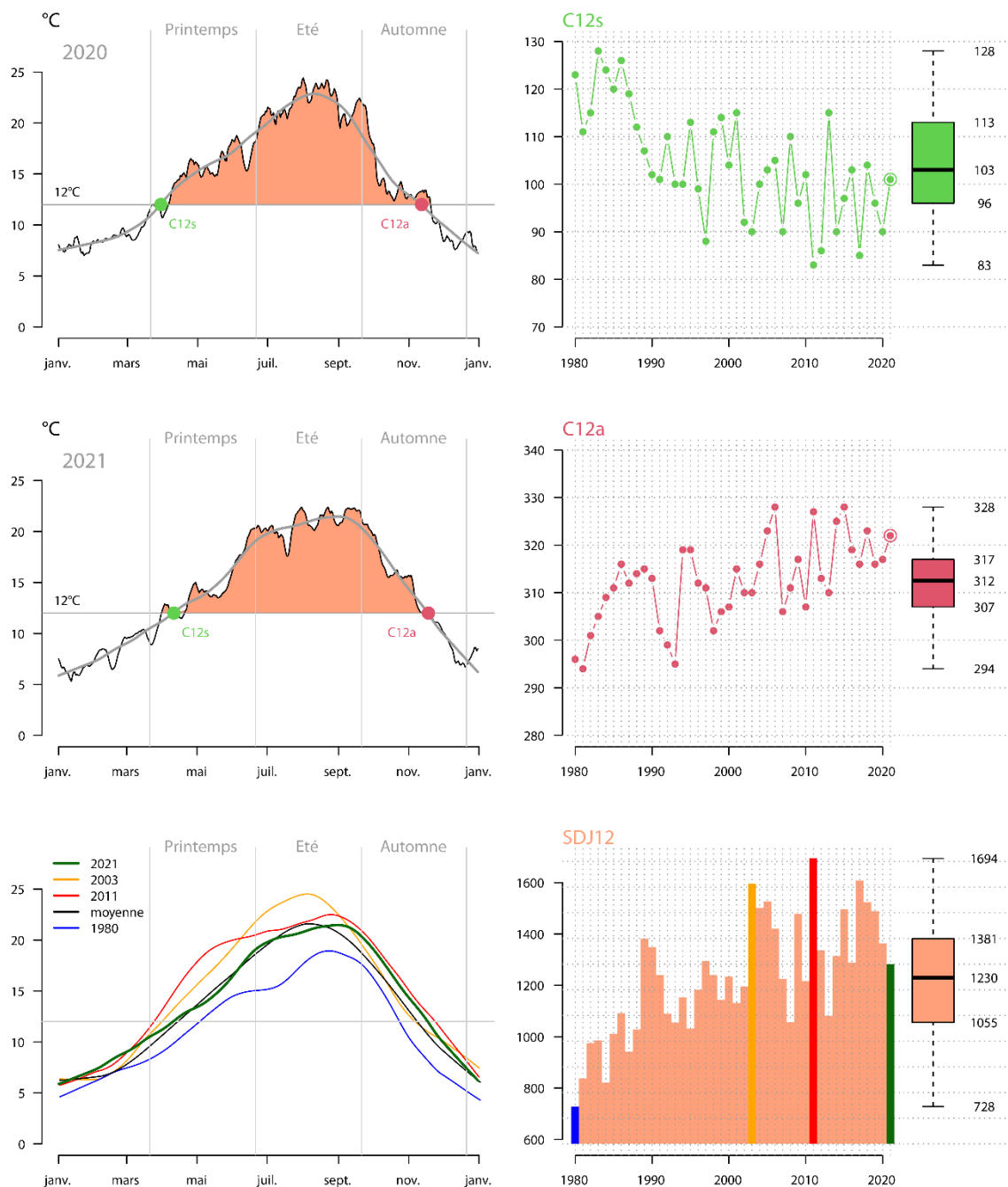


Figure 4 : Descripteurs de la chronique des températures enregistrées en amont du CNPE du Tricastin (données eDF-DTG). Dans la colonne de gauche, de haut en bas, le schéma récapitulatif des trois descripteurs calculés pour l'année précédente, la représentation pour l'année en cours et les profils thermiques lissés permettant de comparer l'année aux années moyenne et extrêmes (1980, 2003 et 2011). Dans la colonne de droite, de haut en bas, la chronique des dates de passage du seuil 12°C au printemps (C12s), du seuil automnal (C12a), et la somme des degrés-jours au-dessus de 12°C entre ces deux dates.

4. L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Les analyses physico-chimiques sont assurées par le laboratoire d'analyse des eaux de la Société du Canal de Provence.

Suite à de nouvelles exigences réglementaires, la liste des paramètres du suivi physico-chimique des eaux et la fréquence d'échantillonnage ont été modifiées à compter de juillet 2016. Dix-sept paramètres sont mesurés tous les deux mois, et neuf autres sont complémentaires deux fois par an.

En 2021, les analyses physicochimiques des eaux du Rhône aux deux stations ont été effectuées à six reprises, 3 février, 7 avril, 3 juin, 3 août, 6 octobre et 2 décembre. Les analyses portent sur l'ensemble des paramètres suivants : température de l'eau, oxygène dissous, pH, conductivité, Carbone Organique Dissous, demande chimique en oxygène (DCO), mesure d'oxydabilité au permanganate, DBO5, turbidité, matières en suspension, silicates, azote Kjeldhal, ammonium, nitrites, nitrates, phosphore total, orthophosphates (Annexe I – A & B). Deux fois dans l'année, des analyses complémentaires ajoutent les paramètres suivants : Calcium, Magnésium, Potassium, Sulfates, Chlorures, Sodium, Hydrogénocarbonates, Titre Alcalimétrique Complet et Dureté totale ; analyses réalisées les 7 avril et 3 août.

L'état d'oxygénation du fleuve est satisfaisant sur les points amont et aval, quelle que soit la saison, avec des teneurs minimales en été (8,6 mg/L en août) et maximale en hiver (12,7 mg/L en février). Les teneurs en oxygène dissous sont généralement plus élevées, voire en légère sur-saturation, en aval dans la section lenticule de la retenue de Montélimar. La présence de banquettes végétales peut contribuer à cette différence.

Les relevés ponctuels de la température montrent que celle-ci est en général plus élevée à l'aval sans toutefois excéder un écart de +1,0°C (juin) hormis en période froide (février et décembre). Cette différence est essentiellement le fait des caractéristiques hydrauliques de la retenue : courante à l'amont et lenticule à l'aval.

Les valeurs du pH, stables car comprises entre 8,0 et 8,4 sont dans la fourchette haute de la distribution des valeurs SMP-EDF collectées sur le fleuve au droit du site entre 2007 et 2016 (CARREL et al., 2018). Elles sont supérieures ou égales au quantile 75% des données journalières de la chronique.

La conductivité, en lien avec la minéralisation moyenne du fleuve au profil bicarbonaté calcique, est saisonnalisée. Les valeurs basses sont traditionnellement observées en période chaude. Toutefois, cette saisonnalité peut être modifiée par dilution lors des épisodes de crues, comme en février (378 µS). Les amplitudes de variabilité observées en 2001 restent normales pour le secteur étudié (CARREL et al., 2018).

Les teneurs en MES sont fortement tributaires des débits et peuvent être importantes à la faveur de crues sur des affluents alpins tels que l'Isère. En 2021, les valeurs maximales et non anormales ont été mesurées en février : 250 mg/L en amont et 260 mg/L à l'aval alors que les débits sont supérieurs à 4400 m³/s. Des valeurs très faibles ont été enregistrées pendant les périodes de faibles débits, notamment en avril (6,0 mg/L à l'amont, Q ≈ 900 m³/s), et en décembre (7,4 et 6,0

mg/L, $Q \approx 750 \text{ m}^3/\text{s}$). Les teneurs ont été plus élevées au cours de la période chaude du fait des débits soutenus de l'été. Les opérations de gestion sédimentaire du Haut-Rhône, menées par les Services Industriels de Genève (SIG), la Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny (SFMCP) et CNR (Compagnie Nationale du Rhône), du 18 au 29 mai 2021, n'ont pas généré de singularités lors des prélèvements du début du mois de juin.

Le suivi des matières organiques oxydables est renseigné par l'évaluation de plusieurs paramètres : les teneurs en oxygène dissous, celles en carbone organique dissous (COD) et par des estimations de la quantité d'oxygène consommée pour dégrader biologiquement (DBO5) ou chimiquement (DCO et oxydabilité) la matière organique présente dans les eaux.

Pour l'année 2021 la Demande Chimique en Oxygène n'a pas mis en évidence de valeurs quantifiables supérieures à 20 mg/L dans les deux stations, hormis en février (33 et 62 mg/L O_2), en lien avec les débits soutenus (4400 m^3/s) et les fortes teneurs en MES associées. A toutes les campagnes, les teneurs en carbone organique dissous (COD) ont été inférieures inférieures à 3,1 mg/L à l'amont et 2,4 mg/L à l'aval. La Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO5) est restée inférieure au seuil de quantification ($< 4,5 \text{ mg/L}$) pour les deux stations. L'oxydabilité (indice de permanganate de potassium), complémentaire de la DCO pour de faibles teneurs en matières organiques oxydables, a atteint des valeurs maximales en février (4,6 et 4,3 mg/L) et confirme les faibles concentrations évaluées par les autres méthodes et représentatives d'eaux naturelles peu chargées en matière organique. Aucune différence significative n'est observée entre les deux stations pour l'ensemble de ces paramètres.

De façon globale, on constate une bonne qualité de l'eau sans différenciation des points amont et aval avec des teneurs azotées en faibles concentrations (concentration maximale de nitrates à 7,6 mg NO_3/L).

Les niveaux de concentrations des substances phosphorées sont faibles et les fluctuations limitées. Sans correspondre à des niveaux de concentrations sensibles vis-à-vis du risque d'eutrophisation, les teneurs en phosphore total correspondent à un niveau de qualité moyen, c'est-à-dire dont les préjudices écologiques sont à préciser par les indicateurs biologiques.

L'ensemble des résultats d'analyses physico-chimiques 2021 confirme les caractéristiques minérales de l'eau du Rhône et les fluctuations saisonnières signalées dans le rapport de la synthèse décennale (CARREL et al., 2018).

Aucun des paramètres physico-chimiques mesurés en 2021 ne met en évidence de différence de qualité d'eau entre l'amont et l'aval.

5. LES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS

Le dosage des pigments chlorophylliens est une approche indirecte de la quantité de matière phytoplanctonique présente dans les eaux. Les chlorophylles sont des molécules fragiles qui se transforment en phéopigments par oxydation ou acidification.

Les teneurs élevées sont le fait de milieux eutrophes, ce qui n'est pas le cas du chenal du Rhône. Les concentrations faibles de ces pigments chlorophylliens, associées à des taux de saturation en oxygène inférieurs à 110%, permettent de classer les eaux rhodaniennes en très bonne qualité sur la base des paramètres d'évaluation des effets négatifs liés aux proliférations végétales.

Les pigments sont extraits des cellules végétales par un solvant ; puis mesurés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (NF T 90-117). La méthode compte les étapes suivantes :

- une filtration de l'échantillon d'eau sur un filtre en fibre de verre sans liant afin d'isoler et de concentrer le plancton végétal ;
- une extraction par l'acétone à 90% de la chlorophylle a, b et c et des phéopigments puis une mesure de l'absorbance de l'extrait à des longueurs d'onde spécifiées ;
- un calcul des concentrations en chlorophylle a, b, c et en indice phéopigments d'après l'équation trichromatique corrigée de SCOR-UNESCO.

La centrifugation s'effectue à l'abri de la lumière. Les tubes à centrifugation contiennent les filtres ainsi que 20 ml d'acétone à 90%. Les mesures d'absorbance se font dans une cuve de 50 mm.

Dans ce tronçon fluvial, les teneurs en Chlorophylle a et en phéopigments sont traditionnellement faibles, proches d'une valeur médiane de 1 µg/L et 0,6 µg/L pour les deux paramètres respectivement (CARREL et al., 2018), or les teneurs enregistrées en 2021 pendant les périodes de faibles débits ont été importantes pour le Rhône (Tableau VIII). Les valeurs maximales ont été mesurées en septembre, sans que les différences hydrauliques entre l'amont (lotique) et l'aval (lentique) n'exacerbent d'écarts notables entre les deux stations pendant ces périodes propices au développement phytoplanctonique. Les valeurs atteintes ne sont cependant pas significatives de signes d'eutrophisation sur le fleuve.

Tableau VIII : Valeurs ponctuelles de Chlorophylle a et phéopigments enregistrées mensuellement aux deux stations de Cruas. Application de la norme NF T90-117 Décembre 1999.

	Débits	Température	Chlorophylle a en µg/L		Phéopigments en µg/L	
	m ³ /s	°C	NFT 90 117		NFT 90 117	
Dates\Stations	Viviers	Amont Cruas	Amont	Aval	Amont	Aval
07/04/2021	905	8,7	3,7	4,1	1,3	1,5
03/06/2021	1320	18,4	0,5	0,4	0,4	0,5
06/07/2021	1290	20,5	0,8	1,1	0,6	1,2
03/08/2021	1250	21,0	1,6	1,7	0,4	1,1
01/09/2021	725	20,6	7,0	6,3	0,8	1,6
06/10/2021	1760	16,6	0,8	0,8	1,1	1,1

6. LE PHYTOPLANCTON

Les algues en dérive, ou phytoplancton, ont été étudiées lors de deux campagnes d'échantillonnage réalisées le 21 juin et le 6 septembre 2021, aux stations Amont et Aval, en rive droite, identiques à celles des prélèvements de macroinvertébrés.

6.1. Méthodologie

Technique de prélèvement et laboratoire

Les prélèvements d'eau, destinés aux études qualitatives et quantitatives (comptages), ont été réalisés dans une bouteille stérile en plastique opaque, d'une capacité de 1 litre. Le contenu est fixé in situ au formol 5 % et ramené au laboratoire pour l'identification et le dénombrement cellulaire de toutes les algues.

Détermination des algues

Les échantillons d'eau, fixés au formol, sont homogénéisés pour remettre en suspension les particules. Un sous-échantillon est prélevé et placé dans une cuve à sédimentation de 25 ml. Chaque sous-échantillon est fermé à l'aide d'un couvercle pour éviter toute évaporation. La durée de sédimentation est de 12h minimum. La détermination et le comptage du phytoplancton sont effectués au microscope inversé (Olympus), selon la méthode d'Utermöhl (1931). La densité est exprimée « en nombre de cellules par unité de volume » (litre).

6.2. Résultats

6.2.1. Inventaire

Le peuplement phytoplanctonique est composé pour l'ensemble des stations et des campagnes de 41 espèces réparties en 32 Diatomées, 5 Chlorophycées, 2 cyanobactéries et 2 Dinophycées (Tableau IX). La richesse spécifique maximale a été de 37 espèces à l'amont le 10 septembre 2021.

D'un point de vue qualitatif, les espèces inventoriées en amont en aval sont relativement similaires lors des deux périodes de prélèvements. Cette similarité spécifique est liée à la trajectoire des algues en dérive le long du fleuve.

Les espèces phytoplanctoniques les plus abondantes au cours de l'année 2021, appartiennent aux cyanobactéries, avec respectivement (1) *Oscillatoria sp* en septembre (2 480 cell/L à l'aval et 1 920 cell/L en amont), et (2) *Limnothrix sp* en juin (760 cell/L) en amont.

6.2.2. Densités

Les densités phytoplanctoniques montrent une forte variation entre les deux dates de prélèvement pour les deux stations. Cette variation en terme de densités cellulaires est liée à la saisonnalité avec une valeur maximale de 6 000 cell/L atteinte en amont au mois de septembre 2021 et une valeur minimale en aval au mois de juin 2021 (2 360 cell/L). Les densités cellulaires augmentent pour les deux stations au mois de septembre mais correspondent à des valeurs phytoplanctoniques relativement faibles (Figure 5).

Tableau IX : Inventaire, richesse spécifique et densités cellulaires totales (cell/L) des espèces phytoplanctoniques.

PHYTOPLANCTON	Amont Cruas	Aval Cruas	Amont Cruas	Aval Cruas
	21/06/2021	21/06/2021	06/09/2021	06/09/2021
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	40	40	160	120
<i>Acnantes eutrophilum</i>	40	80	40	40
<i>Achnantes lanceolata</i>	40	40	80	40
<i>Amphora ovalis</i>	160	120	40	40
<i>Cocconeis placentula</i>	80	40	0	80
<i>Cocconeis pediculus</i>	0	0	40	40
<i>Cyclotella atomus</i>	80	40	80	160
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	120	80	480	240
<i>Cyclotella ocellata</i>	40	0	40	0
<i>Cymbella affinis</i>	40	40	80	40
<i>Cymbella minuta</i>	40	40	80	80
<i>Cymbella prostrata</i>	0	80	40	40
<i>Diatoma tenuis</i>	40	0	0	80
<i>Diatoma vulgaris</i>	240	120	320	200
<i>Encyonopsis minuta</i>	40	40	40	0
<i>Ulnaria acus</i>	120	40	40	120
<i>Ulnaria ulna</i>	40	40	40	80
<i>Gomphonema olivaceum</i>	40	80	40	80
<i>Gomphonema parvulum</i>	120	160	80	120
<i>Gomphonema tergistinum</i>	40	0	40	40
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	40	80	40	120
<i>Melosira varians</i>	280	240	160	200
<i>Navicula cryptocephala</i>	40	0	40	0
<i>Navicula cryptotenella</i>	80	40	80	40
<i>Navicula saprophila</i>	40	40	80	40
<i>Navicula tripunctata</i>	0	0	40	40
<i>Navicula recens</i>	40	0	40	40
<i>Nitzschia acicularis</i>	40	40	120	40
<i>Nitzschia dissipata</i>	80	80	0	40
<i>Nitzschia palea</i>	80	40	80	0
<i>Stephanodiscus sp.</i>	40	0	80	0
<i>Rhoisophenia abbreviata</i>	200	120	80	40
DIATOMÉES	2 320	1 760	2 600	2 240
<i>Chlorella sp</i>	0	40	120	0
<i>Scenedesmus armatus</i>	160	0	320	0
<i>Microspora sp.</i>	320	0	280	0
<i>Spirogyra sp.</i>	120	200	240	80
<i>Tetrastrum crucigenia</i>	160	0	320	0
CHLOROPHYCEES	760	240	1 280	80
<i>Limnothrix sp.</i>	440	360	0	0
<i>Oscillatoria sp.</i>	0	0	1 920	2 480
CYANOBACTERIES	440	360	1 920	2 480
<i>Formes enkystées</i>	0	0	120	80
<i>Peridinium sp.</i>	0	0	80	0
DINOPHYTES	0	0	200	80
Densité cellulaire Totale (cell/L)	3 520	2 360	6 000	4 880
Richesse spécifique	34	27	37	30

Le groupe phytoplanctonique le plus abondant est celui des Diatomées pour les deux stations en juin et sur la station amont en septembre 2021. Pour la station aval en septembre 2021, le groupe le mieux représenté est celui des cyanobactéries (2 480 cell/L) au détriment des diatomées (2 240 cell/L). Le dénombrement cellulaire des cyanobactéries met en évidence des valeurs relativement

faibles, nettement inférieures au seuil critique fixé à 20 000 cell/mL et par conséquent ne laisse présager un quelconque épisode d'efflorescences (Figure 6).

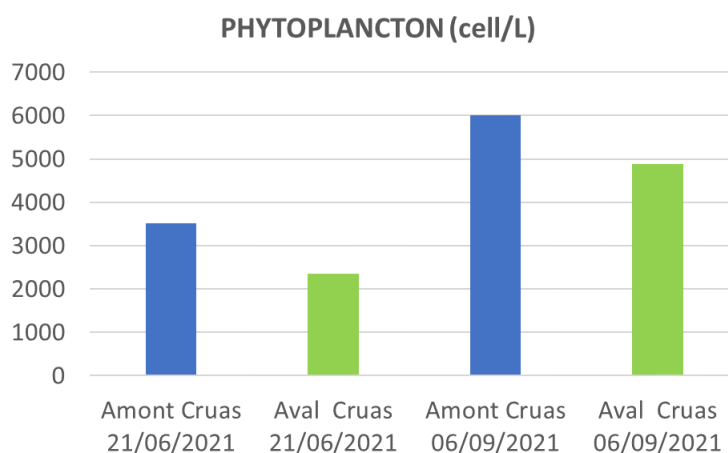


Figure 5 : Densités cellulaires totales du phytoplancton (en cell/L) en 2021

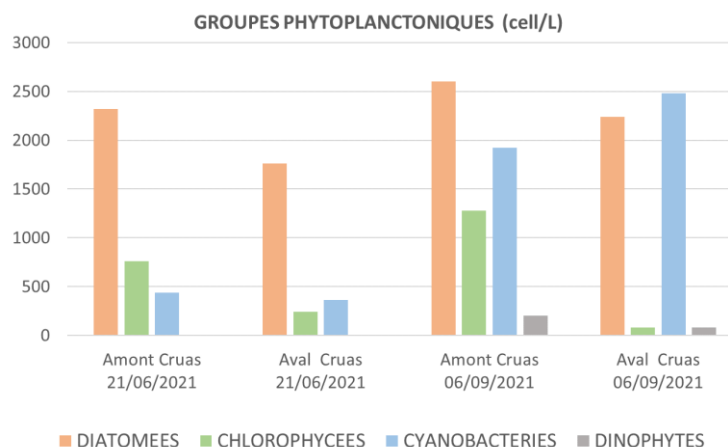


Figure 6 : Densités cellulaires des groupes phytoplanctoniques (en cell/L).

Le suivi réalisé en période estivale montre une augmentation du nombre de cellules au sein des communautés phytoplanctoniques au mois de septembre 2021 liée à la saisonnalité. Il ne permet pas de déceler une influence des activités du CNPE sur le compartiment phytoplanctonique.

7. LE PHYTOBENTHOS

Le phytobenthos est associé aux communautés algales benthiques et est étudié pour son rôle de producteur primaire des milieux lotiques (par exemple MULHOLLAND et al., 1991; STEVENSON et al., 1996; BIGGS et al., 1998). D'autres qualificatifs précisent le type d'assemblage selon la nature du substrat colonisé : l'épiphyton colonise les plantes aquatiques, l'épisammon colonise les grains de sable, l'épipélon colonise les sédiments fins et la boue, l'épilithon colonise les galets.

Le terme périphyton (ou phytobenthos) est utilisé pour désigner les communautés microflorales qui se développent sur des surfaces solides immergées. Certains auteurs (LUCEY et al., 1987) ont employé ce terme délibérément sans considérer les champignons, bactéries, protozoaires et autres animaux se développant avec la microflore. La définition du terme périphyton introduite par Cooke (1956) et reprise par Austin et ses collaborateurs (1981) considère l'ensemble des micro-organismes sans distinction (algues, bactéries, fungi, protozoaires, invertébrés). Plusieurs types de communautés périphytiques peuvent être caractérisés suivant leur substrat d'origine (LOCK, 1993).

Dans cette étude, nous désignons par phytobenthos ou par « algues épilithiques » l'ensemble des algues se développant sur des supports minéraux immergés tels que des galets ou des pierres, de taille suffisante pour effectuer un échantillon.

7.1. Méthodologie

Technique de prélèvement et laboratoire

Pour chaque station, l'échantillon est constitué d'une surface de 100 cm², gratté sur un support naturel dur, soit 5 x 20 cm² obtenus sur cinq pierres différentes échantillonnées à proximité de la rive, entre 50 cm et 90 cm de profondeur, dans une largeur de bande située entre 1 m et 1,5 m. Le choix a porté sur des pierres présentant des faces planes simplifiant le prélèvement (Photo 1, Photo 2, Photo 3).



Photo 1 : Gabarit de surface à brosser (20 cm²).



Photo 2 : Exemple de bloc brossé. Photo INRAE

La face éclairée, où le développement algal est le plus important et le plus significatif, est grattée avec une brosse à dents sur une surface de 20 cm² (Photo 3). Les échantillons sont conservés individuellement dans des piluliers après rinçage à l'éthanol à 70 %, ils sont fixés au formaldéhyde pour la conservation.

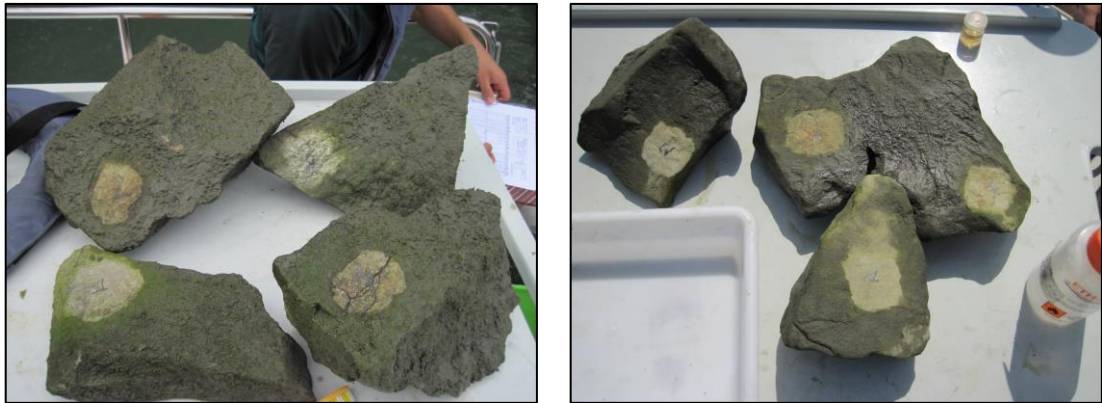


Photo 3 : Illustration des éléments granulométriques sélectionnés pour l'échantillonnage du phytobenthos et des zones prélevées. Photos INRAE.

Au laboratoire, les échantillons sont homogénéisés pour remettre en suspension les particules. Un sous-échantillon est prélevé et placé dans une cuve à sédimentation de 25 ml. Chaque sous-échantillon est fermé à l'aide d'un couvercle pour éviter toute évaporation. La durée de sédimentation est de 12h minimum.

Détermination des algues

Pour la prise en compte de tous les groupes d'algues (Cyanophycées, Chlorophycées, Diatomées, etc.), les comptages cellulaires et les déterminations sont effectués au microscope inversé (Olympus) avec un grossissement x100 selon la méthode d'Utermöhl (1931; 1958). La densité est exprimée « en nombre de cellules par unité de volume » (litre).

Les déterminations spécifiques des Diatomées sont réalisées après grillage pendant 4 heures minimum de quelques gouttes de l'échantillon préalablement homogénéisé, déposées sur des lamelles rondes de 18 mm de diamètre afin d'éliminer toute la matière organique susceptible de dissimuler les caractéristiques d'identification de chaque espèce. Ces préparations sont montées avec du Naphrax (résine naturelle de pin ayant un indice de réfraction IR = 1,74).

L'étude des différents taxons est réalisée à l'aide d'ouvrages généraux (BOURELLY, 1981, 1985, 1990) pour les déterminations génériques. Les déterminations spécifiques des Diatomées sont réalisées à partir d'ouvrages spécialisés (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986, 1988, 1991a, b). Pour les Euglénophytes, la flore de WOLOWSKY et HINDAK (2005) est consultée. Pour les autres groupes, les dernières éditions de la Süßwasserflora von Mitteleuropa sont utilisées (KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 1999, 2007).

7.2. Bioindication et calcul de l'Indice Biologique Diatomées

Les diatomées ont un fort pouvoir intégrateur des conditions environnementales du fait de leur grande sensibilité aux multiples paramètres physico-chimiques. Leur diversité floristique, leur large distribution géographique et leur grande amplitude écologique représentent un atout pour leur utilisation en bioindication, pilier du système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE)(EUR-Lex, 2000). Son principe repose sur la mesure de l'écart entre un état de référence, correspondant à un milieu naturel, et un milieu impacté par les

activités humaines. Cet écart, traduit par des indices biologiques, permet de qualifier l'état écologique de la masse d'eau, en lui affectant une des 5 classes de qualité (MEEM, 2016).

La limite du bon état est considérée comme une dégradation des conditions de référence. Sa limite inférieure correspond à une perte de 25% de la biodiversité (<https://hydrobiologie-paca.fr/app/webroot/index.php/listesdiatomees/presentation>).

L'Indice Biologique Diatomées (IBD) est un outil d'investigation pratique de l'évaluation de la qualité des eaux, applicable à l'ensemble des cours d'eau de France. Cet indice a été normalisé en 2000 (norme AFNOR NFT 90-354) ; cette norme a été révisée en 2007, en 2014 puis récemment (AFNOR, 2016).

L'échantillonnage est recommandé en période estivale, correspondant à l'étiage sur la plupart des cours d'eau, et sera réalisé entre les mois de mai et octobre. En grand cours d'eau, les échantillons peuvent être effectués à proximité des rives, en évitant les supports colmatés par les sédiments fins et/ou soumis au batillage, jusqu'à la limite de la zone euphotique où la lumière permet le développement des algues (PRYGIEL & COSTE, 2000).

L'identification des Diatomées étant basée sur l'examen microscopique du frustule siliceux, les échantillons sont traités à l'eau oxygénée H₂O₂ bouillante (30 %) et, le cas échéant, à l'acide chlorhydrique afin d'éliminer le protoplasme. Ils sont ensuite centrifugés et les culots sont rincés plusieurs fois à l'eau distillée pour enlever toute trace d'eau oxygénée. Afin de dresser un inventaire taxinomique, le comptage et l'identification sont effectués sur 400 valves, et se réalise par un balayage de la préparation au plus fort grossissement (x100 à immersion) en microscopie photonique. Les taxons sont identifiés et comptés.

L'évaluation de la qualité biologique globale par le calcul de l'IBD repose sur l'abondance des espèces inventoriées dans un catalogue de taxons, leur sensibilité à la pollution (organique, saline ou eutrophisation) et leur faculté à être présentes dans des milieux très variés.

Après une saisie codifiée (code à 4 lettres) sur ordinateur à l'aide du logiciel OMNIDIA (<https://omnidia.fr/>) (LECOINTE et al., 1993) et de la base récemment mise à jour (base 2016), les inventaires conduisent à l'estimation de l'abondance relative des taxons, au calcul d'un indice de diversité (Shannon & Weaver) et de plusieurs indices diatomiques dont l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) et l'Indice Biologique Diatomées (IBD).

L'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) mis au point par le Cemagref (1982) sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse est un indice fondé sur la pondération "abondance-sensibilité spécifique". Il présente l'avantage de prendre en compte la totalité des espèces présentes dans les inventaires. Il permet de donner une note à la qualité de l'eau variant de 1 (eaux très polluées) à 20 (eaux pures). De nombreux auteurs ont noté sa bonne corrélation avec la physico-chimie de l'eau. La sensibilité de l'IPS à la dégradation de la qualité du milieu s'avère meilleure comparativement aux autres indices.

L'interprétation des valeurs des indices IPS et IBD fait référence aux classes de qualité définies dans le "Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées" (PRYGIEL & COSTE, 2000). Une couleur est attribuée à chaque classe de qualité (de bleue pour excellente à

rouge pour mauvaise). L'IBD attribue une note de la qualité biologique de l'eau variant de 1 à 20 (Tableau X).

Tableau X : Définition des classes de qualité DCE (HER Méditerranée très grands cours d'eau) d'après le Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T90-354 (2000) et le Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) de mars 2016.

Indice IBD	Classe de qualité biologique	Caractéristiques
17 < IBD ≤ 20	Excellente	Pollution ou eutrophisation nulle à faible
13 < IBD ≤ 17	Bonne	Eutrophisation modérée
9 < IBD ≤ 13	Passable	Pollution moyenne ou eutrophisation forte
5 < IBD ≤ 9	Mauvais	Pollution forte
1 < IBD ≤ 5	Très mauvaise	Pollution ou eutrophisation très forte

7.3. Les stations et dates d'échantillonnage

Les mesures sont effectuées sur deux stations situées respectivement à l'amont et l'aval du site conformément aux indications du document ASN – Décision n° 2016-DC-0549 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 8 mars 2016. Selon la nature des relevés et les méthodes mises en œuvre pour l'échantillonnage des différents compartiments étudiés, la localisation et les linéaires concernés peuvent être sensiblement différents, tout en respectant ce positionnement amont et aval vis-à-vis du site industriel (Figure 1).

L'échantillonnage du phytobenthos est effectué sur les substrats durs localisés en rive droite, au droit des espars utilisés pour la pose des substrats artificiels (Tableau III, section 2.1.1).

Le phytobenthos a été étudié lors de deux campagnes d'échantillonnage réalisées le 21 juin et le 6 septembre 2021 dans les stations amont et aval.

7.4. Résultats

7.4.1. Inventaire algal et densités cellulaires

En regroupant les deux stations, la richesse spécifique totale s'élève à 66 espèces inventoriées réparties en 56 diatomées, 6 chlorophycées, 2 cyanobactéries, 1 chrysophyte et 1 euglénophyte (Tableau XII). La richesse spécifique la plus faible a été recensée sur la station aval en septembre 2021 avec 54 espèces.

Les Diatomées sont le groupe majoritaire en nombre d'espèces sur les deux stations d'étude. Parmi les espèces diatomiques les plus représentées figurent *Melosira varians*, *Diatoma vulgare* et *Rhoisophenia abbreviata*. L'algue verte benthique la plus fortement représentée est *Spirogyra varians*. Les deux cyanobactéries recensées sont *Oscillatoria* sp. pour l'espèce majoritaire et *Lyngbya* sp.

Les densités cellulaires phytobenthiques (Figure 7) sont légèrement plus élevées sur la station amont et atteignent la valeur maximale de 2 194 cell/cm² en septembre 2021 (contre 3 804 cell/cm² en juin 2020).

Sur la station Amont, les valeurs densitaires phytobenthiques fluctuent entre 1 706 (juin 2021) et 2 194 cell/cm² (septembre 2021), donc un écart saisonnier marqué et une densité plus forte en septembre.

Sur la station Aval, l'écart des valeurs densitaires est aussi contrasté entre les deux dates mais inversé car les densités sont plus élevées en juin avec 1 278 cell/cm² contre 936 cell/cm² en septembre.

Sur ces deux stations, les valeurs densitaires sont relativement faibles et continuent de diminuer par rapport aux années précédentes. Dans les échantillons analysés au microscope, une couche sédimentaire relativement conséquente a été observée et pourrait avoir inhibé le développement phytobenthique et l'activité photosynthétique. Bien que des opérations de gestion sédimentaire aient été réalisées sur le Haut-Rhône à la fin du mois de mai, ces observations doivent être associées au régime exceptionnel des débits estivaux, importants du fait de précipitations abondantes sur une grande partie du bassin versant.

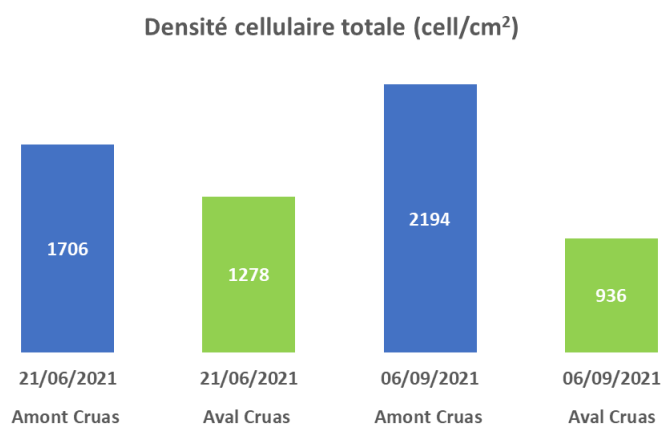


Figure 7 : Densités phytobenthiques totales (en cell/cm²) sur les stations Amont et Aval

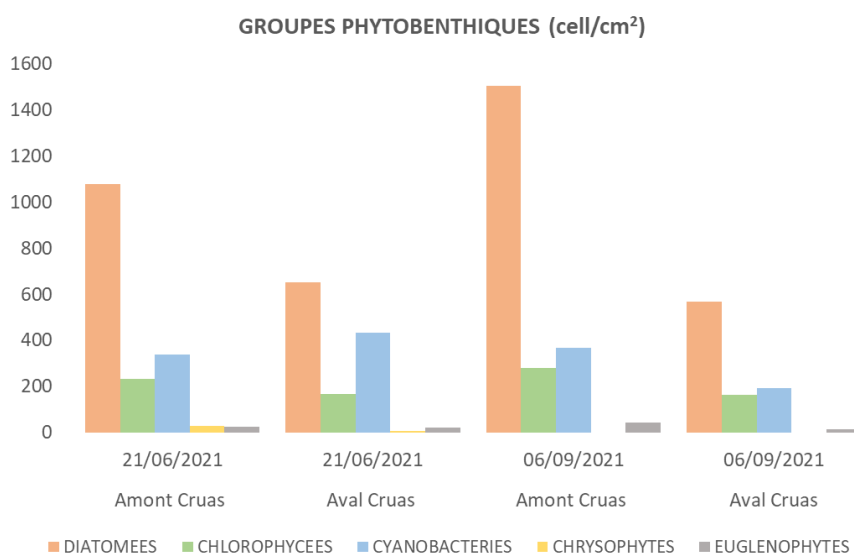


Figure 8 : Densités cellulaires des groupes d'algues benthiques (en cell/cm²).

Tableau XI : Pourcentage des groupes d'algues benthiques

	Amont Cruas	Aval Cruas	Amont Cruas	Aval Cruas
	21/06/2021	21/06/2021	06/09/2021	06/09/2021
<i>DIATOMEES</i>	63.3	51.0	68.6	60.7
<i>CHLOROPHYCEES</i>	13.7	13.0	12.8	17.5
<i>CYANOBACTERIES</i>	19.9	33.8	16.7	20.5
<i>CHRYSOPHYTES</i>	1.6	0.6	0.0	0.0
<i>EUGLENOPHYTES</i>	1.4	1.6	2.0	1.3

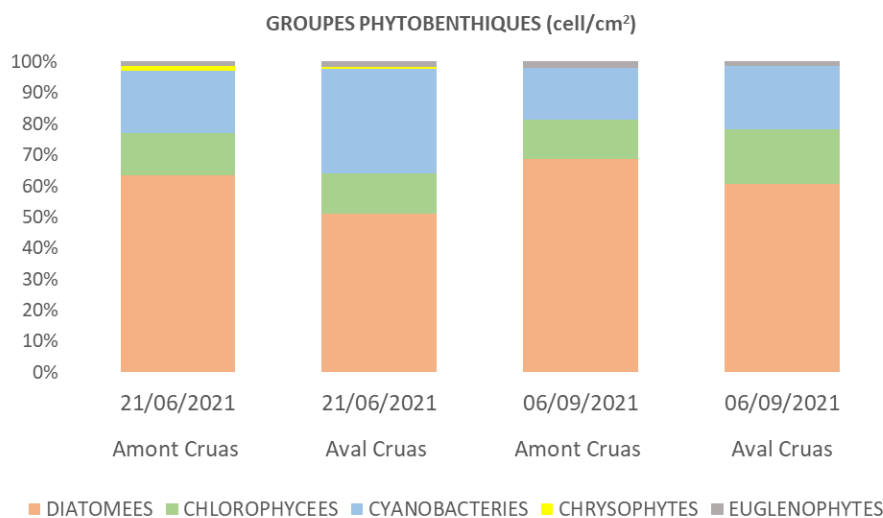


Figure 9 : Pourcentage des différents groupes d'algues benthiques

Les Diatomées

Les densités cellulaires diatomiques sont relativement plus élevées sur la station amont en particulier en septembre. Les diatomées restent majoritaires et représentent entre 51% (station aval en juin 2021) et 68,6 % (station amont en septembre 2021) du peuplement phytobenthique selon les stations (Figure 8, Figure 9, Tableau XI et Tableau XII).

Les Chlorophycées

Les densités cellulaires en chlorophycées sont relativement stables au cours des deux campagnes. Elles sont néanmoins faiblement représentées dans le phytobenthos. En septembre 2021, elles constituent sur les stations amont et aval respectivement 12,8 et 17,5 % (Figure 9).

Les Cyanobactéries

Les densités cellulaires en Cyanobactéries sont plus élevées sur la station aval en juin 2021 (432 cell/cm²). Elles représentent entre 16,7% (amont septembre 2021) et 33,8% (aval juin 2021) du phytobenthos.

L'analyse des valeurs densitaires met en exergue une légère réduction de la biomasse algale en 2021. En effet, on peut constater une diminution des densités phytobenthiques au cours des deux campagnes 2021 par rapport aux années précédentes.

En effet, l'observation microscopique du phytobenthos a mis en évidence la présence de nombreuses particules sédimentaires dans les prélèvements et une forte prédominance des diatomées *Diatoma vulgare* et *Melosira varians* en particulier sur la station aval. Ces dépôts sédimentaires sur le substrat inhibent la croissance phytobenthique et pourraient aussi expliquer les faibles valeurs des densités phytobenthiques.

Tableau XII : Inventaire et densités cellulaires du phytobenthos en amont et aval de Cruas.

PHYTOBENTHOS	Amont Cruas	Aval Cruas	Amont Cruas	Aval Cruas
	21/06/2021	21/06/2021	06/09/2021	06/09/2021
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	8	4	16	4
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	24	16	36	12
<i>Achnanthes lanceolata</i>	12	4	20	4
<i>Amphora ovalis</i>	20	4	32	4
<i>Amphora pediculus</i>	4	4	8	4
<i>Amphora veneta</i>	12	4	8	4
<i>Berkeleya rutilans</i>	0	0	8	0
<i>Caloneis amphisbaena</i>	0	0	12	0
<i>Cocconeis pediculus</i>	24	16	40	12
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	28	4	48	4
<i>Cyclotella ocellata</i>	12	8	4	4
<i>Cymatopleura solea</i>	4	0	8	0
<i>Cymbella affinis</i>	12	8	16	4
<i>Cymbella cistula</i>	8	4	16	4
<i>Cymbella lanceolata</i>	8	4	0	0
<i>Cymbella minuta</i>	24	20	36	16
<i>Cymbella prostrata</i>	16	4	20	4
<i>Cymbella tumida</i>	20	8	24	0
<i>Denticula tenuis</i>	4	0	4	0
<i>Diatoma tenuis</i>	8	0	8	0
<i>Diatoma vulgare</i>	108	80	152	68
<i>Diploneis oblongella</i>	8	4	24	4
<i>Eolimna minima (Navicula minima)</i>	16	8	20	8
<i>Encyonema silesiaca (ESLE)</i>	8	4	12	4
<i>Encyonema minuta (ECPM)</i>	4	4	16	4
<i>Fragilaria capucina</i>	20	8	24	12
<i>Fragilaria acus/Ulnaria acus</i>	40	28	52	24
<i>Fragilaria ulna/Ulnaria ulna</i>	16	12	64	8
<i>Gomphonema minutum</i>	4	8	20	4
<i>Gomphonema olivaceum</i>	40	16	48	12
<i>Gomphonema parvulum</i>	40	20	36	32
<i>Gomphonema acuminatum</i>	8	4	12	4
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	4	8	4	4
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0	0	4	0
<i>Mayamaea permitis (Navicula atomus)</i>	36	16	40	20
<i>Melosira varians</i>	124	92	148	72
<i>Navicula atomus</i>	8	4	12	4
<i>Navicula capitatoradiata</i>	44	24	68	32
<i>Navicula cryptocephala</i>	20	12	32	8
<i>Navicula cryptotenella</i>	28	32	52	24
<i>Navicula cryptotenelloides</i>	16	12	36	20
<i>Navicula gregaria</i>	8	4	4	0
<i>Navicula lanceolata</i>	12	4	8	4
<i>Navicula frugalis (Eolimna subminuscula)</i>	12	8	16	4
<i>Navicula saprophila (Fistutera saprophila)</i>	28	16	24	12
<i>Navicula tripunctata</i>	8	4	12	4
<i>Navicula recens</i>	4	8	4	12
<i>Nitzschia dissipata</i>	16	4	16	8

PHYTOBENTHOS	Amont Cruas	Aval Cruas	Amont Cruas	Aval Cruas
	21/06/2021	21/06/2021	06/09/2021	06/09/2021
<i>Nitzschia frustulum</i>	20	12	4	8
<i>Nitzschia linearis</i>	4	8	8	4
<i>Nitzschia palea</i>	20	12	28	12
<i>Rhoiscophenia abbreviata</i>	64	28	72	24
<i>Sellaphora seminulum (ex Navicula)</i>	28	16	44	12
<i>Sellapora pupula</i>	8	4	12	8
<i>Surirella brebissonii</i>	4	4	8	4
<i>Surirella ovata</i>	4	12	4	4
DIATOMÉES	1080	652	1504	568
<i>Chlorella sp.</i>	56	20	84	0
<i>Oocystis lacustris</i>	8	16	20	4
<i>Planctonema lauterboni</i>	0	30	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	4	4	12	8
<i>Scenedesmus armatus</i>	78	32	48	72
<i>Spirogyra varians</i>	88	64	116	80
CHLOROPHYCEES	234	166	280	164
<i>Lyngbya sp</i>	124	164	0	0
<i>Oscillatoria sp.</i>	216	268	366	192
CYANOBACTERIES	340	432	366	192
<i>Kystes</i>	28	8	0	0
CHRYSOPHYTES	28	8	0	0
<i>Euglèna spp</i>	24	20	44	12
EUGLENOPHYTES	24	20	44	12
Densité cellulaire Totale (cell/cm²)	1706	1278	2194	936
Richesse spécifique	62	60	62	54

7.4.2. Calculs de l'IBD et de l'IPS

Les indices IBD et IPS ont été évalués avec le Logiciel Omnidia. Les notes obtenues pour l'IBD oscillent entre 12,5/20 (station aval en septembre 2021) et 13,6/20 (station amont en septembre 2021) (Tableau XIII). Les valeurs de l'IBD indiquent une classe de qualité biologique bonne en station amont au mois de septembre et passable aux stations amont (juin 2021) et aval (juin et septembre 2021) avec une eutrophisation modérée pour l'ensemble des quatre relevés. **On note une quasi-stabilité de la classe de qualité par rapport aux années précédentes avec des valeurs qui tendent vers la note de 13/20 sur la station située à l'aval.**

Il est important de souligner que la limite de classe est à 13 et qu'en étant très asymptotique à cette limite, on peut se situer en classe de qualité « BONNE » OU « PASSABLE » avec des assemblages très similaires. Actuellement, l'utilisation des méthodes (arrêté du 25 janvier 2010 modifié), en transformant en EQR et en se référant aux grilles pour ces EQR, permet d'avoir une note en EQR.

La note en EQR se calcule comme suit :

Note en EQR= (note observée – note minimale du type) / (note de référence du type – note minimale du type)

Valeurs inférieures des limites des classes d'état, exprimées en EQR, par type de cours d'eau pour l'IBD 2007

ELEMENTS DE QUALITE	INDICE	LIMITES DES CLASSES D'ETAT IBD en EQR			
		Très Bon/Bon	Bon/Moyen	Moyen/Médiocre	Médiocre/Mauvais
<u>Phytobenthos</u>	IBD 2007	0,94	0,78	0,55	0,3
Les valeurs de l'IBD2007 figurant dans ce tableau ont pris en compte la décision de la commission du 20 septembre 2013 relatif à l'inter-étalonnage.					

STATIONS	Amont Cruas 21/06/21	Aval Cruas 21/06/21	Amont Cruas 06/09/21	Aval Cruas 06/09/21
EQR	0,69	0,7	0,74	0,67

L'interprétation écologique des valeurs d'IBD pour les très grands cours d'eau (d'après la définition des classes de qualité DCE, HER Méditerranée très grands cours d'eau) attribue un état écologique moyen qui stipule des modifications modérées par rapport aux communautés de référence. Un niveau modéré de distorsion par rapport aux activités humaines, des concentrations en nutriments ou pollutions organiques élevées. Ce secteur d'étude peut s'assimiler à un cours d'eau mésotrophe.

Pour calculer la note en EQR, le choix de l'hydro-écorégion s'est porté sur (6) Méditerranée d'où le calcul suivant:

Date : le 21/06/21

- Amont CRUAS : Note en EQR= $(12,8 - 1) / (18,1 - 1) = 0,69$
- Aval CRUAS : Note en EQR= $(12,9 - 1) / (18,1 - 1) = 0,7$

Date : le 06/09/21

- Amont CRUAS : Note en EQR= $(13,6 - 1) / (18,1 - 1) = 0,74$
- Aval CRUAS : Note en EQR= $(12,5 - 1) / (18,1 - 1) = 0,67$

La limite inférieure de la classe **Moyen/médiocre** est de 0,55, les stations amont et aval de Cruas se situent dans cette classe

Tableau XIII : Calcul des indices IBD et IPS à l'aide du logiciel Omnidia.

	Amont Cruas	Aval Cruas	Amont Cruas	Aval Cruas
Dates	26 juin 2021	26 juin 2021	6 sept. 2021	6 sept. 2021
Effectif compté	417	401	404	386
Diversité	3,83	3,72	3,74	4,51
Equitabilité	0,8	0,79	0,77	0,89
IBD	12,8	12,9	13,6	12,5
Classe de qualité	Passable	Passable	Bonne	Passable
IPS	12,4	12,4	12,7	11,9

Le cortège diatomique de la station amont comprend majoritairement des taxons β -alpha mésosaprobés* (respectivement 26,9% en juin 2020 et 22,1% en septembre 2020), eutrophes et tolérants (26,6% / 28,4% en juin 2019 et 30,2% / 22,9% en septembre 2020) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

La majorité des diatomées inventoriées en amont et en aval du CNPE appartiennent majoritairement à des conditions trophiques eutrophes et tolérantes, à des conditions saprobiques β -mésosaprobe** et β -alpha mésosaprobe* et de classes de pH de type alcaliphile.

* β -alpha mésosaprobés : diatomées tolérantes aux eaux moyennement polluées à polluées et à teneur moyenne en oxygène dissous

** β -mésosaprobés : diatomées inféodées aux eaux modérément polluées et à teneur élevée en oxygène dissous

7.5. Conclusion

L'étude réalisée n'a pas permis d'identifier une influence des activités du CNPE sur les communautés phytobenthiques.

Les résultats informent d'une légère diminution quantitative du compartiment phytobenthique sur les deux stations qui n'est pas imputable à la présence du CNPE.

L'évaluation de l'intégrité algologique ne doit pas se faire exclusivement à partir du seul critère indiciel (IBD, IPS), il est nécessaire d'identifier les « désordres » biologiques dans un écosystème aquatique lotique à partir de l'ensemble de la communauté algale.

Les grilles de qualité utilisées pour les paramètres issus de méthodologies aujourd'hui opérationnelles sont les suivantes :

Classe de qualité	bleu	vert	jaune	orange	rouge
Qualité biocénose	très bonne	bonne	passable	mauvaise	très mauvaise

Intégrité biologique	bleu	vert	jaune	orange	rouge
Proportion cyanophytes* % maximum dans l'eau	5	30	60	90	
% chloro a/(chloro a + phéopigments)	80	60	40	20	
Proportion d'euglènes* % maximum dans l'eau	10	30	60	90	
IBD note/20	17	13	9	5	

D'après le SEQ Bio : Système d'évaluation biologique des cours d'eau - Les études des Agences de l'eau, N°77. Rapport 27p. <http://www.sandre.eaufrance.fr/IMG/pdf/SEQBioET77.pdf>

Les proportions de Cyanobactéries (Cyanophytes) observées pendant les deux campagnes d'échantillonnage attribuent une classe de **qualité biocénose bonne** sur les deux stations en septembre 2021, uniquement à l'amont en juin 2021. La classe de qualité est **passable** à l'aval en juin 2021. Cette évaluation de la qualité à partir de la proportion de cyanobactéries corrobore les résultats obtenus à partir du seul calcul de l'IBD.

Pour une évaluation pertinente de la qualité d'eau, le recensement exhaustif et le suivi de la dynamique de l'ensemble du phytobenthos s'avèrent primordial pour appréhender d'éventuelles proliférations massives et mieux rendre compte de la diversité des atteintes au bon fonctionnement écologique.

8. LES MACROPHYTES

L'évaluation de la qualité biologique à partir des macrophytes a été réalisée par l'Agence Mosaïque-Environnement selon le protocole de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) appliqué pour les grands cours d'eau.

Rédaction : Eric BOUCARD, Mathilde REICH

Détermination : Eric BOUCARD, Mathilde REICH

Inventaires terrain : Eric BOUCARD, Mathilde REICH, Elsie MOUREU

Cartographie et relecture : Mathilde REICH, Eric BOUCARD



© Mosaïque Environnement 2021

Agence Mosaïque Environnement

111 rue du 1er Mars 1943 - 69100 Villeurbanne tél. 04.78.03.18.18 - fax 04.78.03.71.51

agence@mosaique-environnement.com - www.mosaique-environnement.com

SCOP à capital variable – RCS 418 353 439 LYON



8.1. Préambule

Sous ce terme générique, les macrophytes désignent l'ensemble des végétaux aquatiques ou amphibies visibles à l'oeil nu, ou vivant habituellement en colonies visibles à l'oeil nu comme les algues filamenteuses par exemple. Ils comprennent des phanérogames, des ptéridophytes, des bryophytes, des lichens, des macro-algues, et par extension, des colonies de cyanobactéries ainsi que des colonies hétérotrophes de bactéries et champignons également visibles à l'oeil nu.

L'étude des macrophytes s'effectue selon le protocole de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR).

Il suit la Norme française : NF T90-395 (01/10/2003) « Qualité de l'eau - Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR) » complétée de la norme NF EN 14184 (avril 2014) « Guide pour l'étude des macrophytes aquatiques dans les cours d'eau ».

Le Guide méthodologique d'application de l'IBMR AFNOR GA T90-495 n'est pas encore paru.

8.2. Présentation de la zone d'étude

Les éléments décrits ici sont repris des rapports des campagnes des années 2016 à 2020. Ils ne changent pas. Les stations sont décrites dans la partie méthodologie d'étude. Les stations sont localisées aux mêmes sites depuis 2016 et sont cartographiées chaque année pour tenir compte au plus juste de l'échantillonnage réalisé (Figure 10, Figure 11, Photo 4, Photo 5).

8.3. Méthodologie

La méthodologie de réalisation de l'IBMR appliquée en 2021 est la même depuis 2016.

8.3.1. Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR)

L'IBMR est une méthode d'évaluation de la qualité écologique des cours d'eau basée sur l'utilisation du peuplement végétal aquatique (les macrophytes).

La méthodologie d'étude pour la réalisation de l'IBMR suit la norme **AFNOR NF T90-395** d'octobre 2003. Cette approche est basée sur l'analyse du cortège des végétaux aquatiques (algues, bryophytes, phanérogames). Elle s'appuie notamment sur la diversité des espèces, leur recouvrement et la présence d'espèces indicatrices.

Le relevé des espèces présentes et de leur abondance est conduit sur un linéaire fixé à 100 mètres par station étudiée.

Cet indice est sensible au degré de trophie (richesse en azote et phosphore) ainsi qu'aux pollutions organiques. Il est aussi sensible aux conditions abiotiques (vitesse d'écoulement, éclaircissement, etc.).

Les relevés par station concernent

- les mesures mésologiques pour caractériser le lit mineur : profondeur moyenne par faciès⁷, largeur, vitesses de courant, éclaircissement du lit (5 classes) ;
- les relevés floristiques comprenant la détermination des taxons (à l'espèce sauf les algues déterminées au genre) et l'estimation des recouvrements en surface du lit.

Les données de terrain sont notées dans une fiche Terrain IBMR issue de la norme.



La liste floristique des espèces observées et relevées sur le terrain la plus exhaustive possible est établie.

Pour le calcul de l'IBMR, seule une liste d'espèces contributives est retenue. Pour chacune d'entre elles, une cote spécifique d'oligotrophie (Csi de 0 à 20), un coefficient d'abondance (Ki de 1 à 5 en fonction du pourcentage de recouvrement) et un coefficient de sténoécie (Ei de 1 à 3 selon le degré de sténoécie) sont attribués.

L'indice IBMR est ensuite calculé automatiquement dans le logiciel ALISMA (qui remplace les feuilles de calcul Excel anciennement utilisées) développé par le GIS « macrophytes ». Ce logiciel permet de calculer l'indice et ses principales valeurs caractéristiques. La version utilisée pour cette campagne est la dernière en date : version 1.0.3.

La formule de calcul ainsi que le détail de la méthodologie sont expliqués dans la norme AFNOR.

L'interprétation des résultats de l'IBMR est réalisée par l'intégration de ces résultats dans une grille de qualité comprenant 5 niveaux selon le niveau trophique (AFNOR NF T 90-395). Les seuils de la norme AFNOR sont indiqués dans la grille ci-dessous.

Très faible	IBMR > 14	
Faible	12 < IBMR ≤ 14	
Moyen	10 < IBMR ≤ 12	
Fort	8 < IBMR ≤ 10	
Très élevé	IBMR ≤ 8	

Remarque : La détermination d'un niveau trophique très élevé (faible valeur de l'indice IBMR) ne correspond pas obligatoirement à une dégradation de la qualité.


Il est possible de calculer l'EQR (Ecological Quality Ratio) fin d'évaluer l'état écologique de l'eau sur les stations à partir des notes d'IBMR. Selon 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, l'EQR (IBMR) = (note observée) / (note de référence). La note de référence est définie en fonction du type de cours d'eau et de l'hydroécocorégion où se trouvent les stations. Selon le

⁷ Un faciès désigne une partie de cours d'eau présentant des caractéristiques relativement homogènes de vitesse, granulométrie, profondeur, et en conséquence de colonisation potentielle par les macrophytes. Le terme pourra être complété par les termes lentique (faciès ayant une faible vitesse de courant) ou lotique (à forte vitesse de courant).

référentiel du SDAGE 2016-2021 Rhône-Méditerranée, les stations étudiées font parties de l'hydroécocorégion 6 "Méditerranée" qui a pour note de référence 9,38.

Le tableau ci-dessous indique les seuils d'EQR qui définissent l'état écologique.

Etat écologique	
Très bon	0.92
Bon	0.77
Moyen	0.64
Médiocre	0.51
Mauvais	



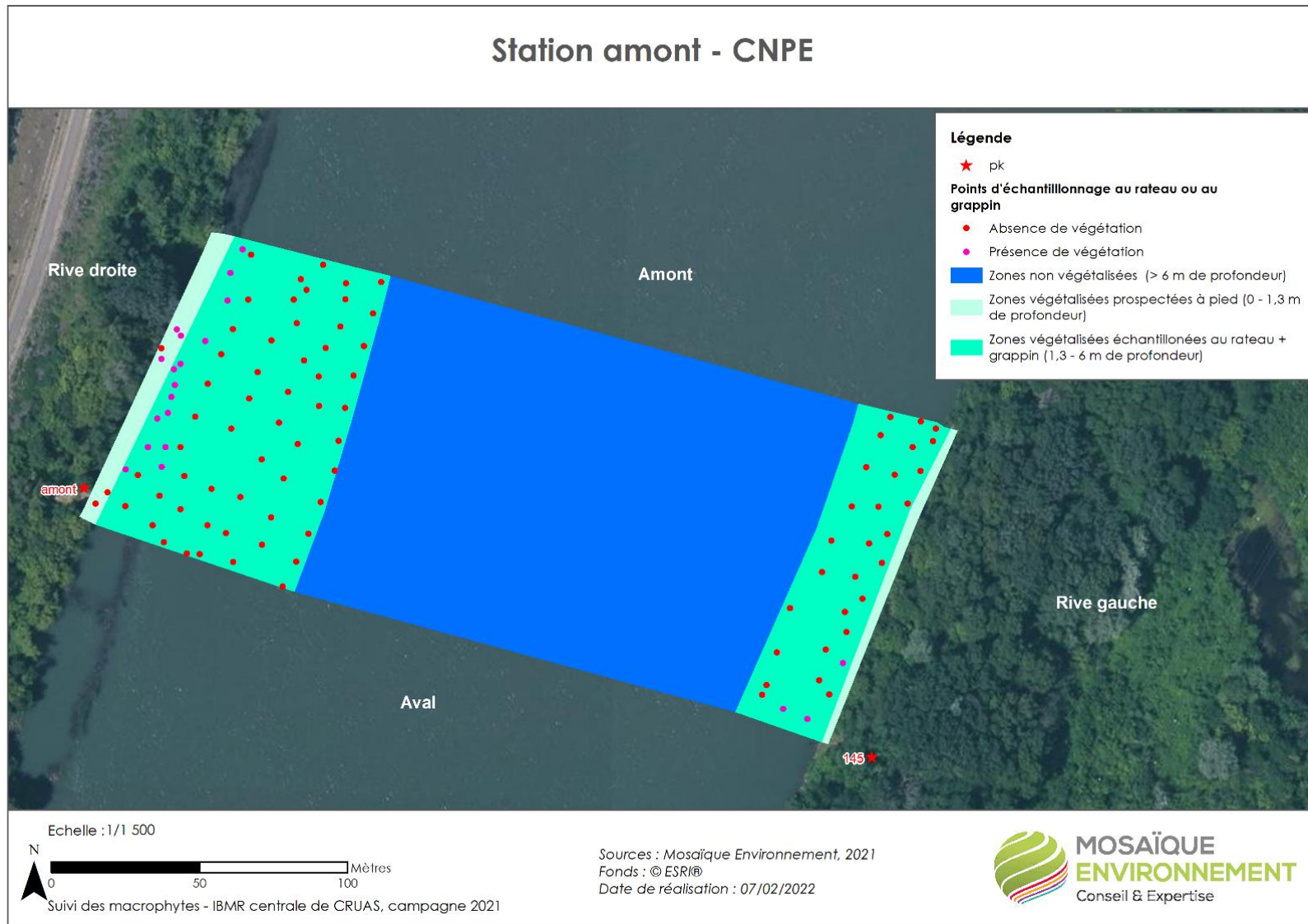


Figure 10 : Localisation de la station Amont sur le Rhône



Photo 4 : Station AMONT en rive gauche en 2021. © Mosaïque Environnement



Photo 5 : Station AVAL en rive droite en 2021. © Mosaïque Environnement

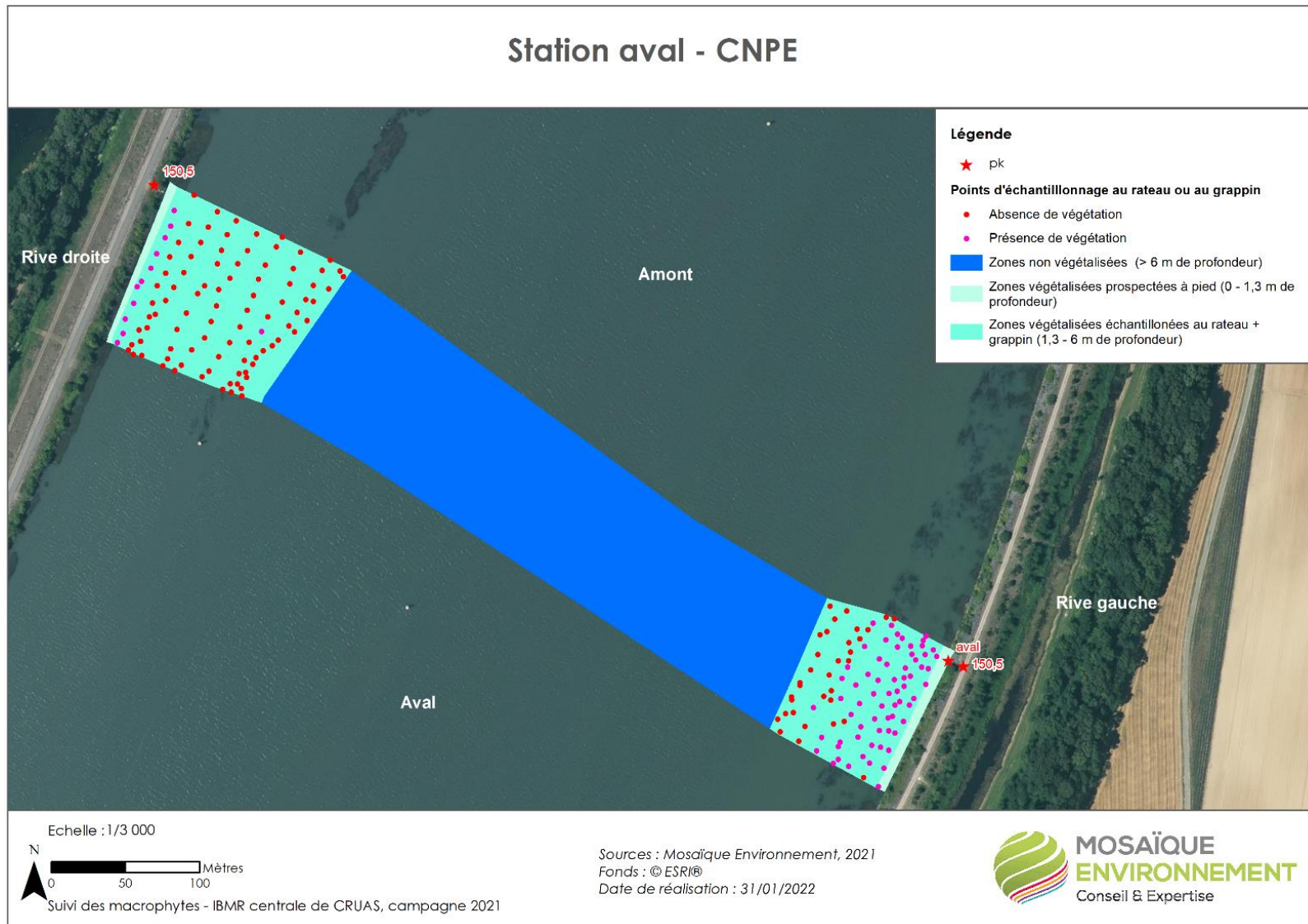


Figure 11 : Localisation de la station Aval sur le Rhône

8.3.2. Méthode Grand Cours d'eau

Les deux stations d'étude sont localisées sur le Rhône qui est un cours d'eau profond, et nécessite une adaptation de la méthode comme le stipule l'annexe B de la norme AFNOR. Trois zones figurent sur le cours d'eau : les berges, les zones profondes inférieures à 6 m, le chenal actif supérieur à 6 m, lieu de circulation des bateaux à grand gabarit. Les relevés ont été réalisés sur les deux premières zones.

L'examen de pied de berge (zone « Bord » étroite en pied de berges dans le Tableau XIV et apparaissant en bleu clair sur les cartes des Figure 10 et Figure 11) se fait à vue, comme pour les cours d'eau peu profonds (Photo 6). La surface inventoriée par ce moyen (parcours en pantalon de pêche jusqu'à une profondeur de 1 à 1,3 m environ selon la dureté du substrat et la hauteur des vagues) varie en fonction de la station et ne dépasse pas 5 m de large en général.

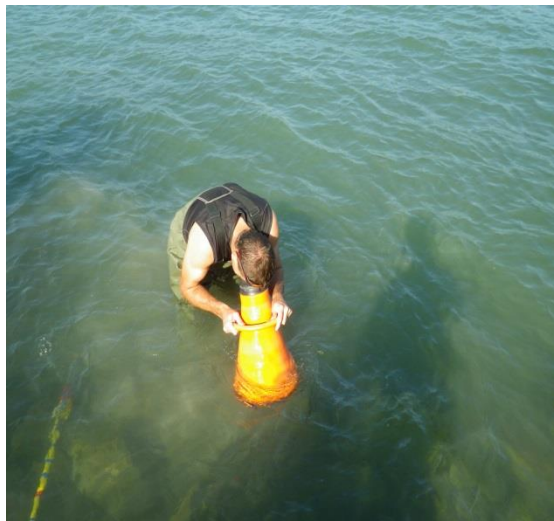


Photo 6 : Examen de pied de berges.
© Mosaïque Environnement

L'examen sur semis de points en zone profonde (zone « Veg » dans le Tableau XIV et en vert sur les cartes des Figure 10 et Figure 11) est réalisé depuis une embarcation. D'après l'annexe B de la norme AFNOR, le nombre de points contacts doit être suffisamment important pour représenter totalement la végétation présente dans la rivière (au moins 100 points contacts). Ces prélèvements ont été réalisés le long de profils en travers, et en long uniformément répartis de manière systématique tous les 10 m entre l'amont et l'aval et tous les 10 m entre la zone prospectée à pied et le chenal atteint vers 6 m de profondeur. Le râteau télescopique a été utilisé jusqu'à 4 m de profondeur. Au-delà, les relevés sont effectués jusqu'à 6 m de profondeur à l'aide d'un grappin. Les points pris au GPS figurent sur les cartes (Figure 10, Figure 11).

Les nombres de points contacts ont été de 106 dans la station Amont et de 200 dans la station Aval.

A partir de 6 m de profondeur, la zone euphotique⁸ est atteinte compte tenu de la transparence limitée sur le Rhône et plus aucune espèce végétale ne s'observe dès 3-4 m de profondeur. Cette partie très profonde du chenal est donc notée comme une zone sans végétation et n'a pas fait l'objet de points contacts inutiles (zone « No veg » dans le Tableau XIV et apparaissant en bleu sur les cartes des stations). De plus, cette zone est le chenal de navigation des bateaux à grand gabarit, ce qui rend dangereux ce secteur pour tout échantillonnage.

L'étude des macrophytes a été faite à partir d'une embarcation à moteur nécessitant 3 personnes : un pilote, un botaniste qui réalise les points contacts, et une personne chargée de prendre les points GPS lors de la navigation et de noter les espèces identifiées et les recouvrements.

Les relevés ont été réalisés les 22 et 23 septembre 2021, en conditions hydrauliques d'étiage : 823 m³/s le 22 septembre et 706 m³/s le 23 septembre. Ils ont été précédés d'une période continue de baisse progressive des débits depuis la crue (Q > 4 000 m³/s) de la mi-juillet.

8.3.3. Calculs

Compte-tenu de la particularité des stations, deux méthodes d'échantillonnage ont été utilisées (cf. méthodologie). Il a donc été nécessaire de combiner ces deux méthodes d'échantillonnage pour le calcul de l'IBMR. Pour ce faire, une feuille de calcul Excel a été produite pour calculer la surface de recouvrement des points contacts et des Unités de Relevés (cf. annexes de la section 12.3).

Pour les relevés de berges, l'évaluation du recouvrement de chaque espèce a été faite visuellement. Il s'agit de la zone d'Unité de Relevé (UR) n°2.

Pour les secteurs de chenal (profondeur < 6 m) (UR1), les profils (sondages au râteau et au grappin) ont permis d'ajuster les superficies obtenues et éventuellement de prélever d'autres espèces. Ces points contacts longitudinaux réalisés dans la zone centrale sont au nombre de 106 points contacts sur la station Amont de superficie égale à environ 29 000 m² et 200 sur la station Aval beaucoup plus grande (environ 61 500 m²) d'où un échantillonnage plus important. Après traitement des données, il est possible de déterminer facilement un pourcentage de points contacts végétalisés. Le pourcentage de recouvrement d'une espèce (Respi) est déterminé en prenant en compte l'indice d'abondance à chaque point contact pour obtenir ainsi une moyenne :

- a correspond au nombre de points contacts ayant un indice de 5 ;
- b correspond au nombre de points contacts ayant un indice de 4 ;
- c correspond au nombre de points contacts ayant un indice de 3 ;
- d correspond au nombre de points contacts ayant un indice de 2 ;
- e correspond au nombre de points contacts ayant un indice de 1 ;
- ΣPC correspond au nombre total de points contacts réalisés.

⁸ La zone euphotique est la couche superficielle d'une étendue d'eau dans laquelle la lumière solaire est assez intense pour permettre la photosynthèse (*Encyclopedia Universalis*).

L'agrégation des données pour les calculs de pourcentages de recouvrement se fait ensuite par la somme pondérée par les surfaces respectives des zones. Celles-ci figurent dans le Tableau XIV.

Compte tenu des dimensions importantes de chaque station, ces calculs de surface se font à l'aide d'un SIG sur lequel la station IBMR⁹ est tracée (100 m de long pour une largeur de bord à bord). La distance est appréciée et mesurée sur SIG pour la largeur et les surfaces sont calculées directement sur le logiciel. Dans le Tableau XIV, la surface arrondie permet de simplifier les calculs.

Afin de rendre la méthode la plus reproductible possible pour une meilleure comparaison des surfaces, le tracé de la station sur SIG est rectifié légèrement chaque année. Il évolue en général peu d'une campagne sur l'autre car seule une différence marquée du niveau d'eau permet de le modifier. La surface de calcul SIG est ensuite arrondie pour limiter les artefacts.

Les indices ont été recalculés sur le logiciel Alisma pour tenir compte des bonnes surfaces.

Tableau XIV : Surfaces des différentes zones sur les deux stations

Station	UR	Part de l'UR sur le point de prélèvement (%)	Zone	Surface_ha	Surface_m ²	Surface calcul SIG (m ²)	Surface calcul SIG arrondie (m ²)
Amont CNPE	2	4	Bord_RG	0,03	345	1 060	1 060
Amont CNPE			Bord_RD	0,07	715		
Amont CNPE	1	96	Veg_RD	0,69	6 942	10 235	10 300
Amont CNPE			Veg_RG	0,33	3 293		
Amont CNPE			No_Veg	1,77	17 684			17 684	17 700
TOTAL		100			28 979	28 979	29 000
Aval CNPE	2	2	Bord_RD	0,05	528	1 223	1 200
Aval CNPE			Bord_RG	0,07	695		
Aval CNPE	1	98	Veg_RG	0,87	8 705	22 001	22 000
Aval CNPE			Veg_RD	1,33	13 295		
Aval CNPE			No_Veg	3,83	38 308			38 308	38 300
TOTAL		100			61 531	61 531	61 500

8.4. Résultats des prospections

8.4.1. Description des stations Amont et Aval du CNPE de Cruas-Meysse

Les résultats bruts sont présentés dans la feuille de synthèse, extraite de la base de données ALISMA en annexe (Annexe IV).

Les données brutes des points contacts saisis dans un tableur Excel pour chacune des deux stations sont présentées en annexe (Annexe V).

La localisation des points contacts et la représentation schématique des stations sont indiquées sur les cartes des stations (Figure 10, Figure 11).

⁹ La station IBMR définie un segment de cours d'eau comprenant un ou plusieurs faciès de courant, sur lequel est réalisé le relevé floristique.

Le Rhône en amont du CNPE

Il s'agit du Rhône aménagé localisé en aval de la confluence avec le RCC.

Dans cette partie, le Rhône est très large, 265 m. La largeur est mesurée bord à bord en fonction du niveau d'eau à chaque campagne. L'unité de relevé dominante est le chenal (UR1 : 96%). La profondeur dominante est supérieure à 2 m et dépasse rapidement 4 m, puis 6 m au niveau du chenal de navigation. Le faciès dominant est le chenal lotique. L'écoulement est homogène, de type laminaire. Le substrat du lit est très peu diversifié, constitué majoritairement par des blocs. A noter que sur le terrain, il est souvent difficile d'apprécier le substrat à ces profondeurs. On note la quasi absence de sédiments fins. Compte tenu de la profondeur, de la turbidité et du substrat, seuls quelques herbiers aquatiques épars se développent dans cette zone. Les berges artificielles enrochées sont hautes et pentues (pente de 45° environ). Une digue Girardon, parallèle au courant et constituée de blocs, est visible sur la station à quelques mètres de la rive gauche (Photo 7). Quelques herbiers se développent dans les interstices des enrochements.



**Photo 7 : Digue longitudinale d'un casier Girardon parallèle à la berge sur la station amont.
© Mosaïque Environnement**

Pour l'unité de relevé berges (UR2 : 4%), le chenal lentique est dominant. On y observe aussi un plat lentique et les bordures. Les substrats sont constitués de vases et de limons autant que de blocs et de sables/graviers, ce qui permet l'installation plus importante d'espèces, essentiellement des hydrophytes¹⁰, d'autant plus que la profondeur d'eau est moindre que dans le chenal lotique.

Le Rhône en aval du CNPE

Dans cette partie aval de la retenue de Montélimar, le Rhône est encore plus large qu'à l'amont : 610 m. La largeur est mesurée au GPS de bord à bord en fonction du niveau d'eau à

¹⁰ Une hydrophyte est une plante vivant dans ou à la surface de l'eau (par exemple le potamot).

chaque campagne. L'unité de relevé dominante est le chenal (98%). La profondeur dominante est supérieure à 2 m. Elle dépasse rapidement 4 m, puis 6 m au niveau du chenal. Le faciès dominant est le chenal lotique. L'écoulement est homogène, de type laminaire. Le substrat du lit est très peu diversifié, constitué majoritairement par des blocs. A noter que sur le terrain, il est souvent difficile d'apprécier le substrat à ces profondeurs. On note la quasi absence de sédiments fins. Compte tenu de la profondeur, de la turbidité et du substrat, seuls quelques herbiers aquatiques épars se développent dans cette zone.

Pour l'unité de relevé berges (2%), le chenal lentique est co-dominant avec le plat lentique du fait d'une pente plus douce que sur la station amont. Le substrat est constitué de vases et de limons autant que de blocs, ce qui permet l'installation d'espèces, essentiellement des hydrophytes, d'autant plus que la profondeur d'eau est moindre que dans le chenal lotique. La largeur de cette unité est de 16 m au total en cumulant les deux rives.

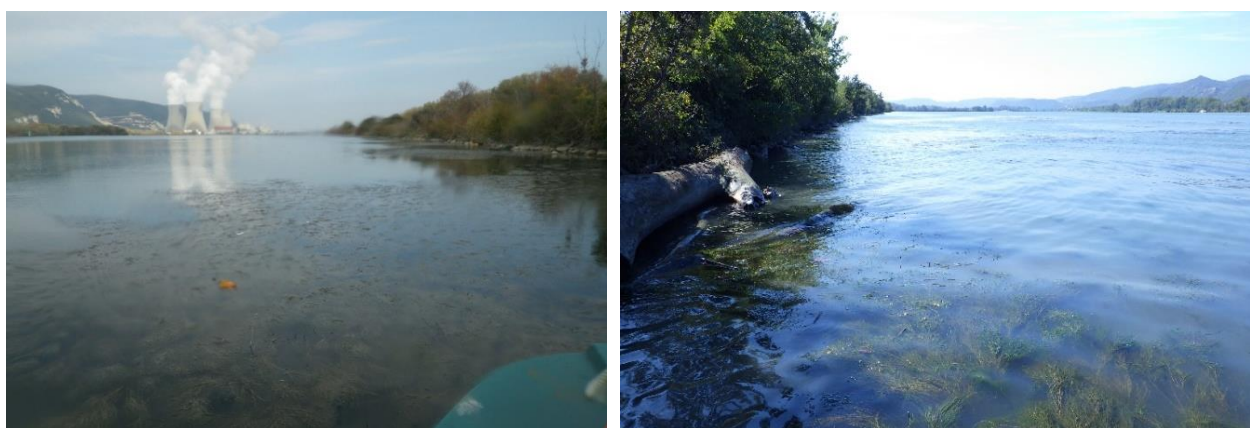


Photo 8 : Berge en rive gauche de la station aval (à gauche en 2020, à droite en 2021).
© Mosaïque Environnement

8.4.2. Calcul de l'IBMR et de l'EQR

Comme expliqué dans la méthodologie, l'IBMR se calcule à partir du recouvrement des différentes espèces observées sur la station (voir Annexe VI).

Pour la partie pied de berge (unité de relevé « berges », UR2), l'estimation du recouvrement est faite par estimation visuelle sur le terrain.

Pour l'examen sur semis de points en zone profonde (zone « Veg » de l'Unité de Relevé 1), le pourcentage de recouvrement d'une espèce a été calculé pour chacune de ces zones pour les 2 stations. Ce pourcentage de recouvrement a ensuite été pondéré pour chaque zone de UR1 en prenant en compte la zone de chenal supérieure à 6 m de profondeur non échantillonnée « zone No Veg » (cf. méthodologie).

Pour apprécier et calculer ses surfaces, nous nous sommes aidés du SIG pour tracer la station sur photographie aérienne en lien avec les points GPS.

La présentation de l'IBMR est faite dans la méthodologie. Les listes floristiques et les fiches de terrain sont fournies en annexe (Annexe V, Annexe VII).

Résultats synthétiques

Les résultats sont présentés dans les fiches Alisma (Annexe IV) et le Tableau XV

Tableau XV : Présentation des résultats synthétiques des IBMR. Pour rappel, une faible valeur d'indice indique un niveau trophique très élevé mais ne signifie pas forcément une dégradation de la qualité du milieu.

	Campagne septembre 2021	
Nom station	Rhône Amont CNPE	Rhône Aval CNPE
Num station	station amont CNPE	station aval CNPE
Note IBMR	8,25	6,71
Niveau trophique	Fort	Très élevé
Robustesse	9,35 élevée	7,25 forte
Espèces dominantes	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>

Détails pour le Rhône en amont du CNPE

Avec une note IBMR de 8,25, le niveau trophique du Rhône sur la station amont est fort. La robustesse de 9,35 est moyenne¹¹. Si on exclut le taxon qui a la plus grande valeur E.K (coefficient de sténoécie x classe de recouvrement), la note d'IBMR augmente de 1,1 point mais reste toujours dans la classe 8-10 qui indique un niveau trophique fort. On peut en conclure que le peuplement végétal de ce cours d'eau est assez bien représentatif. L'EQR calculé est de 0,88, ce qui indique un bon état écologique de l'eau sur cette station.

Les investigations de terrain ont permis d'échantillonner 21 taxons dont 18 contribuent au calcul de l'IBMR. La distribution de ces taxons est hétérogène, car la majorité des taxons est localisée sur l'UR2 berges (19 espèces), tandis que l'UR1 chenal abrite seulement 3 taxons à cause de la profondeur importante, de la turbidité et du substrat dur.

Concernant les taxons, le groupe des algues (9 espèces) est bien représenté, dominant celui des phanérogames (7 espèces). La présence et l'abondance de substrats durs (blocs, dalles), permet difficilement la colonisation et le développement des phanérogames, mais permet en revanche le développement des algues et des bryophytes (rive gauche surtout). De plus, les berges abruptes ne permettent que rarement l'installation des héliophytes¹² (*Carex acuta*, *Phragmites australis*) dont la prise en compte lors d'une campagne dépend essentiellement du niveau d'eau.

Le recouvrement du lit par la végétation aquatique atteint environ 4 % pour l'UR1 et 3% pour l'UR2. Sur cette UR2, il faut noter l'importance de la zone comprise entre la digue Girardon et la berge qui permet la colonisation des hydrophytes du fait d'un courant réduit et d'un substrat plus meuble lié au dépôt de sédiments (limons, sables). En 2020, l'UR2 était végétalisée à 11% environ. Le très faible pourcentage de végétation sur cette UR en 2021 s'explique sûrement par les épisodes

¹¹ La note IBMR robuste correspond au calcul de l'IBMR après soustraction du taxon ayant le plus fort produit du coefficient de sténoécie et du coefficient de recouvrement ($E_i * K_i$)

¹² Un héliophyte est une plante vivant seulement le pied dans l'eau, et possédant sa plus grande partie dressée hors de l'eau (par exemple le roseau).

de crues fréquents en juin et juillet notamment qui ne favorisent pas le développement de la végétation de même que les épisodes de pluviométrie fréquents cette année.

Le cortège floristique de cette station comprend à la fois des taxons eutrophes (*Oedogonium* sp., *Potamogeton nodosus*, *Stuckenia pectinata*, *Cladophora* sp.) et des taxons plus mésotrophes comme *Cinclidotus fontinaloides*, *C. riparius* et *Thorea* sp. De nombreuses espèces d'algues sont observées sur la station colonisant les différents substrats ou se développant en épiphytes sur les héliophytes et hydrophytes (*Lyngbya* sp., *Mougeotia* sp. *Oedogonium* sp., etc.).



Photo 9 : À gauche berge de la station amont rive gauche : on peut apercevoir au premier plan des herbiers aquatiques (*Stuckenia pectinata*) puis au second plan des héliophytes (*Phragmites australis* et *Carex acuta*) ; à droite, *Cladophora* sp. observée en 2021 mais pas en 2020 © Mosaïque Environnement.

Détails pour le Rhône en aval du CNPE

Avec une note IBMR de 6,71, le niveau trophique du Rhône sur la station aval est très élevé. Lorsque la robustesse de cet indice est testée, la note IBMR augmente d'un peu moins d'un point. On peut en conclure que le peuplement végétal de ce cours d'eau est assez représentatif. L'EQR calculé est de 0,72, ce qui indique un état écologique moyen de cette station.

Les investigations de terrain ont permis d'échantillonner 22 taxons dont 18 contribuent au calcul de l'IBMR. La distribution de ces taxons est également hétérogène comme sur la station amont, car 21 taxons sont localisés sur l'UR berges, tandis que l'UR chenal abrite 11 taxons.

Concernant les taxons, le groupe des phanérogames abrite 11 espèces, tandis que celui des algues est bien présent aussi (7 espèces). Cela s'explique par la présence et l'abondance d'une diversité de substrats (meubles ou durs) qui permettent la colonisation et le développement des phanérogames mais également le développement des algues.

Le recouvrement du lit par la végétation aquatique atteint 65 % sur l'UR2 berges tandis qu'il atteint 15 % sur l'UR chenal.

Le cortège floristique comprend des taxons eutrophes (*Stuckenia pectinata*, *Potamogeton perfoliatus*, *Rhizoclonium* sp., *Myriophyllum spicatum*), plus rarement des taxons mésotrophes comme *Phormidium* sp., *Cinclidotus fontinaloides*, *Cinclidotus riparius*.



Photo 10 : Vue sur la rive droite de la station aval, développement important d'herbiers de phanérogames dominés par le Potamot pectiné. © Mosaïque Environnement.

Comparaison des deux stations

Les deux stations ont des notes d'IBMR différentes. Il y a environ 1,5 point d'écart, ce qui les place dans deux classes différentes. Ainsi, en amont le niveau trophique est fort alors qu'en aval le niveau trophique est très élevé. La plus grande différence entre les deux stations est leur taille (29 000 m² pour la station amont contre plus du double, 61 500 m² pour la station aval) et leur substrat qui peut faire varier l'implantation des macrophytes notamment en zones de berges.

Sur la période du suivi (2016-2021), l'indice IBMR était plus élevé en amont qu'en aval. Cependant les plus gros écarts calculés sont ceux de 2016 et 2021 avec presque 2 points d'écart. Entre 2017 et 2018, et entre 2019 et 2020, l'écart était inférieur à un point.

La station amont présente quasiment le même nombre de taxons (21) qu'en aval (22). La cote spécifique moyenne est plus forte pour la station amont (9 pour l'amont contre 7,25 pour l'aval) (Figure 12).

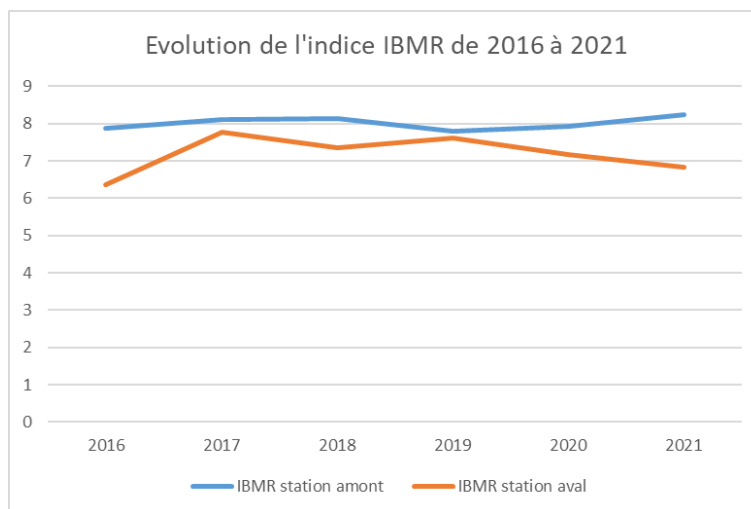


Figure 12 : Evolution de l'indice IBMR de 2016 à 2020.

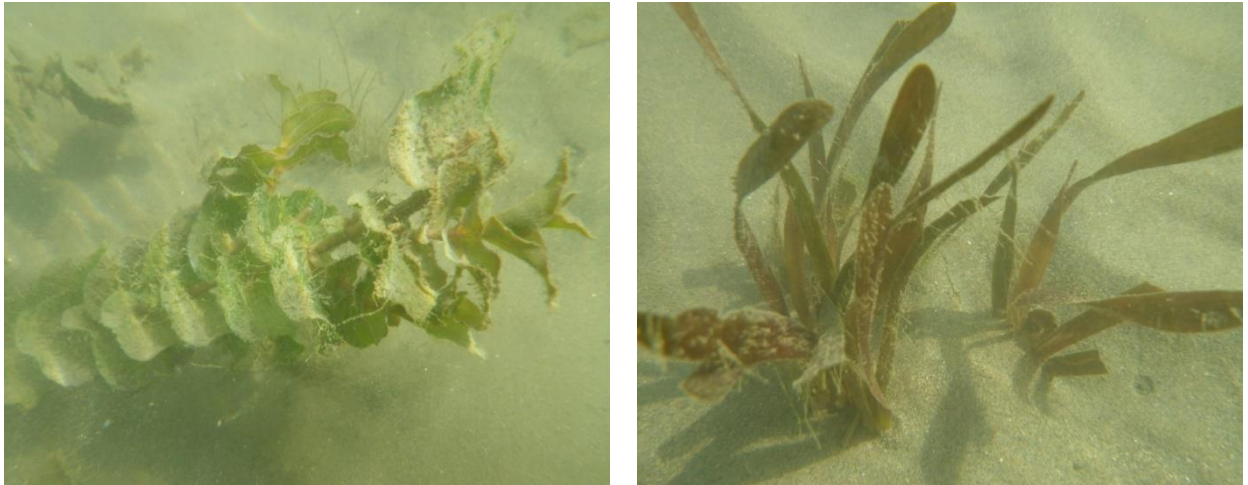


Photo 11 : Rhône aval : *Potamogeton perfoliatus* et *Vallisneria spiralis*, phanérogames se développant en zone de berges sur substrat sableux nouvellement déposé. © Mosaïque Environnement.

Comparaison avec les données antérieures

Station Amont

Les comparaisons avec les 5 années précédentes montrent que l'indice IBMR traduit un niveau fort à élevé de la trophie. Il est de 8,25 en 2021. C'est l'IBMR le plus élevé calculé depuis le début du suivi en 2016. C'est en 2017 et 2018, que les IBMR étaient proches de celui de 2021 avec des valeurs respectives de 8,11 et 8,14. Le niveau de trophie a donc légèrement diminué voire semble constant par rapport à 2020 et 2019.

En 2021, la cote spécifique moyenne (9) est plus forte que les années précédentes (8,53 en 2019, 8,76 en 2018 et 2017, et 8,92 en 2016), excepté pour 2020 où elle était légèrement supérieure (9,16). La cote spécifique moyenne permet d'évaluer l'affinité moyenne du peuplement à un niveau trophique.

Le nombre de taxons observés en 2021 (21) est bien supérieur à celui de 2020 (13), de 2019 (15), et de 2016 (17). Le niveau d'eau était élevé lors de la réalisation de l'IBMR en 2021, c'est pourquoi plus de taxons sont pris en compte dans le calcul (Photo 12). La richesse spécifique en 2021 est cependant moins importante qu'en 2018 (26) et 2017 (22). On observe donc une augmentation de la richesse spécifique cette année par rapport à 2020. Parallèlement, le nombre de taxons contributifs est le plus élevé de toutes les années de suivis. Entre 2020 et 2021 il est passé de 12 à 18. La surface végétalisée de la station a diminué sur la partie « berges » et « chenal » par rapport à 2020, surtout pour la partie « berges » où elle passe de 11% à 3%. (Cf. Figure 13 et Figure 14).

En conclusion, de 2020 à 2021 sur la station amont, la surface végétalisée a diminué de manière importante. Cependant, la richesse spécifique et la note IBMR ont augmenté.

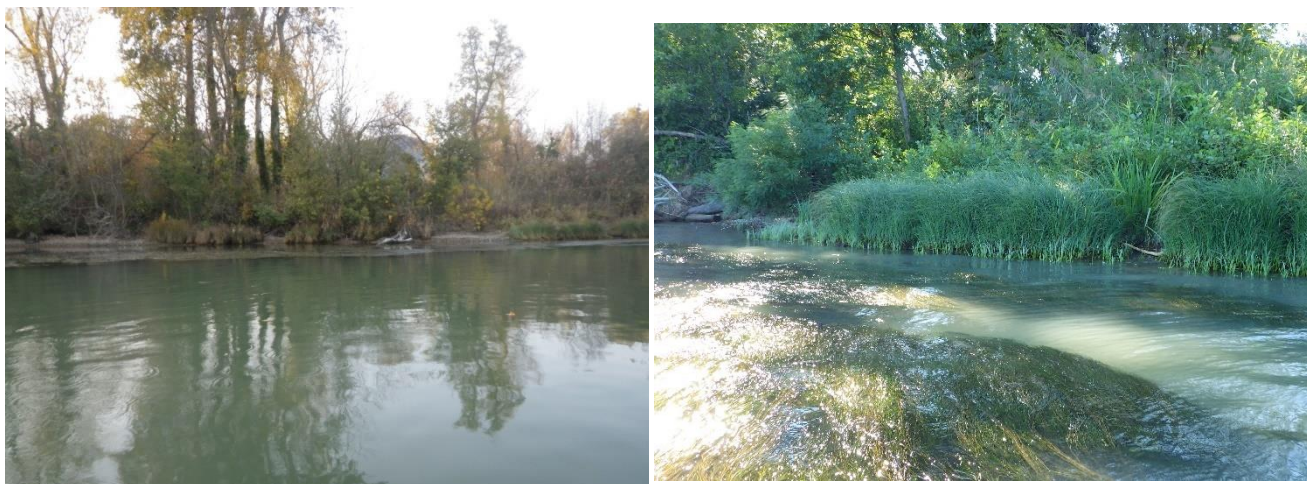


Photo 12 : Vue de la berge en rive droite de la station amont en 2020 (à gauche) et en 2021 (à droite). En 2020, l'étiage était bien marqué et les hélrophytes n'ayant plus les pieds dans l'eau n'étaient pas notés dans l'IBMR, alors que le niveau d'eau plus haut en 2021 a permis leur prise en compte dans l'IBMR. © Mosaïque Environnement.

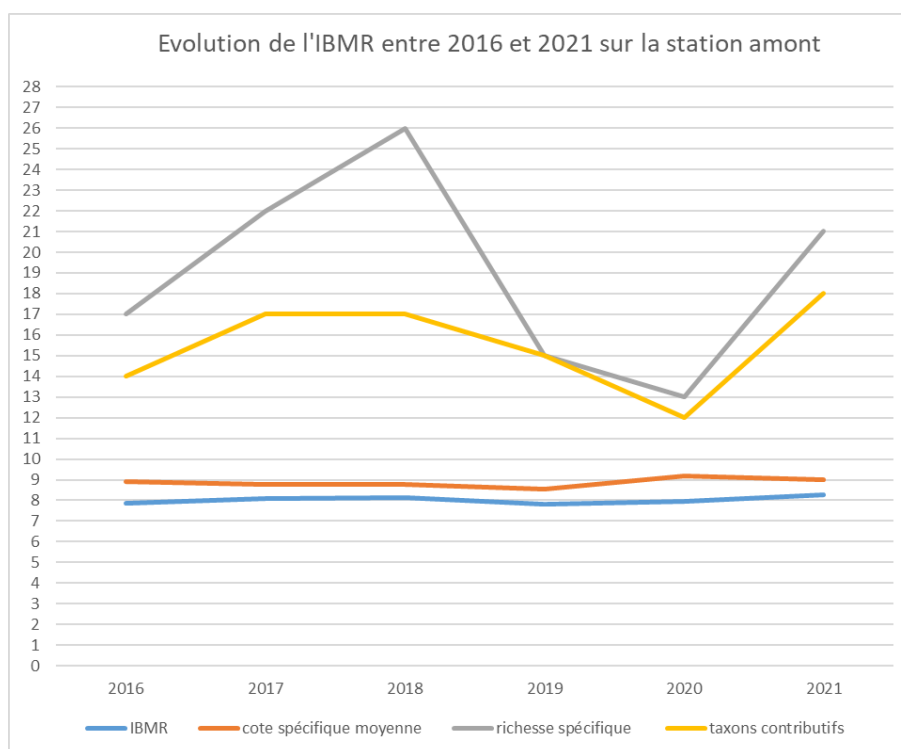


Figure 13 : Evolution de l'IBMR entre 2016 et 2021 sur la station Amont.

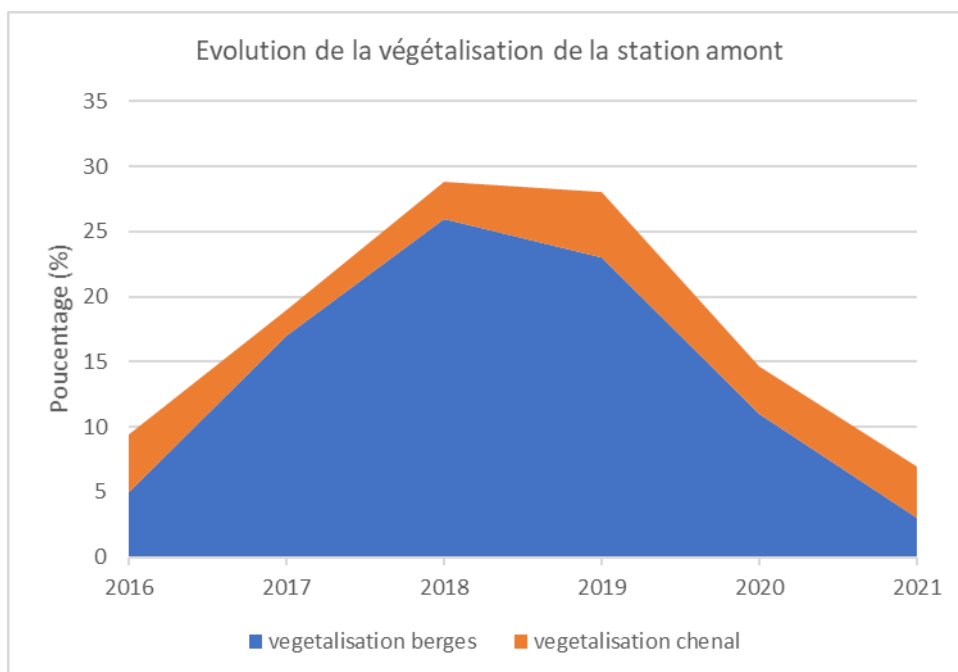


Figure 14 : Evolution de la surface végétalisée de la station Amont

Certaines espèces avec une cote spécifique élevée n'ont pas été revues depuis 2016 telles que *Hildenbrandia rivularis*. L'espèce très peu présente en 2016 peut passer inaperçue du fait de la turbidité ou par dépôt de sédiments sur les cailloux car *Hildenbrandia rivularis* est une algue incrustante qui ne s'observe qu'à la surface des pierres et cailloux et à faible profondeur. *Ceratophyllum demersum* qui a une cote spécifique faible n'avait pas été observé non plus en 2020.

A contrario, certaines algues présentes en 2021 n'étaient pas présentes en 2020 telles que *Thorea* sp. dont la cote spécifique est élevée. La richesse spécifique peut varier avec les niveaux d'eau car seules sont prises en compte les espèces « avec les pieds dans l'eau ». Aussi, sur une année plus sèche, les héliophytes peuvent être moins abondants voire exclus du calcul. Cette année, le niveau d'eau était élevé.

Station Aval

La comparaison de la campagne 2021 avec les campagnes 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 montre que l'indice IBMR traduit un niveau très élevé de trophie : 6,71. L'indice est inférieur à toutes les années précédentes excepté en 2016 où il était de 6,35 (Figure 15).

En 2021, la cote spécifique globale (7,25) est inférieure à celles des années précédentes : 2020 (7,55), 2019 (8,3), 2018 (7,66), de 2017 (8,47) et 2016 (8,92).

Le nombre de taxons observés en 2021 (richesse spécifique) (22 taxons) est légèrement inférieur à celui de 2020 et 2019 qui étaient similaires (24 taxons), ainsi que celui de 2017 (25 taxons). En revanche, la richesse spécifique de 2021 est supérieure à celle de 2016 (13 taxons) et de 2018 (18 taxons).

La surface végétalisée de la station a fortement augmenté depuis 2019 : elle était de 65% cette année et de 67% en 2020, alors qu'elle était de 32,5% en 2019 et encore plus faible les années précédentes. La surface végétalisée du « chenal » est plus élevée que celle de 2020 puisque qu'elle

était de 15% en 2021 contre 8% en 2020. Malgré tout cette surface reste plus élevée que celle observée en 2016, 2017, 2018 et 2019 (Figure 16).

En conclusion, les surfaces végétalisées du chenal et des berges ont fortement augmenté après 2019 mais la richesse spécifique se stabilise entraînant une diminution de la note IBMR.

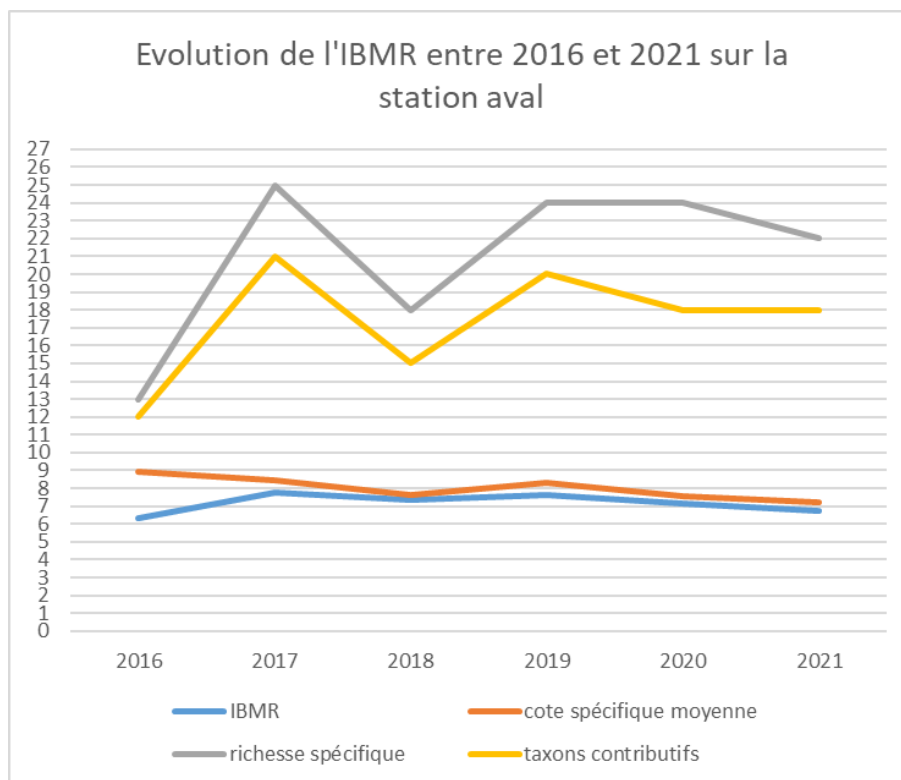


Figure 15 : Evolution de l'IBMR entre 2016 et 2020 sur la station Aval.

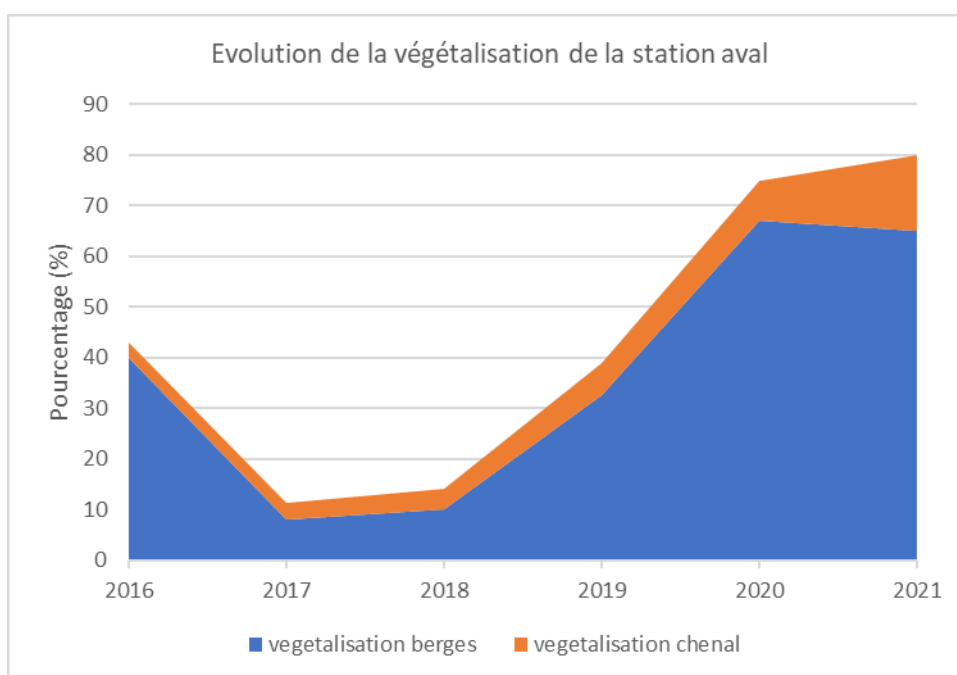


Figure 16 : Evolution de la végétalisation de la station Aval.

Bilan

En 2021, la campagne s'est effectuée sur 2 jours avec des niveaux d'eau assez hauts.

L'analyse de l'évolution globale de l'indice entre les 6 campagnes 2016 à 2021 permet de montrer que pour chacune des 2 stations, les indices varient différemment. Cette dernière année, l'indice de la station aval diminue par rapport aux années précédentes, même s'il reste supérieur à celui de 2016 (6,35). Pour la station amont, l'indice a augmenté avec un écart faible (0,3 point) par rapport à 2020. Les niveaux trophiques sont donc différents entre l'amont et l'aval : fort pour l'amont et très élevé pour l'aval.

On constate également une différence toujours notable de végétalisation entre l'amont et l'aval du fait du substrat et de la pente moins importante à l'aval qui permet lorsque les conditions sont bonnes le développement des macrophytes.

En 2021, le recouvrement de la végétation s'est réduit sur la partie amont du fait probablement des nombreuses crues supérieures à 2000 m³/s qui ont pu entraîner une réduction des herbiers (réduction de leur croissance, arrachage possible également). En revanche, sur la partie aval, la végétation était bien développée et beaucoup plus que les années précédentes.

8.5. Conclusion

Les suivis floristiques de la végétation aquatique (IBMR) conduits lors de cette campagne 2021 ont permis de mettre en évidence des niveaux de trophie différents : élevé à l'amont (IBMR 8,25) et très élevé à l'aval (IBMR 6,71). L'état écologique évalué grâce à la valeur de l'EQR a également mis en avant une différence d'état écologique entre les deux stations : bon à l'amont et moyen à l'aval.

Les pourcentages de végétalisation des berges amont ont bien diminué par rapport aux années précédentes tandis que celle du chenal reste stable au cours des années. A contrario le pourcentage de végétalisation en aval a fortement augmenté depuis 2020 par rapport aux années précédentes.

Les suivis floristiques de la végétation aquatique et l'indice associé ne mettent pas en exergue une influence des activités du CNPE sur les communautés macrophytiques de la retenue de Montélimar.

8.6. Bibliographie complémentaire

AFNOR, NFT90-305, 2003 : Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR), 27p. +annexes.

AUGIER, J., 1966 - Flore des Bryophytes. Editions Paul Lechevalier, Paris : 702 pp.

BAILLY G., VADAM J.C & VERGON J.P., 2004. Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, DIREN Franche-Comté. 157 p.

BOURRELLY P., 1968. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome II : Les algues jaunes et brunes. Ed. M. Boubée: Paris. 438 p.

- BOURRELLY P., 1970. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III : Les algues bleues et rouges. Ed. M. Bouée: Paris. 512 p.
- BOURRELLY P., 1990. Les algues d'eau douce. Tome I : Initiation à la systématique. Les algues vertes (2ème édition). Ed. M. Bouée: Paris. 569 p.
- CORILLION R., 1975. Flore des Charophytes (Characées) du Massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale. Ed. Jouve.
- COUDREUSE J., HAURY J., BARDAT J. & REBILLARD J.P., 2004. Clé d'identification des Bryophytes aquatiques et supra-aquatiques pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR). Agence de l'Eau Adour-Garonne. 132 p.
- ETUDE INTER-AGENCE DE L'EAU 68, 1997 : Biologie et Ecologie des Espèces végétales proliférant en France, synthèse bibliographique, 199p.
- INGENIERIES-EAT NUMERO SPECIAL, 2008 : Plantes aquatiques d'eau douce : biologie, écologie et gestion.160p.
- RICH T.C.G. & JERMY A.C., 1998. Plant Crib. Botanical Society of the British Isles edition. 391 p.
- RODRIGUEZ S. & VERGON J.P., 1996. Guide pratique de détermination générique des algues macroscopiques d'eau douce. Ministère de l'Environnement, DIREN Franche-Comté. Ed. 110 p.
- ROTHMALER W., JAGER E.J. & KLAUS K., 2000. Exkursionsflora von Deutschland. Gustav Fischer. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin. Band 3: Gefäßpflanzen : Atlasband. 739 p.
- SMITH, A.J.E., 1978 - The moss flora of Britain and Ireland. Cambridge Press University, Cambridge. 706 pp.
- TISON J.M. & DE FOUCAULT B. (coords), 2014. Flora Gallica. Flore de France. Biotope, Mèze, XX+1196p.

9. LA FAUNE BENTHIQUE

La faune benthique est composée de nombreux groupes de macro-invertébrés aquatiques : des larves ou des adultes d'insectes, des crustacés, des mollusques, des vers et d'autres animaux sans squelette interne, vivant tout ou partie de leur cycle biologique en eau douce. Leur taille peut varier du demi-millimètre à plusieurs centimètres. Ils vivent sur le fond des cours d'eau, sur et dans le sédiment, ainsi que sur tous les supports immergés comme la végétation aquatique. Les macro-invertébrés possèdent des exigences écologiques très variées avec différents niveaux et rôles dans les réseaux trophiques. Ce sont de véritables intégrateurs et marqueurs des événements dans le cours d'eau, à différentes échelles temporelles et spatiales ; et entre autres, des régimes hydrologiques actuels et passés par leurs dépendances fortes aux conditions de transport liquide et solide.

9.1. Localisation des points de prélèvements

Pour le suivi de la faune benthique, deux stations sont positionnées de part et d'autre du rejet de la centrale nucléaire de Cruas-Meysse.

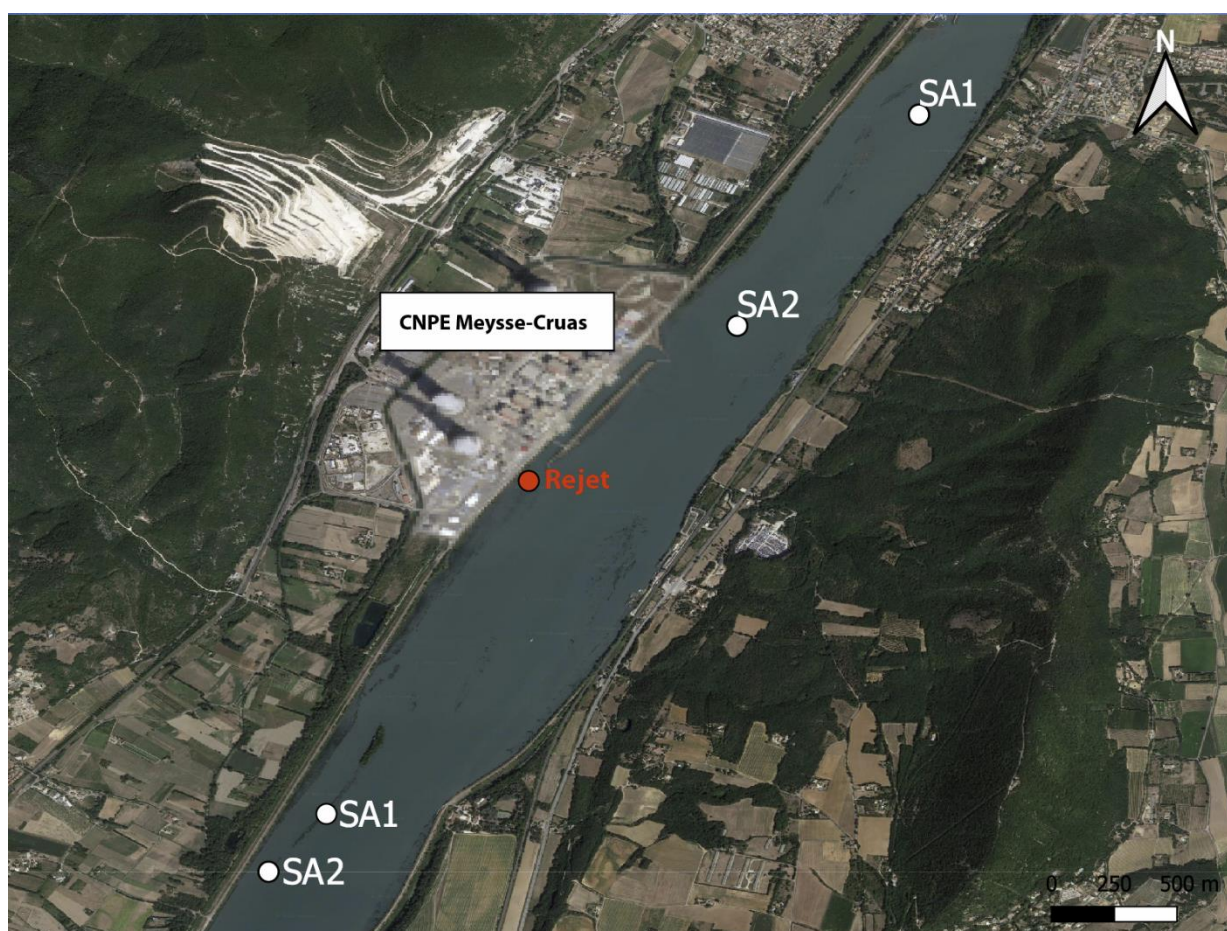


Photo 13 : Vue générale du secteur avec localisation des Substrats Artificiels (codés SA) dans les stations Cruas Amont et Cruas Aval.

Station Amont

Les Substrats Artificiels sont fixés aux espars de navigation à l'amont proche de la centrale, et posés sur le fond. Les prélèvements des Sédiments (SED) et des Herbiers (HER) sont effectués en rive droite à l'amont du port du village de Cruas (Photo 14) dans une section étroite du chenal, à écoulement rapide. Cette rive, caractérisée par la présence des casiers Girardon et des enrochements de rive, est également influencée par la proximité de la confluence avec le vieux Rhône.



Photo 14 : Localisation des sites d'échantillonnage d'invertébrés par pose de Substrats Artificiels (SA), prélèvements d'Herbiers (HER) et de Sédiments (SED) à Cruas Amont (en vert campagne de printemps, en orange campagne d'automne).

Station Aval

Les Substrats Artificiels sont également fixés sur des espars, à l'aval de la petite île au droit du pK 150.1. Les prélèvements d'Herbiers et de Sédiments sont réalisés aux abords de la rive droite, ainsi que le long des rives de l'île (Photo 15). Cette station est située dans la partie aval de la retenue de Montélimar, à l'écart du chenal de navigation. Des profondeurs moindres et de faibles vitesses de courant favorisent à la fois les dépôts de sédiments fins et l'installation de larges herbiers de macrophytes.

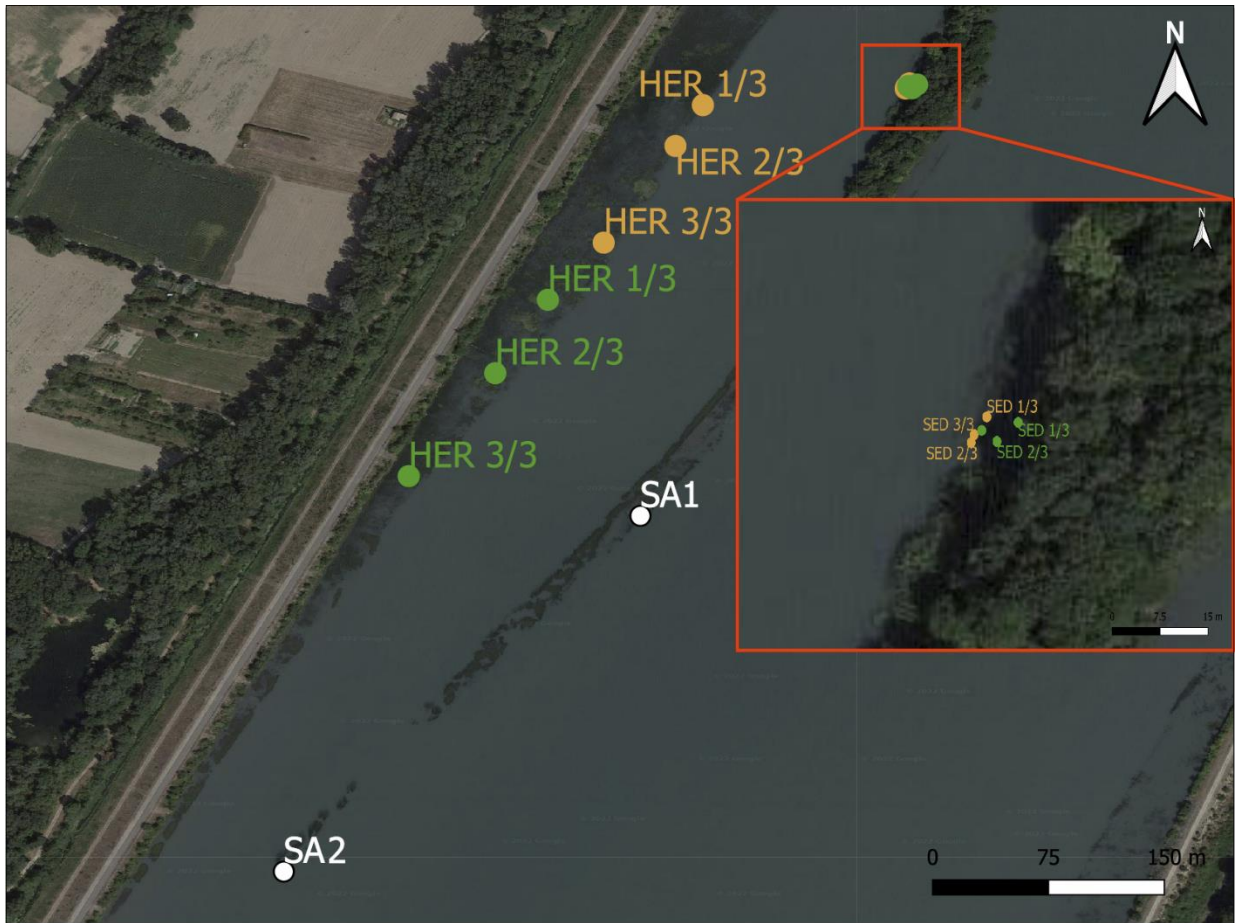


Photo 15 : Localisation des sites d'échantillonnage d'invertébrés par pose de Substrats Artificiels (SA) et prélèvements d'Herbiers et de Sédiments à Cruas Aval (en vert campagne de printemps, en orange campagne d'automne).

9.2. Méthodologie

9.2.1. Méthodologie de terrain

Trois techniques de prélèvements d'invertébrés sont utilisées pour chaque station : des substrats artificiels (SA), des échantillons au filet surber dans les herbiers (HER) et à la benne Eckman dans les sédiments fins (SED). Ces derniers échantillons sont prélevés en rive droite dans les deux stations. Les invertébrés sont récoltés au cours de deux campagnes annuelles, au printemps et à l'automne.

Pose et relève des substrats artificiels (SA)

Le substrat artificiel standardisé de type Verneaux (VERNEAUX et al., 1976) est constitué de deux parties : le substrat proprement dit, et le support-piège.

Le substrat est constitué d'une pile de trois disques de béton. Le niveau inférieur comporte une distribution régulière de volumes vides et de volumes pleins. Le niveau intermédiaire, placé en vis-à-vis avec le précédent, crée des espaces vides sous forme de galeries concentriques. Il porte également des brosses en fibre synthétique qui s'emboîtent dans les espaces libres du niveau inférieur. Des brosses sont également scellées dans le niveau supérieur, et orientées vers le haut.

Le support-piège, en métal inoxydable, maintient le substrat en place, et l'emprisonne dans un filet qui se déplie lors de la relève du substrat artificiel. Il est constitué (1) d'une large semelle munie d'un axe central et vertical pour le positionnement des trois disques du substrat et l'adaptation d'un crochet de descente, (2) d'un filet de forme cylindrique à mailles fines (250 μ), et (3) de trois bras articulés fixés entre la semelle et la couronne soutenant la partie supérieure du filet. Le substrat artificiel est descendu sur le fond avec le filet de récupération replié (Photo 16). En l'absence de traction du câble sur le crochet central, celui-ci bascule, libère la boucle centrale du câble, et permet le déploiement du filet lors de la remontée.



Photo 16 : Pose des substrats artificiels de type Verneaux - photos INRAE

Au regard de la durée d'immersion des substrats artificiels, les espars de navigation signalant l'emprise du chenal navigable ont été retenus comme des points d'ancrage permanents et

fiables de ces dispositifs d'échantillonnage. Cette localisation garantit une immersion permanente quel que soit le débit du fleuve, et une proximité avec la veine centrale du chenal. Les caractéristiques morpho-hydrauliques de la retenue de Montélimar font que la profondeur d'immersion des SA, et les vitesses du courant, sont supérieures dans la section amont. La section aval de la retenue, beaucoup plus large, comporte des bandes rivulaires lentiques et tabulaires très larges, propices à la sédimentation fine et au développement des herbiers.

Deux substrats artificiels sont installés par station, dont un en secours en cas de perte lors de crues. Ils sont fixés et déposés au pied de deux espars de navigation depuis une embarcation. Ils sont immergés durant quatre semaines pour permettre leur colonisation par la faune benthique. Ils sont ensuite remontés depuis le bateau. La traction du câble déploie le filet qui piège les invertébrés les plus mobiles lors de la remontée (Photo 17).



Photo 17 : Relève des substrats - photos INRAE

Une fois relevés, les substrats sont placés dans des récipients, en attente du lavage et rinçage. Arrivés à quai, ils sont lavés, brossés, dépouillés à la pince et rincés à grande eau afin de récupérer l'ensemble des invertébrés (Photo 18). La totalité du contenu est filtrée au surber à vide de maille de 250 μm et conservée dans une solution de formol à 5%.



Photo 18 : Lavage des substrats artificiels et nettoyage des brosses - photos INRAE

Le Tableau XVI récapitule les conditions des manipulations sur le terrain pour la pose et la relève des substrats. Les filets ont pu être remontés sans problème, et les substrats artificiels n'ont pas été colmatés. Les profondeurs de pose ont été contrastées selon les stations, de 0,8 m en

aval et de 3,4 m en amont au printemps, de 1,5 m en aval et 3,3 m en amont à l'automne. A chaque saison, les températures entre les deux stations ont été similaires.

Tableau XVI : Récapitulatif des poses et relèves des substrats artificiels, campagnes 2021.

Sites	Cruas-Meysse (Printemps)	
Stations	Amont	Aval
Date de pose	26/05/2021	
N° substrat	HV32	28
Date de relève	21/06/2021	
Filet remonté	oui	oui
SA colmaté	Non (sable)	non
Profondeur (m)	3,4	0,8
Température (°C)	21	21,2

Sites	Cruas-Meysse (Automne)	
Stations	Amont	Aval
Date de pose	06/09/2021	
N° substrat	39	HV4
Date de relève	11/10/2021	
Filet remonté	oui	oui
SA colmaté	non	non
Profondeur (m)	3,3	1,5
Température (°C)	15,7	15,5

Prélèvements des herbiers

Trois prélèvements d'herbiers sont effectués dans chaque station. Les prélèvements se font directement à partir du bateau à l'aide d'un filet surber, en essayant de prélever dans des types d'herbiers différents, mais similaires entre les deux stations. La zone échantillonnée est décrite de façon à évaluer la ou les espèces végétales présentes lors du prélèvement (Photo 19). L'échantillon est stocké dans un bocal d'un volume maximal de 1 litre et conservé dans une solution de formol à 5%.



Photo 19 : Pour illustration, prélèvement des herbiers à Cruas 2019 - photos INRAE

Le Tableau XVII synthétise les caractéristiques des prélèvements des deux campagnes de 2021. Une seule espèce de macrophytes a pu être échantillonnée.

Tableau XVII : Synthèse des différents types d'herbiers prélevés pour les campagnes printemps et automne 2021.

Sites	Stations	Date	Prélèvement	Type herbier
Cruas-Meyse (Printemps)	Amont	21/06/2021	HER 1/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 2/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 3/3	Potamot à feuilles pectinées
	Aval	21/06/2021	HER 1/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 2/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 3/3	Potamot à feuilles pectinées

Sites	Stations	Date	Prélèvement	Type herbier
Cruas-Meyse (Automne)	Amont	11/10/2021	HER 1/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 2/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 3/3	Potamot à feuilles pectinées
	Aval	11/10/2021	HER 1/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 2/3	Potamot à feuilles pectinées
			HER 3/3	Potamot à feuilles pectinées

Prélèvements des sédiments

Trois prélèvements de sédiments sont effectués dans chaque station. Les sédiments sont prélevés à l'aide d'une benne Eckman emmanchée, par prospection depuis un bateau sur le bord du chenal (Photo 20). Le prélèvement est filtré dans un surber à vide de maille de 250 µm, stocké dans un bocal et conservé dans une solution de formol 5%. En général le volume de chaque échantillon de sédiment après filtration fait moins d'1 litre.

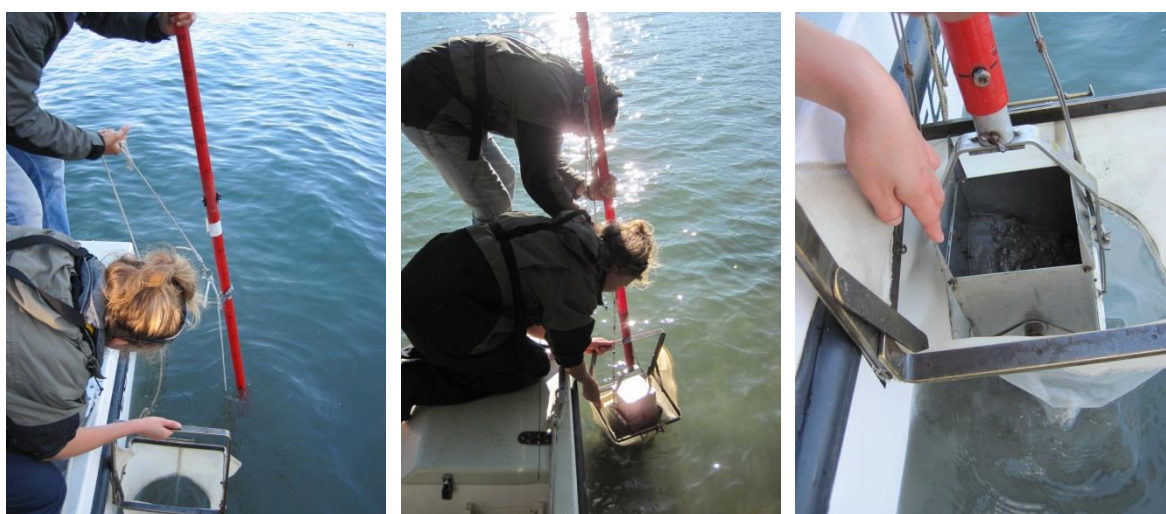


Photo 20 : Prélèvement des sédiments, photos INRAE

Le Tableau XVIII synthétise les caractéristiques des prélèvements qui sont similaires entre les stations en nature de sédiment prélevé et en profondeur pour les deux saisons.

Tableau XVIII : Synthèse des différents types de sédiments prélevés pour les campagnes de juin et octobre 2021.

Sites	Stations	Date	Prélèvement	Type Sédiment	Profondeur (m)
Cruas-Meyse (Printemps)	Amont	21/06/2021	SED 1/3	Limon + Sable	0.65
			SED 2/3	Limon + Sable	0.80
			SED 3/3	Limon + Sable	1.30
	Aval	21/06/2021	SED 1/3	Limon + Sable	0.40
			SED 2/3	Limon + Sable	0.40
			SED 3/3	Limon + Sable + Argile	0.80

Sites	Stations	Date	Prélèvement	Type Sédiment	Profondeur (m)
Cruas-Meyse (Automne)	Amont	11/10/2021	SED 1/3	Sable + Limon	0.40
			SED 2/3	Sable + Limon	0.50
			SED 3/3	Sable + Limon	0.90
	Aval	11/10/2021	SED 1/3	Sable + Limon	0.40
			SED 2/3	Sable + Limon	0.90
			SED 3/3	Limon + Sable	1.10

Méthodologie au laboratoire

Au laboratoire, les échantillons collectés selon les trois méthodes sont rincés à l'eau sur une colonne de trois tamis de vide de maille 2.5 mm, 1.25 mm et 0.63 mm, selon le protocole de la norme IQBG (VERNEAUX et al., 1976). Les invertébrés trouvés sur les refus de tamis sont séparés des débris, identifiés sous loupe binoculaire et comptabilisés (Photo 21).

La méthode de tri et de comptage est exhaustive ; en revanche la présence de certains invertébrés listés dans la norme XP T90-388 n'est pas indiquée. En effet, les petits Crustacés comme les Ostracodes, Copépodes et Cladocères, ainsi que les Rotifères, Porifères et Bryozoaires n'ont pas été comptabilisés chaque année et ne peuvent pas être utilisés dans les listes faunistiques de l'intégralité de la chronique.

Le niveau de détermination est le plus élevé possible, référencé par les ouvrages « Invertébrés d'eau douce » (TACHET et al., 2010) et « Crustacés amphipodes de surface » (PISCART & BOLLACHE, 2012), et rejoint celui de la norme XP T90-388. Le terme taxon est utilisé comme une unité systématique, indépendamment du niveau de classification : par exemple un Gammaridae au niveau de la famille, et un *Hypania invalida* au niveau de l'espèce, constituent deux taxons différents. Tout nouveau taxon allochtone est intégré dans les listes au fur et à mesure de son apparition.



Photo 21 : Étapes de rinçage, tamisage et tri au laboratoire pour identifier et dénombrer les invertébrés. Photos G. Archambaud, INRAE.

9.2.2. Méthodologie de calculs

Listes faunistiques, regroupements de taxons, richesses, abondances

La liste taxonomique détaillée est présentée en Annexe VIII par station et par campagne (21 juin et 11 octobre 2021). Elle définit la composition des communautés d'invertébrés aquatiques récoltés sur l'année en cours. Cette liste détaillée est utilisée pour les calculs de composition taxonomique du peuplement et des principaux groupes faunistiques et fonctionnels, ainsi que les calculs des indices de structure (diversité, équitabilité, etc.).

Des listes dites de référence sont établies (Annexe X, Annexe XI) pour les calculs inhérents aux chroniques étudiées, avec pour objectif d'harmoniser les niveaux de systématique du jeu de données, tout en gardant le maximum d'information (liste avec des niveaux à l'espèce, au genre, à la famille, etc.). Ainsi, pour les sites de Tricastin et Cruas-Meysses, une liste de référence de 126 taxons est utilisée pour la chronique 1982-2021 et une liste de 138 taxons pour la chronique 2004-2021.

Pour les calculs des notes de qualité biologique, d'autres listes simplifiées, le plus souvent construites au niveau du genre pour la méthode IQBG/IQBP et au niveau de la famille pour la méthode IBG, sont établies par les tableaux des Annexe XIII et Annexe XV.

Nous avons également établi des regroupements de taxons, soit en groupes faunistiques correspondant à des regroupements taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Trichoptères ...), soit des regroupements correspondant à la tolérance aux pollutions organiques comme le groupe GOLD qui rassemble les taxons autochtones appartenant aux groupes Gastéropodes, Oligochètes et Diptères. Lorsque des taxons exogènes sont inclus dans le groupe GOLD, le suffixe « ex » dans GOLDex l'indique pour rappel. Par exemple, le Mollusque Gastéropode *Potamopyrgus* est un taxon exotique. Lors des analyses, la distinction de ces deux catégories GOLD et GOLDex est utilisée selon certaines figures pour mettre en exergue la proportion de taxons à caractère exogène voire invasif.

Le cumul des différents taxons correspond à la richesse taxonomique, qui peut être étudiée par station, par année ou par campagne. De même, les effectifs ou abondances de chaque taxon seront cumulés pour chaque station par année ou par campagne. Ces effectifs totaux serviront aussi aux calculs des divers indices.

Les indices suivants seront appliqués sur les listes taxonomiques détaillées, et non sur des listes spécifiques (c'est-à-dire à l'espèce) : cela permettra les comparaisons entre les stations et entre les années, mais les valeurs des indices ne seront pas à considérer en tant que telles.

Indice de Shannon-Weaver
$$H' = \sum \left(\left(\frac{N_i}{N} \right) \times \log_2 \left(\frac{N}{N_i} \right) \right)$$

N_i : nombre d'individus d'un taxon donné, i allant de 1 à S (nombre total de taxons)

N : nombre total d'individus

H' est minimal (= 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à un seul et même taxon ; H' est également minimal si dans un peuplement chaque taxon est représenté par un seul individu.

L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (FRONTIER, 1983). L'indice de diversité Shannon-Weaver renseigne sur la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces (DAGET, 1976). Cet indice permet de déterminer la distribution du nombre d'individus par espèces. Plus l'indice augmente plus la diversité est importante.

Indice de Simpson
$$D = \sum \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$$

N_i : nombre d'individus du taxon donné

N : nombre total d'individus

Cet indice mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. L'indice de diversité de Simpson est ici exprimé par $1-D$ afin que le maximum de diversité soit représenté par 1 (IORGULESCU et al., 2003). Simpson donne plus d'importance aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Ajouter des espèces rares à un échantillon ne modifie que légèrement la valeur de l'indice.

9.2.3. Méthodologie d'évaluation de la qualité biologique

Indices I.Q.B.G. et I.Q.B.P (Indice de Qualité Biologique Global et Potentielle)

L'évaluation de la qualité biologique du milieu est réalisée à l'aide de la méthode des I.Q.B.G. (Indice de Qualité Biologique Globale) et I.Q.B.P. (Indice de Qualité Biologique Potentielle) (VERNEAUX et al., 1976). L'Indice de Qualité Biologique Globale (I.Q.B.G.) est déterminé par les invertébrés récoltés dans le milieu naturel (cumul des échantillons d'herbiers et de sédiments), tandis que l'Indice de Qualité Biologique Potentielle (I.Q.B.P.) est évalué à partir des organismes colonisant un substrat artificiel standardisé de type Verneaux.

Le calcul de ces indices est établi sur la présence ou l'absence dans le milieu de certains invertébrés benthiques appartenant à des groupes repères, en liaison avec la diversité taxonomique et l'abondance des individus récoltés (voir le tableau standard de détermination des Indices avec le niveau d'identification demandé en Annexe XIII).

- Les diversités taxonomiques sont réparties en classes de variétés ; plus la diversité est élevée, plus l'indice de qualité biologique augmente.
- Les taxons indicateurs le sont s'ils ont au moins 2 individus et appartiennent à un groupe repère. Il existe 8 groupes repères, qui sont distribués des plus polluo-sensibles (groupe 1) aux plus ubiquistes (groupe 8). Plus le numéro du groupe repère est proche de 1, plus l'indice est élevé.
- Le croisement de ces deux informations donne l'indice de qualité biologique, de 1 à 20. Une même note peut donc être obtenue différemment : dans ce tableau de calcul des notes à double entrée, un échantillon avec une classe de variété faible et un taxon indicateur de niveau élevé peut obtenir la même note qu'un échantillon avec une classe de variété importante et un taxon indicateur de niveau faible.

Les listes faunistiques présentées de façon adaptée pour les calculs des indices IQBP sont présentées dans l'Annexe XIV par campagne et par station, avec les listes des taxons uniques et des taxons exotiques / invasifs.

Dans les calculs des IQBG/P, deux individus sont requis pour être taxon indicateur. Dans le cadre de cette étude, les méthodes IQBG/P classiques sont restrictives compte tenu des listes faunistiques actuelles sur le Bas-Rhône médian. Afin d'optimiser au mieux les résultats, il a été décidé de calculer des **IQBG/P maximisés** en incluant les nouveaux taxons invasifs et les taxons représentés par un unique individu. Ces IQBG/P maximisés sont calculés pour la chronique. Ils sont comparés avec les IQBG/P standard pour l'année en cours.

Indices I.B.G.A (Indice Biologique Global Adapté) et IBG (Indice Biologique Global)

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité biologique par les outils DCE, l'IBGA propose une solution adaptée aux problématiques des grands cours d'eau comme le Rhône (USSEGLIO-POLATERA et al., 2009). Son calcul s'effectue sur le principe de trois zones prélevées (la zone de berge, la zone intermédiaire, et la zone profonde) avec différentes techniques (surber, filet haveneau, benne Eckman, substrats artificiels, drague). Dans le contexte local, les diverses

méthodes de prélèvements ne sont pas toutes envisageables, et le substrat artificiel s'avère le plus adapté techniquement pour cette évaluation. Cependant, par souci de représentativité, tous les types de prélèvements ont été utilisés (HER, SED et SA).

Cependant, il est possible de réaliser le calcul selon le principe de calcul IBGA qui fait appel au tableau utilisé pour l'IBGN de la norme NF T90-350 (AFNOR, 2004) présenté en Annexe XV. Le calcul IBGA est réalisé avec les listes faunistiques renseignées par tous les échantillons (niveau famille pour les insectes). Nous emploierons le terme « **IBG** » dans ce rapport car notre protocole ne correspond pas à la norme. Pour les calculs des indices biologiques type IBG (Indice Biologique Global), les listes sont ramenées au niveau d'identification demandé (en général le niveau famille pour l'IBGN, voir Annexe XV). La liste des 79 familles présentes sur le site de Cruas-Meyse et leurs effectifs cumulés depuis le début de la chronique sont en Annexe XII.

Robustesse

Afin de comprendre la structure de ces échantillons, le calcul de la robustesse a été réalisé sur les Indices biologiques IQBG/P maximisés et IBG¹³. La robustesse va permettre de déterminer si dans l'échantillon la note obtenue est seulement due à la présence d'un taxon indicateur de haut niveau ou si d'autres peuvent compenser son absence. En enlevant le premier taxon indicateur de chaque prélèvement, on peut mettre en évidence de grandes disparités entre le premier groupe indicateur et le second. Après cette opération, la note diminue via la disparition de son premier taxon indicateur mais peut aussi diminuer via la baisse de richesse taxonomique si la classe de variété devient plus basse.

9.2.4. Méthodologie par analyse multivariée (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) permet de visualiser un jeu de données comprenant des individus décrits (les relevés faunistiques) par plusieurs variables quantitatives (les taxons pondérés par leurs abondances respectives). L'ACP synthétise cette information en nouvelles variables appelées composantes principales ou axes principaux, le long desquelles la variation des données est maximale afin de représenter le plus fidèlement possible le jeu de données initial dans un espace réduit. L'ACP permet de réduire les dimensions d'une donnée multivariée à deux ou trois composantes principales. Elles peuvent être visualisées graphiquement dans le but de synthétiser la structure des données analysées.

Dans notre étude, le jeu de données est composé des effectifs des taxons identifiés au cours des chroniques étudiées. Par souci d'uniformité (comparabilité), le niveau de classification retenu est celui de la famille pour la plupart des taxons. En associant à ces graphiques (ACP) les contributions des différents taxons aux axes, on peut affiner l'interprétation de ces derniers. Chacun des axes est déterminé par quelques taxons présentant les plus fortes contributions ; ce sont en général ceux situés en position extrême sur l'axe, c'est-à-dire ceux ayant les plus fortes coordonnées, soit positives soit négatives. L'analyse des taxons contribuant le plus aux

¹³ L'IBG n'est pas maximisé car modifié dans son protocole d'échantillonnage et de calcul.

composantes principales, et des coordonnées des années sur ces mêmes composantes, permet d'appréhender les changements et variations des peuplements au cours du temps.

9.3. Conditions hydrologiques lors de l'échantillonnage en 2021

Les données hydrologiques sont celles de la station de Viviers (station CNR, Banque HYDRO V453001) située à une quinzaine de kilomètres à l'aval du CNPE de Cruas-Meysses (site : <https://www.vigicrues.gouv.fr/>).

Pour les invertébrés, les stations sont échantillonnées deux fois par an, de préférence en fin de printemps (21/06/2021), et à l'automne (11/10/2021). Afin d'aider à l'interprétation des résultats, les conditions hydrologiques de l'année et notamment durant les quatre semaines de colonisation des substrats artificiels sont illustrées sur la Figure 17.

Au cours des quatre semaines de colonisation printanière des substrats, le débit enregistré sur la station HYDRO de Viviers a été fluctuant, avec une valeur à la relève plus basse ($1\,605\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$) que celle de la pose ($2\,290\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$).

Après la relève de juin, le débit a brutalement augmenté pendant le mois de juillet. A partir du mois d'août, le débit n'a cessé de diminuer durant l'été pour atteindre des valeurs basses avant la colonisation par les invertébrés de la campagne d'automne. Les substrats artificiels sont restés immergés cinq semaines, avec un débit du Rhône variable, puis en rapide augmentation, enregistrant un pic à $2\,112\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ le 5 octobre. Les valeurs à la pose et à la relève des substrats sont respectivement $640\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ et $601\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$.

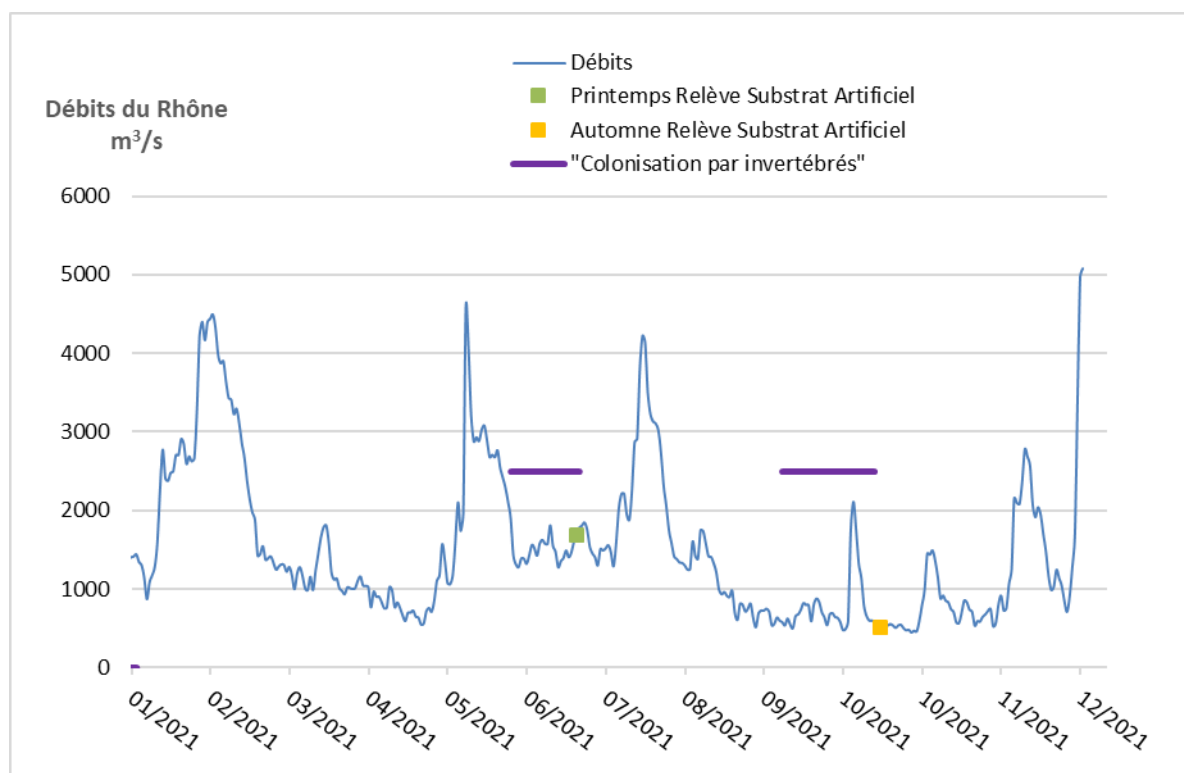


Figure 17 : Débits du Rhône à Viviers en 2021 et dates de relève des substrats artificiels à Cruas-Meysses.

Au cours de la colonisation des substrats artificiels par les invertébrés aquatiques, les conditions hydrologiques ont été plus fluctuantes au printemps, oscillant autour du module annuel de Viviers. A l'automne, la période de colonisation s'est faite en basses eaux mais a été marquée par la première hausse automnale des débits.

9.4. Observations annuelles et saisonnières des communautés

En 2021, 45 taxons ont été identifiés, répartis en 13 groupes faunistiques, pour un effectif total de 9 861 invertébrés sur les deux campagnes de prélèvement. Les listes taxonomiques sont détaillées dans les tableaux de l'Annexe VIII.

9.4.1. Richesses taxonomiques et abondances par saison

En 2021, l'abondance totale des invertébrés par saison est environ 1,1 fois plus forte à l'automne (5 194 individus) qu'au printemps (4 667 individus). La richesse taxonomique est également plus importante à l'automne qu'au printemps avec respectivement 39 et 31 taxons (Annexe VIII).

Afin d'harmoniser les résultats obtenus sur la chronique 1982-2021, une liste taxonomique de référence appelée TaxRef (Annexe X) a été établie. Cette TaxRef de 126 taxons a pour but d'adapter les calculs de la richesse taxonomique aux différents niveaux d'identification générés par plus de 35 ans d'acquisition de données.

La Figure 18 illustre par station et par campagne, les richesses taxonomiques et les abondances de la chronique 1982-2021. Les résultats de l'année sont individualisés sur les box-plots.

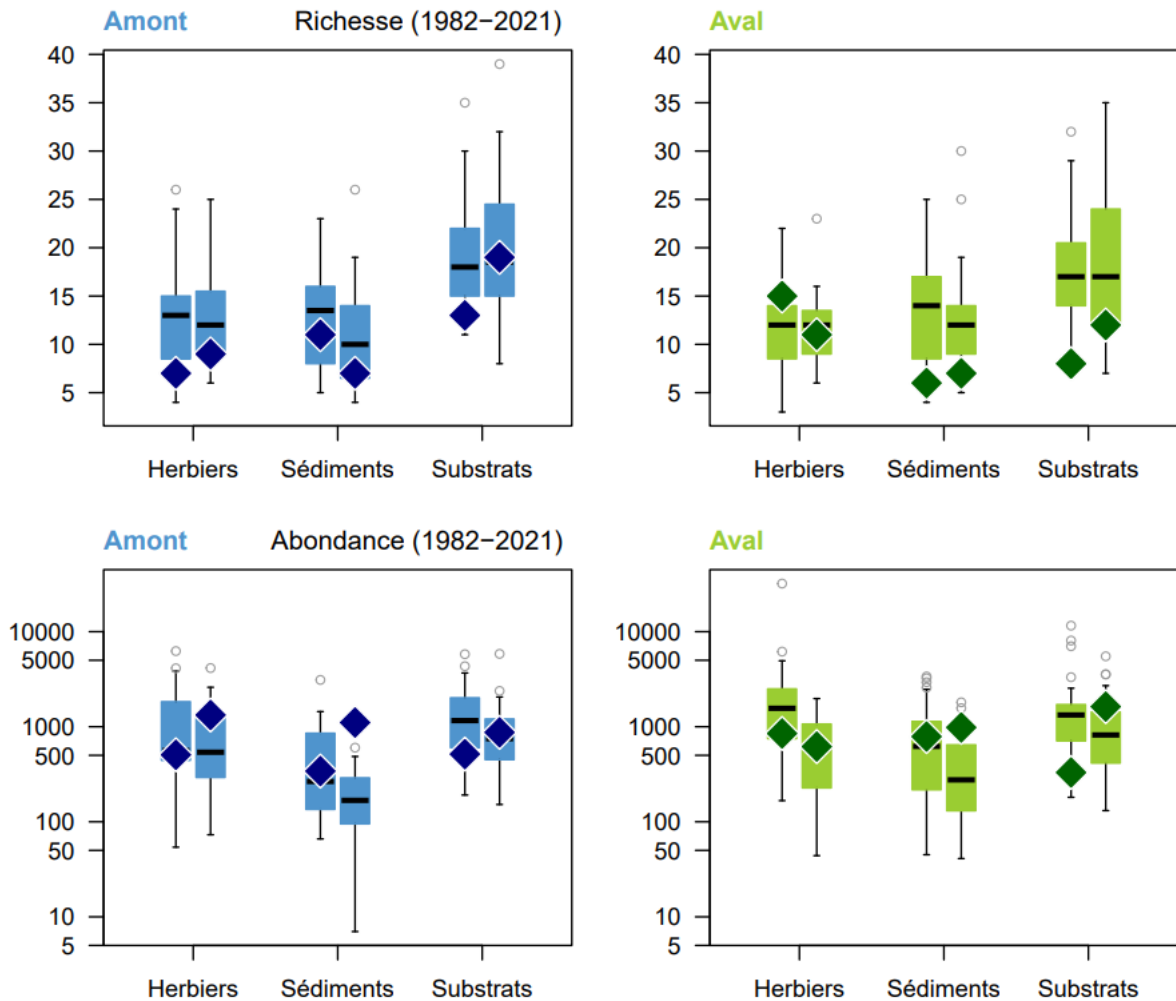


Figure 18 : Box-plots des valeurs de richesses taxonomiques et d'abondances (échelle logarithmique) et par station sur la chronique (1982-2021). Représentation des valeurs 2021 (♦). Campagnes de printemps (21 juin) à gauche et d'automne (11 octobre) à droite.

En 2021, les richesses taxonomiques sont assez faibles sur l'ensemble des types de prélèvements par rapport à la médiane des richesses observées sur la chronique. En amont, les valeurs obtenues sur les prélèvements d'herbiers à l'automne et de sédiments se situent dans l'espace interquartile. Seule, la richesse obtenue par substrat artificiel en automne se rapproche de la médiane de la chronique. Tandis qu'à l'aval, la richesse maximale est obtenue au printemps, les herbiers dépassent la médiane de la chronique étudiée. Cependant, la richesse des sédiments reste très basse aux deux saisons.

Les abondances de la station Amont dépassent l'espace interquartile pour les prélèvements de sédiments (Tubificidae) en automne. Les abondances des autres prélèvements se situent dans l'espace interquartile, proches de la médiane pour les herbiers, les sédiments au printemps et le substrat artificiel à l'automne. Seul le substrat artificiel au printemps possède une richesse sous le 1^{er} quartile de la chronique étudiée.

Les abondances de la station Aval restent toutes dans l'espace interquartile, excepté pour les sédiments à l'automne avec une valeur maximale en lien avec l'abondance des Tubificidae. La plus faible abondance a été enregistrée dans le substrat artificiel au printemps (sous le 1^{er}

quartile). Cette valeur s'explique par les faibles effectifs de taxons invasifs, de GOLD (Gastéropodes, Oligochètes et Diptères), par l'absence de Crustacés autochtones et d'EPT (Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères).

A noter que les deux stations montrent une grande variabilité saisonnière dans l'ensemble des prélèvements avec des richesses et des abondances généralement plus importantes à l'automne.

9.4.2. Représentativité des groupes faunistiques

Les taxons capturés dans les deux stations sont réunis en 13 groupes faunistiques représentant les ordres d'insectes et autres invertébrés (Annexe IX). En 2021, l'essentiel de l'abondance des invertébrés (97,9%) est constitué par quatre groupes faunistiques : les Crustacés (46,4%), les Oligochètes (27,6%), les Diptères (11,3%) et les Mollusques (13,1%, avec 12,7% de Gastéropodes et 0,4 % de Bivalves) (Tableau XIX). Les abondances totales des stations en 2021 sont plus importantes en aval qu'en amont avec respectivement 5 194 et 4 667 individus récoltés. Chaque station a entre 9 et 12 groupes faunistiques dont 8 sont identiques mais avec des effectifs absolus et relatifs respectifs différents.

Tableau XIX : Abondances relatives des principaux groupes faunistiques (cumul des deux campagnes 2021).

Groupes abondants	Amont	Aval	Site	%
Crustacés	58.2	35.9	46.4	97.9
Oligochètes	26.1	28.9	27.6	
Gastéropodes	5.8	18.7	12.6	
Diptères	7.8	14.6	11.3	
Groupe "Autres"	2.2	2	2.1	2.1

Les proportions des Crustacés au sein du peuplement sont plus importantes en Amont (58,2%) qu'en Aval (35,9%). Les Oligochètes présentent des proportions quasi identiques sur les deux stations entre 26% et 28% de l'effectif total à chaque station. L'abondance relative des Mollusques Gastéropodes est plus faible que celle des deux groupes précédents (12,6%) avec des proportions plus fortes en aval (18,7%) qu'en amont (5,8%). La proportion des Diptères est similaire à celle des Gastéropodes (11,3%) et elle est aussi marquée par un déséquilibre entre la station Amont (7,8%) et la station Aval (14,6%).

Le groupe « Autres » (2,1% des effectifs totaux) comprend en majorité des Insectes (Plécoptères, Trichoptères, Ephéméroptères, Coléoptères, Odonates, Lépidoptères) (1 %), Polychètes (0,5%) et des Bivalves (0,4%) très peu abondants (moins de 50 individus récoltés par prélèvement); d'autres groupes sont présents avec de rares individus (Hirudinés et Hydracariens). Ce groupe est représenté dans des proportions équilibrées entre l'Amont (2,2%) et l'aval (2%).

Les Plécoptères et Hirudinés sont présents seulement à la station Amont tandis que les Odonates et Hydracariens ne sont observés qu'à la station Aval.

L'observation des effectifs par station et campagne sur l'année 2021 atteste de la dominance des Crustacés, Oligochètes, Gastéropodes et Diptères dans les communautés (Figure 19).

Au printemps (campagne 1), le peuplement de la station Amont est principalement constitué de Crustacés dans de fortes proportions (65,6%). Avec des abondances supérieures, le peuplement de la station Aval est dominé autant par les Oligochètes (35,6%) que par les Diptères (26,1%) et les Crustacés (25,4%). Les Gastéropodes ont des effectifs inférieurs dans les deux stations, tandis que le groupe Autres est peu présent aux deux stations.

A l'automne (campagne 2), le peuplement de la station Amont est nettement dominé par les Crustacés avec la valeur maximale obtenue sur l'année (plus de 1 800 individus soit 55,1%) puis par les Oligochètes (30,2%). La station Aval est également fortement représentée par les Crustacés (42,3%) et dans les mêmes proportions par les Oligochètes (24,8%) et les Gastéropodes (23%). Les Gastéropodes sont plus abondants à l'aval, tandis que le groupe Autre a des effectifs similaires entre les deux stations.

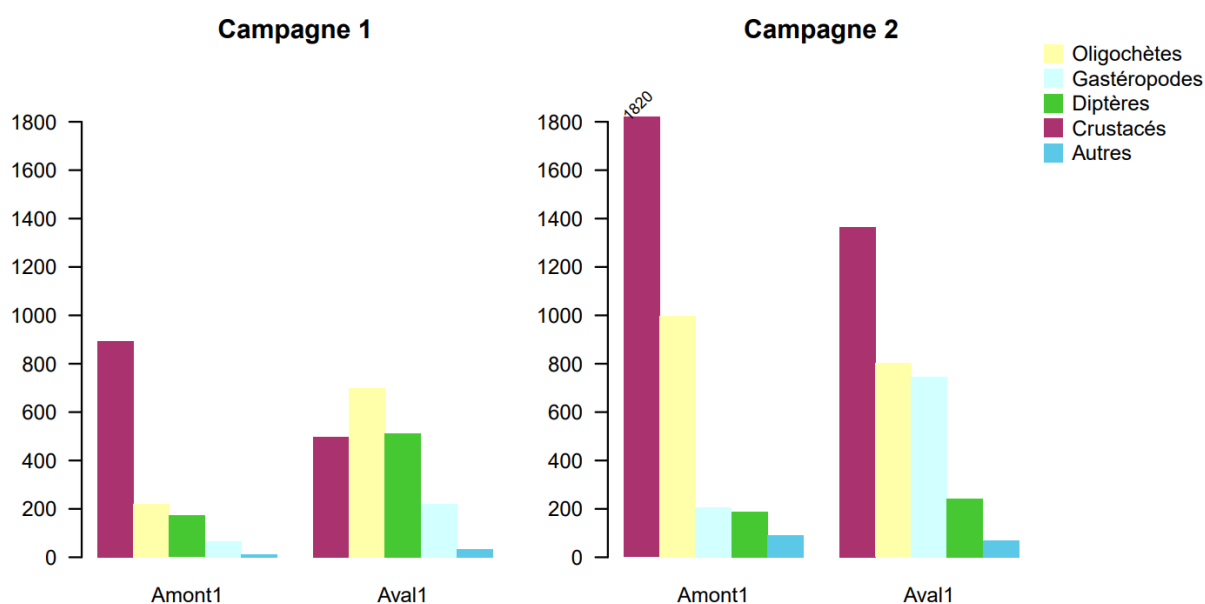


Figure 19 : Distribution des abondances des groupes d'invertébrés (Crustacés ; Diptères ; Oligochètes ; Autres groupes) en 2021 au printemps (campagne1) et à l'automne (campagne 2).

Du fait de leur dominance dans la composition du peuplement (Figure 20), neuf taxons invasifs (ou exotiques) sont distingués des invertébrés autochtones et rassemblés dans une entité unique nommée **Inv** (couleur orange). La richesse de chaque station est principalement dépendante de ces neuf taxons, comprenant une majorité de Crustacés d'origine pontocaspienne et des Polychètes. En 2021, ils représentent 47,8% des effectifs (Annexe IX).

Les Crustacés individualisés du groupe des invasifs ne sont en réalité représentés que par deux taxons considérés comme autochtones : l'espèce *Atyaephyra desmarestii* et le genre *Gammarus* qui regroupe les espèces autochtones *G. pulex* ou *G. fossarum* et non les espèces exogènes *G. roeseli* ou *G. tigrinus*.

Les espèces du groupe GOLD (Gastéropodes, Oligochètes et Diptères) désignent exclusivement des espèces non exogènes. Ils contribuent également à la richesse de chaque station. Le reste

de la richesse se distribue essentiellement entre le groupe PET (Plécoptères, Éphéméroptères et Trichoptères), plus marginalement par la présence de Coléoptères et de Crustacés *Atyaephyra desmarestii* et *Gammarus sp.*, et de rares représentants Odonates et Hirudinés. Les Hétéroptères (HET) n'ont pas été observés en 2021.

Les valeurs de richesses taxonomiques observées cette année varient autant spatialement que temporellement (Figure 20).

Au printemps, les richesses fluctuent d'une station à l'autre avec des valeurs oscillantes entre 6 et 15. A l'automne, les richesses sont légèrement plus importantes et varient de 7 à 19, on constate alors plus d'écart entre les types de prélèvement. La richesse la plus élevée de l'année a été relevée en amont dans le substrat artificiel, avec un peuplement composé de nombreux exogènes et de taxons du groupe GOLD.

Les substrats artificiels concentrent les plus fortes richesses taxonomiques, excepté en aval au printemps ; contrairement aux très faibles richesses taxonomiques des sédiments en toutes saisons et toutes stations confondues.

Le peu d'insectes (PET) est trouvé dans les substrats artificiels et les sédiments de la station amont au printemps ainsi que dans les herbiers et substrats artificiels de la station aval à l'automne.

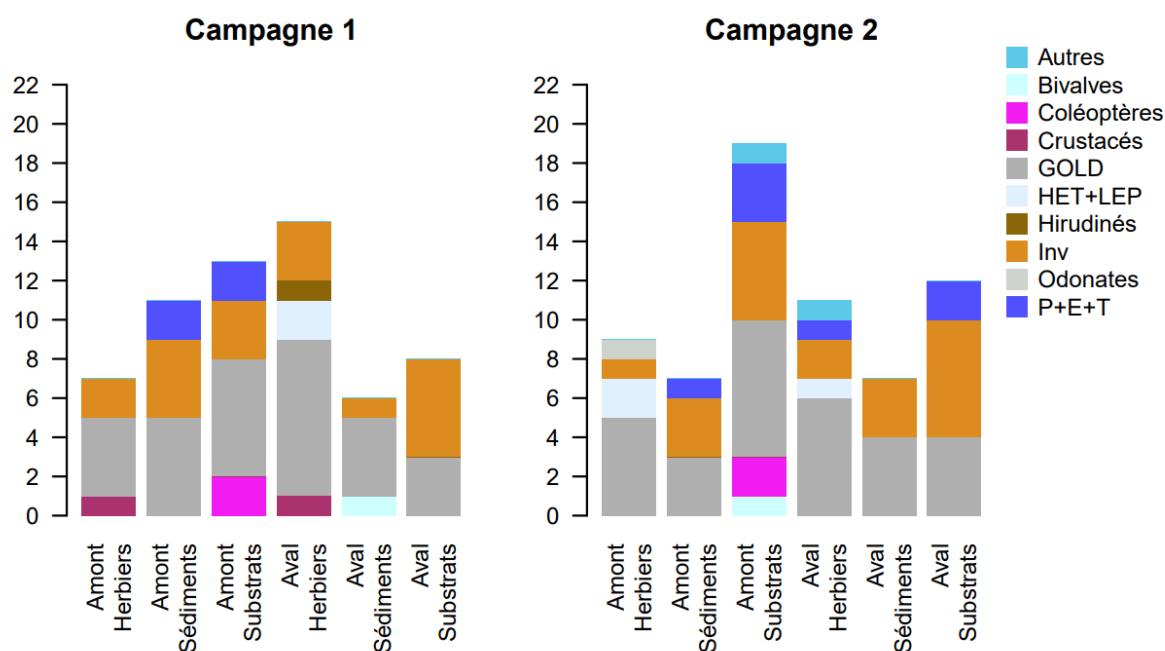


Figure 20 : Distribution dans les stations et les types de prélèvements de la richesse taxonomique des groupes faunistiques lors des deux campagnes en 2021. GOLD = Gastéropodes, Oligochètes, Diptères (non exogènes) ; HET + LEP = Hétéroptères + Lépidoptères ; Inv = Invasifs = Crustacés, Mollusques, Achètes et Polychètes principalement ; P+E+T = Plécoptères + Ephéméroptères + Trichoptères ; Autres = autres groupes.

9.4.3. Indices de structure des communautés d'invertébrés

L'indice de Shannon (Figure 21) évalue la répartition des effectifs parmi les taxons présents, et l'indice de Simpson caractérise la proportion de chaque taxon.

La diversité exprimée par l'indice de Shannon est globalement faible, proche de 1,60 au printemps, ses valeurs sont légèrement inférieures à l'automne. Les valeurs de cet indice suivent les mêmes tendances en amont et en aval. Les résultats caractérisent un peuplement plutôt jeune avec un fort pouvoir de multiplication (plusieurs générations par an), dominé par quelques espèces parmi les Crustacés exotiques et les Diptères.

Les valeurs de l'indice de Simpson proches de 0,75 pour les deux stations aux deux saisons révèlent un déséquilibre lié à la dominance de quelques espèces exotiques. Ce sont des espèces ubiquistes à court cycle de vie (inférieur à un an), mieux adaptées à l'environnement rhodanien actuel.

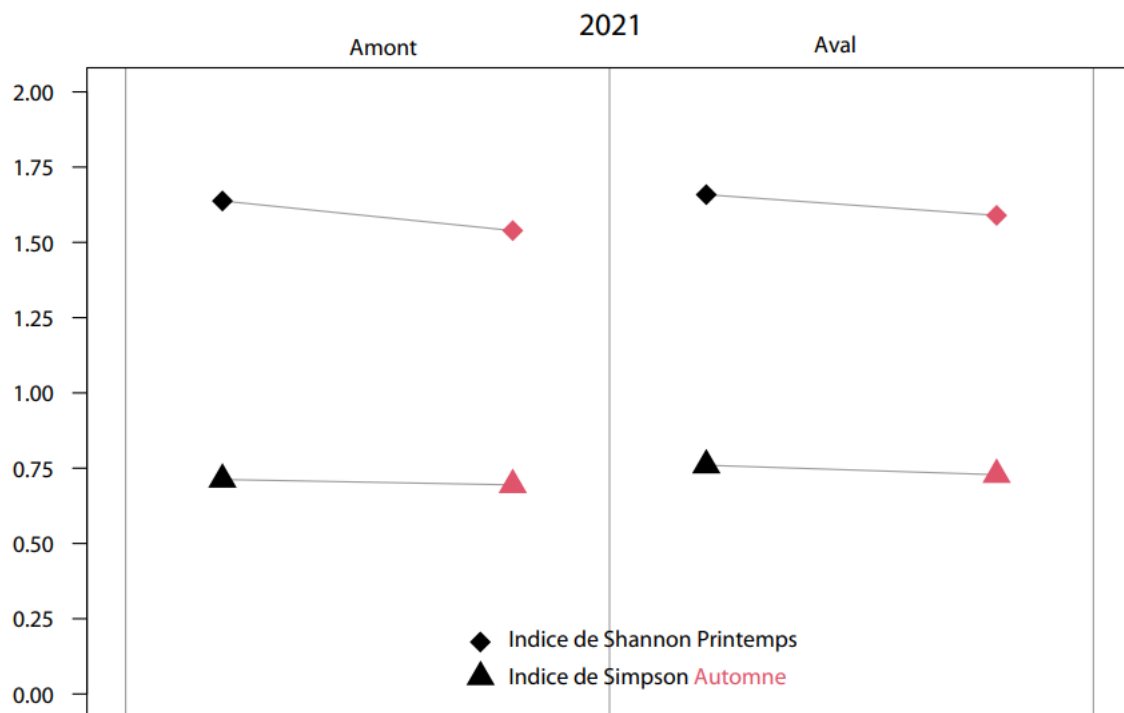


Figure 21 : Indices de Shannon et Simpson par station et par campagne (printemps en noir, automne en rouge).

9.4.4. Composition taxonomique du peuplement sur le tronçon

Les listes taxonomiques détaillées de l'Annexe VIII donnent les abondances des invertébrés par station et par date en 2021.

Un total de 45 taxons, identifiés de la classe à l'espèce, a été obtenu en 2021. Selon les dates, 6 à 19 taxons ont été récoltés par types d'échantillons et par station, ce qui est faible. La richesse minimale, avec 6 taxons dans les sédiments, a été enregistrée une nouvelle fois dans la station Aval en juin. La richesse maximale avec 19 taxons dans les substrats artificiels a également été relevée en amont au mois d'octobre.

En 2021, 9 861 individus ont été échantillonnés dont plus de 4 500 Crustacés exogènes soit plus de 46% des effectifs totaux : *Dikerogammarus villosus* (39,4%), *Jaera istri* (5,9%), et *Corophium* (0,9%). Avec les Crustacés, les Oligochètes participent à plus de 27% des effectifs totaux quasi essentiellement constitués de Tubificidae. Les Mollusques composent la troisième majorité des taxons présents plus de 13% des effectifs totaux (dont *Theodoxus fluviatilis* 11,9% et *Potamopyrgus* 0,5%). Les Diptères quant à eux représentent plus de 11,3% des effectifs totaux avec la famille des Chironomidae : 6,4% d'Orthoclaadiinae, 4,4% de Chironomini et 0,45% de Tanytarsini.

Les Crustacés

Cinq familles sont récoltées dont quatre allochtones, d'origine ponto-caspienne, capturées à Cruas-Meysse : **Pontogammaridae** en 2003, **Mysidae** en 2004, **Corophiidae** en 2005 puis **Janiridae** en 2007. Dans la famille Gammaridae, certains genres et espèces sont autochtones ou peuvent également être allochtones tel *Gammarus roeseli*. La famille Gammaridae a régressé suite à l'apparition de *Dikerogammarus villosus* et des autres Crustacés d'origine ponto-caspienne.

* La famille **Pontogammaridae** avec le genre *Dikerogammarus* est la plus représentée en 2021 avec près de 40% des effectifs totaux, soit 3 883 individus. Tous les individus identifiés à l'espèce sont des *Dikerogammarus villosus*, retrouvés en grande quantité dans les herbiers en Amont à l'automne.

* Provenant également du bassin du Danube, l'espèce hyporhéique *Jaera istri* de la famille des **Janiridae** est observée sur la retenue de Montélimar depuis octobre 2007. Elle colonise très bien les substrats artificiels, et a été nettement plus abondante à la station Amont en juin et en octobre. En 2021, cette famille représentait près de 6% des effectifs (587 individus).

* La famille **Corophiidae**, avec l'espèce *Corophium curvispinum* d'origine ponto-caspienne, a été capturée essentiellement dans les substrats artificiels des deux stations. Légèrement plus abondante en aval à l'automne, ses effectifs sont restés faibles (0,9% avec 91 individus).

* La famille des **Mysidae** est représentée par deux espèces. La plus abondante (*Limnomysis benedeni*), avec 0,14% des effectifs totaux, est toujours retrouvée dans les herbiers. Concernant la seconde espèce, *Hemimysis anomala*, seuls quelques individus ont été trouvés à l'aval dans le substrat secondaire au printemps. Depuis quelques années, son abondance globale diminue. Elle n'avait pas été échantillonnée en 2018 et l'année 2019 avec plus de 26% des effectifs totaux avait été exceptionnelle.

* L'espèce *Atyaephyra desmarestii* de la famille **Atyidae**, native dans les cours d'eau et des fleuves méditerranéens, n'est représentée que par deux individus (0,02%). Morphologiquement proche de la crevette, elle a été exclusivement observée au printemps dans les herbiers de l'amont et de l'aval.

* La famille **Gammaridae** est composée du genre *Gammarus* comprenant différentes espèces autochtones non identifiées et d'espèces identifiées mais exotiques comme *Gammarus roeseli*. Observée à Cruas-Meysses depuis 2003, cette espèce allochtone, originaire de l'Europe de l'est, est une invasive ancienne. Colonisant le bassin du Rhône depuis le nord-est, elle a été signalée dans le Val de Saône en 1959, puis à l'amont immédiat de Lyon en 1961. Elle a progressivement étendu son aire de répartition vers le sud et a été initialement échantillonnée sur le Bas-Rhône médian en 1969. Elle peut entrer en compétition avec d'autres espèces de gammarides, notamment *Gammarus pulex* qui occupe les sections inférieures des cours d'eau (ROUX, 1969). Une autre espèce exogène, *Gammarus tigrinus*, originaire d'Amérique du Nord¹⁴, a été signalée en Moselle en 1991. Présente dans nos échantillons à compter d'octobre 2004, elle n'a plus été retrouvée depuis 2015.

Les Oligochètes

Ils représentent 27,6% des effectifs en 2021. Quatre familles ont été inventoriées dont trois avec quelques individus : Naïdidae, Lumbriculidae et Lumbricidae. Les Tubificidae (27,3% des effectifs totaux) ont été majoritairement trouvés dans les sédiments de chaque station et principalement à l'automne.

A noter que l'espèce *Branchiura sowerbyi* de la famille Tubificidae est un exotique, observé annuellement dans ce suivi depuis 2004. Toutefois, il n'est identifiable aisément qu'à partir d'une certaine taille. Sachant que l'identification des Oligochètes n'a pas pu être réalisée régulièrement au cours de la chronique du suivi de la centrale, toutes les espèces et familles sont regroupées dans la liste TAxRef pour ne former qu'un seul taxon : Oligochètes.

Les Mollusques

Il s'agit du groupe faunistique le plus important en terme de richesse taxonomique avec 9 familles différentes. Ils représentent en 2021 plus de 13% du peuplement sur l'ensemble des stations et 6% en amont et plus de 19% en aval. En 2021, le taxon le plus abondant *Theodoxus fluviatilis*, recensé comme autochtone, représente près de 12% de l'effectif total.

D'autres taxons de ce groupe ont été recensés en tant qu'exogènes/invasifs anciens comme les genres *Potamopyrgus* sp. 0,5% et *Corbicula* sp. 0,4%. Les autres taxons : *Valvata* sp. (0,08%), *Radix* sp. (0,08%), *Pisidium* sp. (0,07%), *Ferrissia* sp. (0,02%) et Physidae (0,02%), ont été représentés par moins de 8 individus. Un individu de l'espèce *Dreissena rostriformis bugensis* a été retrouvée dans le substrat Amont à l'automne. La première observation de cette espèce sur ce tronçon fluvial date de 2019.

Les Insectes

Les **Diptères** colonisent les deux stations aux deux saisons, avec des abondances très variables selon les saisons et types de prélèvements. Ils regroupent sept taxons : Orthoclaadiinae (6,4%

14 <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/espece/gammarus-tigrinus/>

pour 629 individus) abondant dans les herbiers (jusqu'à 422 individus en aval au printemps) ; Chironomini représentant 4,4% avec 438 individus majoritairement retrouvé dans les sédiments ; Tanytarsini (0,5% avec 44 individus); et les autres taxons (Tanypodiinae, Simuliidae, Ceratopogoninae et Tipulidae) représentés par quelques individus.

Le **groupe E.P.T** (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères) rassemble des larves d'insectes peu abondantes ou très rares. La plupart sont les taxons indicateurs les plus polluo-sensibles pour les calculs des indices IQBG, IQBP ou IBG. En 2021, les E.P.T. sont complètement absents en aval au printemps. Ils sont en effectifs très réduits en amont au printemps et en aval à l'automne. En 2021, ils ont été plus abondants dans le substrat artificiel en amont en automne.

Les **Ephéméroptères** sont représentés par cinq taxons : *Caenis* sp. (60 individus), *Heptagenia* sp. (12 individus), *Cloeon* sp. (2 individus). *Ephemerella* sp. et *Ephemera glaucops* sont des taxons représentés par un unique individu. Trois taxons de deux individus ont constitué le groupe faunistique des **Trichoptères** : *Cheumatopsyche* sp. (2 individus), *Ecnomus* sp. (2 individus) et *Lype* sp. (1 individu). A noter que les **Plécoptères** sont présents en 2021. Trois individus du genre *Leuctra* ont été retrouvés dans le substrat artificiel en Amont en automne. Toutefois, l'observation de Plécoptères reste très rare dans la mesure où seules cinq observations ont été faites depuis 1982.

Deux **Coléoptères** de la famille Elmidae (*Stenelmis* sp. et *Esolus* sp.) ont été échantillonnés en amont dans les substrats artificiels au printemps et à l'automne.

Les **Lépidoptères** sont peu présents et échantillonnés seulement dans les herbiers. Les taxons sont majoritairement représentés par un seul individu (*Acentria* sp., Crambidae).

L'ordre des **Odonates**, est constitué de 1 individu *Calopteryx* sp. retrouvé en automne dans les herbiers.

Les Polychètes

Les **Polychètes** sont en augmentation depuis 2016. Cette année, *Hypania invalida* originaire du bassin ponto-caspien est en nette diminution par rapport à 2020 (0,5% de l'effectif total).

Nous pouvons signaler la présence sur le Bas-Rhône médian d'une autre espèce de Polychètes, *Manayunkia caspica* qui vit en sympatrie dans le cours aval du Danube. Elle a été découverte en France pour la première fois en 2014 dans le cadre des études menées sur l'aménagement hydroélectrique de Péage-de-Roussillon et aux environs du CNPE de Saint-Alban situé à une cinquantaine de kilomètres en aval de Lyon (FRUGET & BEISEL, 2016). Nous l'avons observée en 2018 et 2021 dans le cadre du suivi hydrobiologique du CNPE du Tricastin et pour la première fois à Cruas-Meysse en 2021.

Autres groupes non insectes

Quelques autres groupes sont également représentés par un ou quelques individus, notamment **Hirudinés** (espèce *Piscicola geometra*) et **Hydracariens**.

Groupe INV pour invasifs = taxons exotiques

La quasi-totalité des espèces les plus abondantes des groupes faunistiques précédents sont à caractère **exotique et/ou invasif**. Pour les Crustacés, hormis *Atyaephyra desmarestii* provenant du Sud-Est de la France et Gammarus, que ce soit *G. pulex* ou *G. fossarum* ou une autre espèce autochtone, toutes les autres espèces présentes en 2021 proviennent du bassin ponto-caspien, en l'absence de *G. tigrinus*.

Le groupe des Polychètes est représenté par deux espèces exotiques, *Hypania invalida* et *Manayunkia caspica*, également en provenance du bassin ponto-caspien.

Parmi les Mollusques, quelques taxons sont listés en tant qu'exotiques anciens ou acclimatés. Ce sont : *Corbicula* sp. (Asie du Sud-Est), *Potamopyrgus* sp. (Nouvelle Zélande).

Une seule espèce est considérée comme exotique chez les Oligochètes, *Branchiura sowerbyi* (Asie du Sud-Est) de la famille des Tubificidae, identifiable à sa maturité.

9.5. Qualité biologique du Rhône à Cruas-Meysse

9.5.1. Indices de Qualité Biologique (IQBG - IQBP) de l'année 2021

Les listes taxonomiques détaillées des invertébrés, par station et par technique d'échantillonnage, sont données par date dans l'Annexe VIII (juin et octobre). Les listes faunistiques adaptées pour les calculs des indices IQBG et IQBP sont présentées en Annexe XIV, avec les listes des taxons uniques et invasifs. Dans ces listes faunistiques adaptées, les prélèvements des herbiers et des sédiments sont additionnés, et le niveau d'identification des invertébrés est modifié (au genre, à la famille ou en groupes) pour permettre le calcul des indices IQBG et IQBP.

Les indices calculés pour les prélèvements réalisés en 2021 figurent dans le tableau suivant (Tableau XX).

Rappelons que les substrats artificiels de juin sont immergés durant une période de débits fluctuants et en baisse au printemps, et ceux de l'automne au cours de la première hausse automnale des débits (Figure 17).

Tableau XX : Indices IQBG et IQBP maximisés des stations de Cruas-Meysse, des deux campagnes 2021. Les individus uniques et les taxons exotiques sont pris en compte dans le calcul des indices.

	Campagne 1		Campagne 2	
	Amont	Aval	Amont	Aval
Effectifs	847	1 637	2 433	1 600
Richesse taxonomique totale	11	12	10	13
Classe de variété	]0 ;12]	]0 ;12]	]0 ;12]	]12;19]
Groupes faunistiques	Trichoptères sans fourreaux larvaires	Mollusques	Ephéméroptères	Ephéméroptères
Taxon indicateur	Lype <5	Theodoxus <6	Ephemera <6	Cloeon <6
Groupe repère	VI	VII	V	V

	Campagne 1		Campagne 2	
	Amont	Aval	Amont	Aval
IQBGmax (herbiers & sédiments)	5	3	7	8
Robustesse	5	3	3	4
	Campagne 1		Campagne 2	
	Amont	Aval	Amont	Aval
Effectifs	515	330	872	1 627
Richesse taxonomique totale	11	8	17	11
Classe de variété	]0 ;12]	]0 ;12]	]12 ;19]	]0 ;12]
Groupes faunistiques	Plécoptères	Mollusques	Ephéméroptères	Trichoptères sans fourreaux larvaires
Taxon indicateur	Leuctra <3	Theodoxus <6	Heptagenia <6	Ecnomus <5
Groupe repère	III	VII	V	VI
IQBPmax (substrats artificiels)	11	3	8	5
Robustesse	7	3	8	3

Les notes IQB*maximisés* sont comprises entre 3 et 11/20 selon les dates et les stations. Elles indiquent une qualité biologique bonne à dégradée de l'hydrosystème fluvial. La note la plus faible a été enregistrée pour la station Aval lors des deux campagnes. Le meilleur indice a été obtenu en octobre sur la station Amont du fait de la présence du Plécoptères du genre *Leuctra* du groupe indicateur III.

Les diversités taxonomiques sont inférieures à 17 taxons, d'où l'importance des taxons indicateurs pour calculer la note. En prenant en compte les taxons uniques, les insectes polluo-sensibles donnent une note plus élevée : Plécoptères (*Leuctra* sp.), Ephéméroptères (*Cloeon* sp., *Ephemera* sp., *Heptagnia* sp.). Les plus mauvaises notes 3/20 sont obtenues avec pour taxon indicateur le Mollusque *Theodoxus fluviatilis* associé à des richesses basses de 8 et 12 taxons.

Avec les IQBG maximisés, deux points séparent les deux stations au printemps : la station Amont obtient 5/20 et la station Aval 3/20. A l'automne, les notes des deux stations s'améliorent, et plus proches entre elles, 7/20 en amont et 8/20 en aval.

Avec les IQBP maximisés, les notes sont très différentes au printemps, la station Amont (11/20) possède une meilleure note qu'à l'Aval (3/20) pour une même classe de richesse. La note nettement supérieure obtenue en amont est exclusivement due à la présence de quelques individus Plécoptères de la famille des Leutridae du genre *Leuctra*. A l'automne, l'écart entre les notes se réduit avec 8/20 à l'amont et 5/20 à l'aval.

Entre les deux indices biologiques, les notes sont relativement différentes : avec les substrats prélevés en rive (IQBG), les notes varient peu et restent faibles, de 3/20 à 8/20. Les notes IQBP avec les substrats artificiels de l'aval sont aussi basses. En amont, les notes augmentent avec les IQBP. De plus, avec les substrats artificiels, la station Amont obtient aux deux saisons des notes supérieures de deux points à celles de l'aval.

Néanmoins, l'état du système reste dégradé car les maximales obtenues en automne s'expliquent principalement par la présence d'individus uniques parmi les taxons indicateurs polluo-sensibles.

La lecture des robustesses confirme que les notes maximales sont obtenues par la présence d'individus uniques d'un groupe faunistique élevé pour le calcul de l'indice. Si une fois leur taxon indicateur soustrait, les notes des IQBG restent inchangées au printemps, elles diminuent de moitié à l'automne. Les calculs des robustesses IQBP présentent moins d'écarts, les notes varient exclusivement en Amont au printemps (-4 points) et en aval à l'automne (-2 points).

9.5.2. Evolution interannuelle (1982-2021) des IQBG et IQBP maximisés moyens annuels

Le calcul des IQBG maximisés en 2021 (Figure 22) donnent des notes dans l'espace interquartile à l'automne et au printemps inférieures au 1^{er} quartile en amont et minimale en aval de la chronique étudiée (1982-2021).

Les notes obtenues par les IQBP maximisés montrent une évolution spatiale marquée : pour l'amont les notes se situent dans l'espace interquartile et en aval sous le 1^{er} quartile, avec une note minimale au printemps de la chronique étudiée (1982-2021).

Selon les deux méthodes, les résultats diffèrent entre les stations. Sur l'ensemble de la chronique, la note médiane de l'IQBG est de 8/20 à l'amont, et est légèrement plus basse qu'à l'aval. En revanche, la médiane de la station Amont de l'IQBP est de 10/20 alors qu'elle n'est que de 8/20 dans la station Aval.

Les station Amont est d'une qualité biologique globale sensiblement un peu plus élevée que celle de l'aval. Plus variable, l'aval possède au printemps les notes les plus basses observées sur la chronique étudiée.

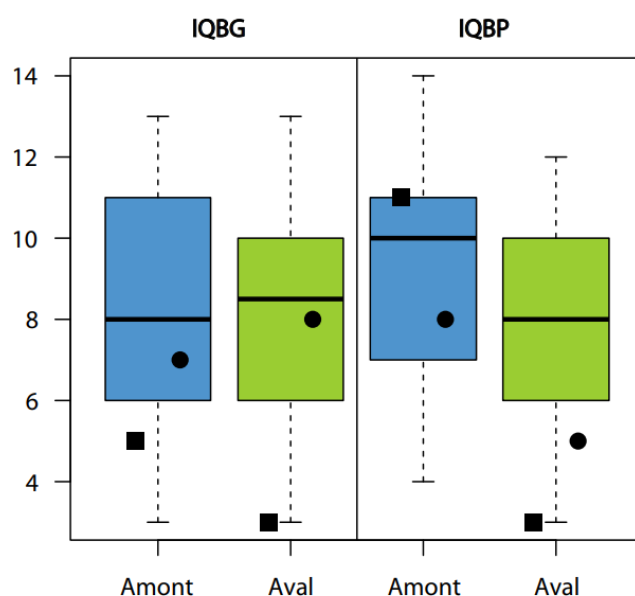


Figure 22 : Box-plots des valeurs IQBP maximisés sur la chronique (1982-2021), et représentation des valeurs obtenues en 2021 (Campagne de printemps ■ ; Campagne d'automne ●).

Les valeurs de ces indices maximisés sont toutefois à relativiser pour plusieurs raisons. La première est liée au fait que la diversité des taxons dits exotiques ou invasifs récents, apparus après l'année 2003, augmente considérablement la note en améliorant la classe de variété taxonomique, c'est-à-dire la richesse (nombre de taxons différents). Cette augmentation récente de la biodiversité induite par l'installation de taxons exotiques plus ubiquistes se fait au détriment d'espèces autochtones moins compétitives à plus long terme. La seconde est liée au niveau de référence réalisé en acceptant qu'un groupe indicateur puisse être défini par un seul individu polluo-sensible. Le cas du taxon unique est particulier : est-il rare sur la station, répond-il à une particularité locale d'habitat, ou provient-il d'un autre site par la dérive lors des crues par exemple ? C'est probablement le cas au printemps 2021 avec les trois Plécoptères du genre *Leuctra* (IQBP) en amont et les deux Epheméroptères du genre *Cloeon* (IQBG) en aval à l'automne.

La comparaison entre ces deux calculs de notes est donc intéressante à réaliser. Les graphiques (Figure 23) exposent les notes d'indices biologiques maximisés (avec les taxons exotiques et uniques), et les indices « standards » (sans les taxons uniques et les exotiques) aux deux campagnes. Les listes des espèces exotiques ainsi que des espèces uniques sont présentées en Annexe XIV pour chaque station et chaque campagne.

Au printemps, la baisse intéresse essentiellement les notes IQBG en Amont avec une perte de deux points. Les notes IQBP « standards » restent inchangées en amputant les taxons invasifs/exotiques et les taxons uniques. A l'automne, les notes des IQBG et IQBP en station amont sont impactées avec une chute respective de 4 et 1 points ainsi que l'IQBG aval qui diminue d'un point.

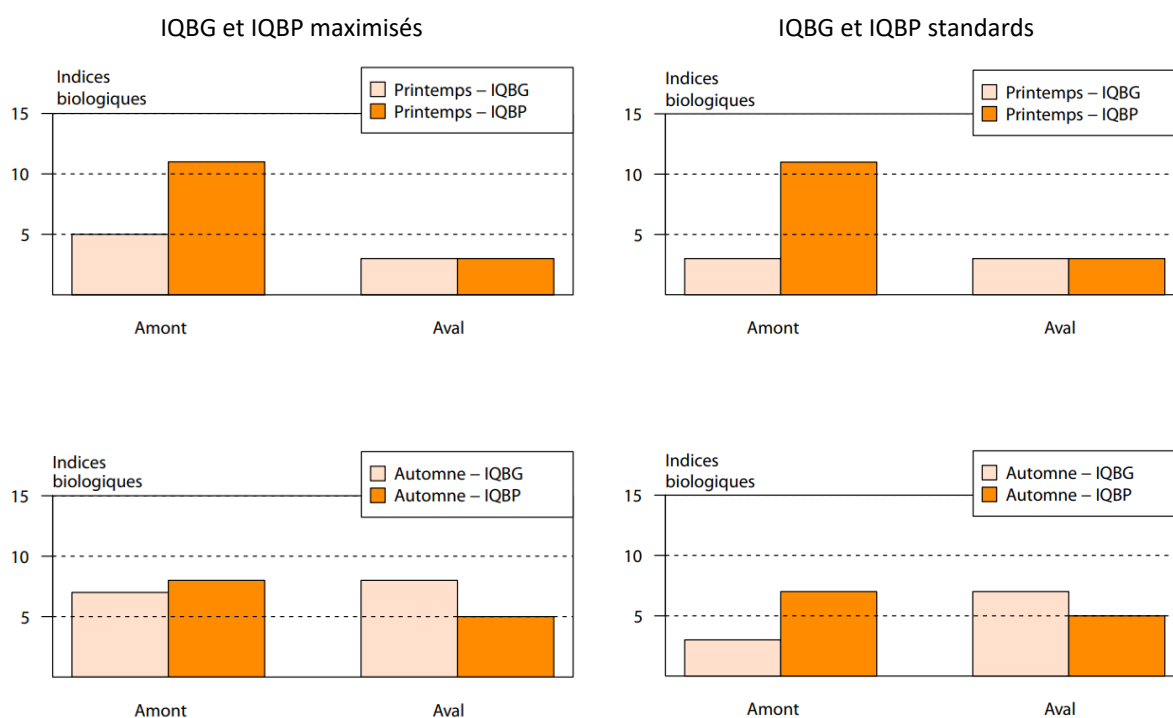


Figure 23 : Comparaison des valeurs des notes d'IQBG/IQBP obtenues selon deux modes de calcul. A gauche, les indices maximisés prennent en compte les taxons uniques et invasifs. A droite, les indices standards où ces taxons sont exclus.

Au regard des indices maximisés, le constat d'une dégradation encore plus marquée des valeurs des notes est avéré, notamment pour les IQBG. Cette baisse des notes est imputable à la diminution de la richesse, principalement associée aux espèces exotiques, ainsi qu'à la disparition des taxons uniques indicateurs qui sont parmi les plus polluo-sensibles.

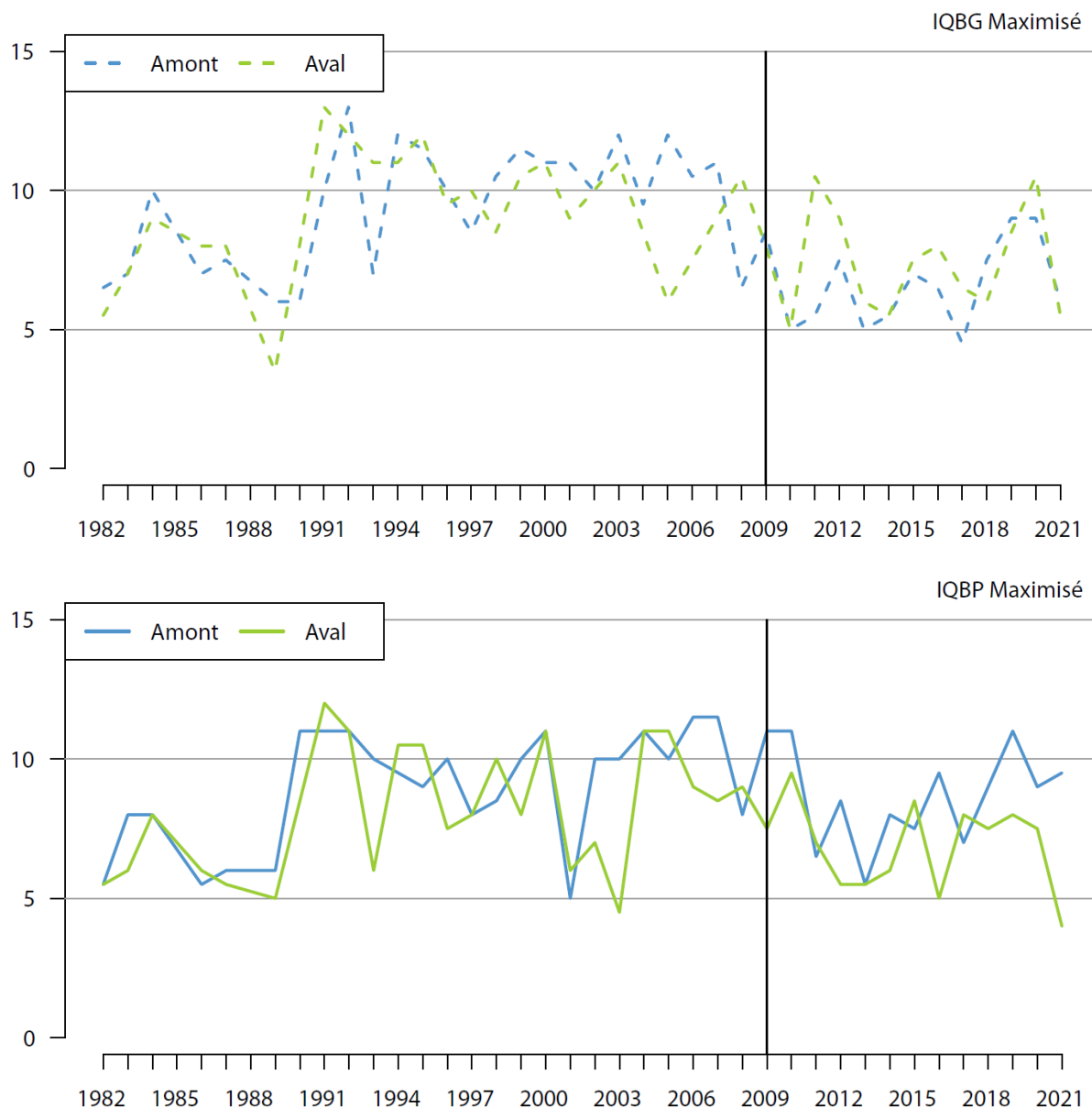


Figure 24 : Chronique des moyennes IQBG/IQBP maximisés (avec prise en compte des taxons uniques et invasifs) par station depuis 1982.

Les indices moyens annuels calculés depuis 1982 varient globalement entre 5 et 13/20 (Figure 24).

Une légère amélioration des notes s'opère de la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000 (amélioration des systèmes d'épuration), suivie d'une dégradation post 2003 consécutive au stress hydroclimatique de cette année exceptionnelle et au développement accru des populations des espèces ponto-caspiennes. Depuis 2009, la qualité biologique à Cruas-Meysse

reste basse et évolue entre faible à très faible. Post 2012, les valeurs de ces indices sont équivalentes à celles obtenues dans les années 1980.

En 2021, les notes des indices biologiques (IQBG et IQBP) ont été moins bonnes que les années précédentes, excepté pour les IQBP en Amont.

Cette année, les notes IQBG s'inscrivent dans la continuité des résultats observés sur la dernière décennie, avec une diminution des notes dans les deux stations par rapport à l'année passée.

Cependant, depuis près de vingt ans, ces indices de qualité biologique attestent d'un hydrosystème dont les peuplements sont bouleversés, dans lequel l'abondance des taxons polluo-sensibles et la diversité autochtone ont fortement diminué, voire disparu.

9.5.3. Calcul des notes d'Indice Biologique Global (IBG)

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité biologique par les outils DCE (USSEGLIO-POLATERA et al., 2009), l'IBG-DCE propose une solution adaptée aux problématiques des grands cours d'eau comme le Rhône. Son calcul s'effectue sur le principe de trois zones prélevées (la zone de berge, la zone intermédiaire et la zone profonde) dans la largeur du lit mouillé, avec différentes techniques (filet Surber, filet haveneau, benne Eckman, substrats artificiels, drague). Le calcul des indices IBG est ensuite effectué à partir d'un tableau identique à celui utilisé pour les IBGN (tableau en Annexe XV). Cet exercice est proposé à partir des listes faunistiques des échantillons obtenus à partir de l'ensemble des prélèvements (Annexe VIII).

Pour l'année 2021, les notes estimées varient entre 5/20 et 10/20 pour les IBG comprenant les invasifs/exotiques post 2003 (Tableau XXI). Ces notes confirment un état biologique dégradé à l'amont comme à l'aval avec toutefois de meilleures notes à l'amont.

Tableau XXI : Résultats des notes de type IBG à partir de l'ensemble des prélèvements.

	Station	Taxon indicateur	Classe	Effectif	Richesse	IBG	Robustesse
Campagne 1 (Printemps)	Amont	Leuctridae	7	3	12	10	5
	Aval	Mollusques	2	243	10	5	3
Campagne 2 (Automne)	Amont	Heptageniidae	5	12	17	10	6
	Aval	Mollusques	2	768	13	6	4

La représentation des box-plots (Figure 25) expose une proximité des médianes des deux stations, avec 10/20 à l'amont et 8/20 à l'aval, obtenues sur la totalité de la chronique 1982-2021. En 2021, les notes à l'amont se situent sur la médiane aux deux campagnes, elles sont bien inférieures à l'aval. L'augmentation du printemps à l'automne des notes IBG obtenues par les substrats artificiels est légèrement marquée à l'aval (de 5 à 6/20). Une fois la robustesse des IBG calculée, toutes les stations perdent deux à cinq points.

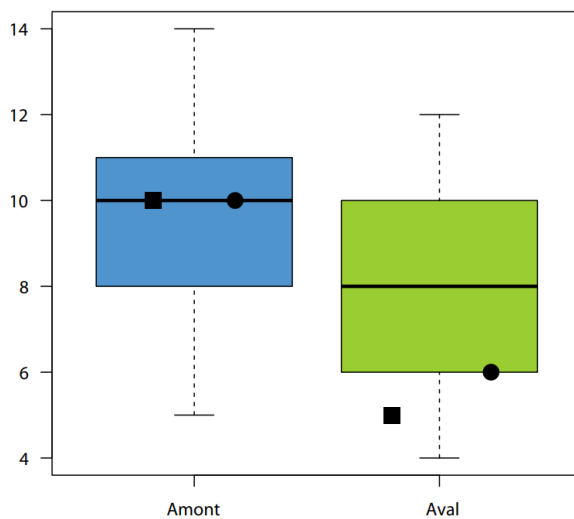


Figure 25 : Box-plots des valeurs des IBG estimées pour la chronique (1982-2021) et représentation des valeurs 2021 (Campagne printemps ■; Campagne automne ●).

La chronique des notes moyennes annuelles IBG (Figure 26) confirme les tendances données par les autres indices. Ces tendances sont directement liées à l'arrivée massive des espèces invasives et exotiques, exacerbée à la fois par les événements hydroclimatiques 2003 (canicule puis fortes crues) et la modification continue des conditions hydroclimatiques. Depuis 2010, les notes sont toujours inférieures à 10/20, signe d'une dégradation continue, liée au changement important de la composition du peuplement : forte réduction des taxons autochtones et pollu-sensibles notamment chez les insectes, et dans le même temps, dominance des abondances des taxons exotiques, surtout les Crustacés. En 2021, la station Amont obtient une moyenne de 10/20 par la présence de familles d'insectes comme Leuctidae. Depuis 2016, les notes de la station Amont sont redevenues supérieures à celles de la station Aval. Cette année, la moyenne de la station Aval tend à s'éloigner de la moyenne de l'Amont en hausse. Il est à noter que de faibles notes ont déjà été obtenues dans la station Aval, notamment en 2014, 2016, 2017 et 2019.

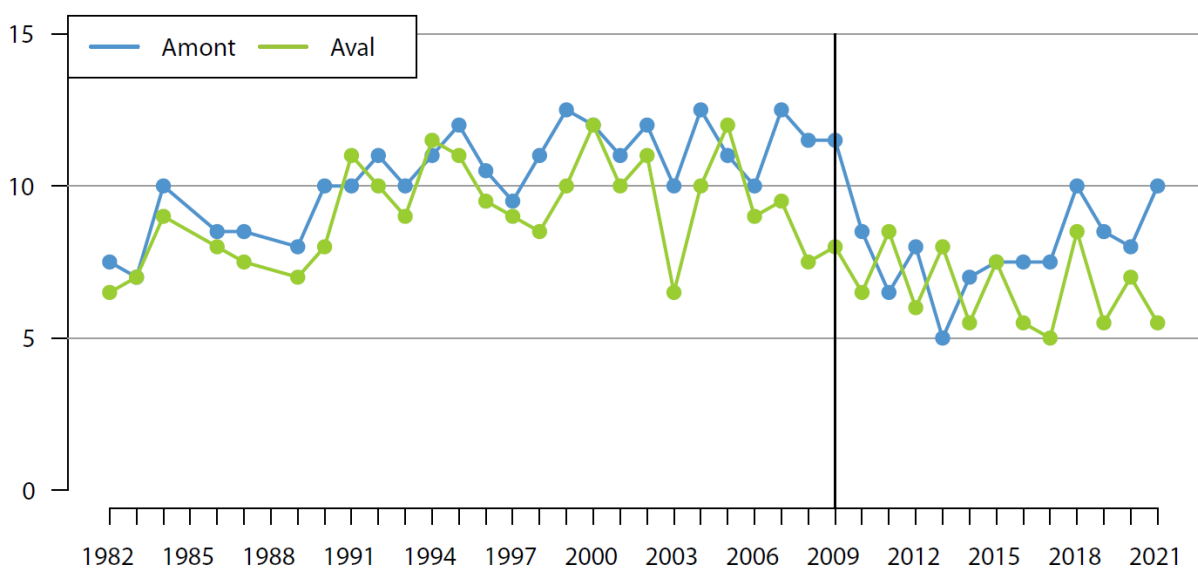


Figure 26 : Chronique des moyennes des notes IBG des substrats artificiels pour les stations de 1982 à 2021.

9.5.4. Chronique des richesses et abondances des taxons invasifs et EPT / GOLD

Cette dégradation est associée à l'arrivée massive des espèces **invasives** et exotiques probablement exacerbée par les conditions climatiques de 2003 et des années suivantes (une hydrologie globalement déficitaire, des températures élevées, et des épisodes généralement suivis de fortes crues). Le graphique (Figure 27 et Annexe XVI) établit l'évolution sur la chronique de deux groupes faunistiques (Crustacés et Polychètes) ayant eu un effet majeur (direct ou indirect) sur la composition du benthos.

A partir de 2003, l'abondance et la richesse des taxons exotiques ont augmenté. Cette tendance s'est accentuée à partir de 2008. Elle correspond à l'apparition des espèces ponto-caspiennes des genres *Dikerogammarus*, *Corophium*, *Jaera*, *Hemimysis*, *Limnomysis* et *Hypania* (Figure 27). Depuis 2008, leur abondance relative reste supérieure à 50% des effectifs totaux. Après avoir culminée en 2011, la richesse taxonomique du groupe Inv s'est stabilisée, et devient plus basse au printemps qu'à l'automne, excepté en 2017, 2019 et 2020, où les richesses sont identiques aux deux saisons. Cette année, les Invasifs représentent près de 50% de l'abondance relative totale. Une augmentation de leur abondance relative n'avait pas été observée depuis 2014.

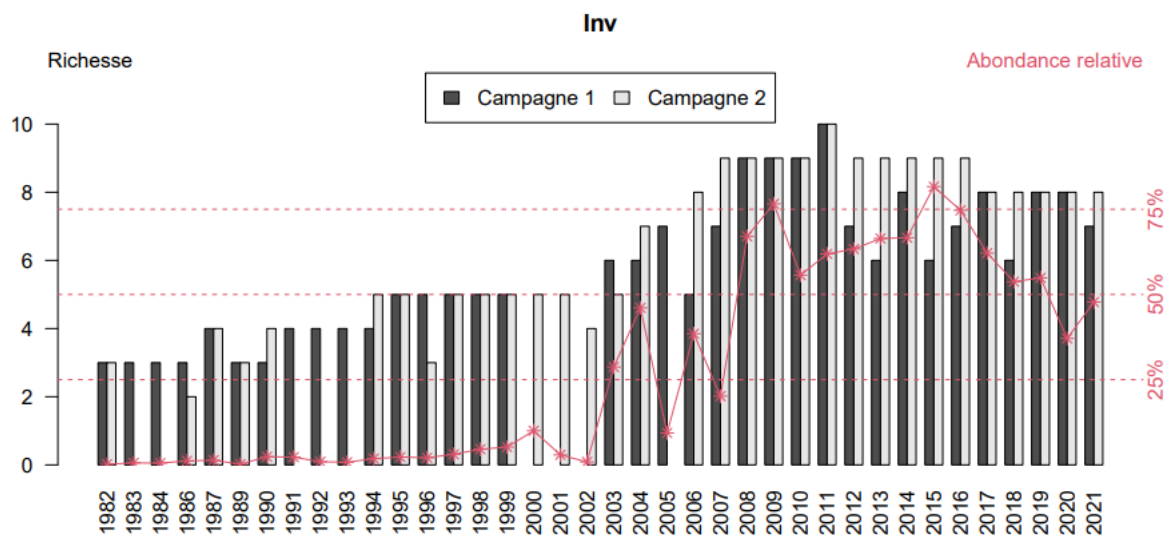


Figure 27 : Evolution de la richesse taxonomique (barres) et de l'abondance relative (*, tracé rouge) des taxons invasifs/exotiques (Inv) regroupant les Crustacés et les Polychètes sur la chronique 1982-2021.

Les chroniques des groupes des **Plécoptères**, **Ephéméroptères** et **Trichoptères** ont enregistré également une légère augmentation de leur diversité au début des années 2000, avant de s'effondrer de 2008 à 2013 (Figure 28). Après 2014, cette différence saisonnière s'est accentuée. A l'instar des campagnes 2018 et 2019, 2021 enregistre des richesses comparables à celles observées au début des années 2000. Seule 2020 a présenté à l'automne une richesse PET exceptionnelle, la plus haute enregistrée sur l'ensemble de la chronique étudiée (14 taxons) à la différence de la campagne printanière où la richesse taxonomique enregistrée était encore très faible (Figure 28). A noter que les abondances relatives sont très faibles depuis 2003, principalement constituées par des individus rares, montrant un état écologique du système dégradé ou fragilisé.

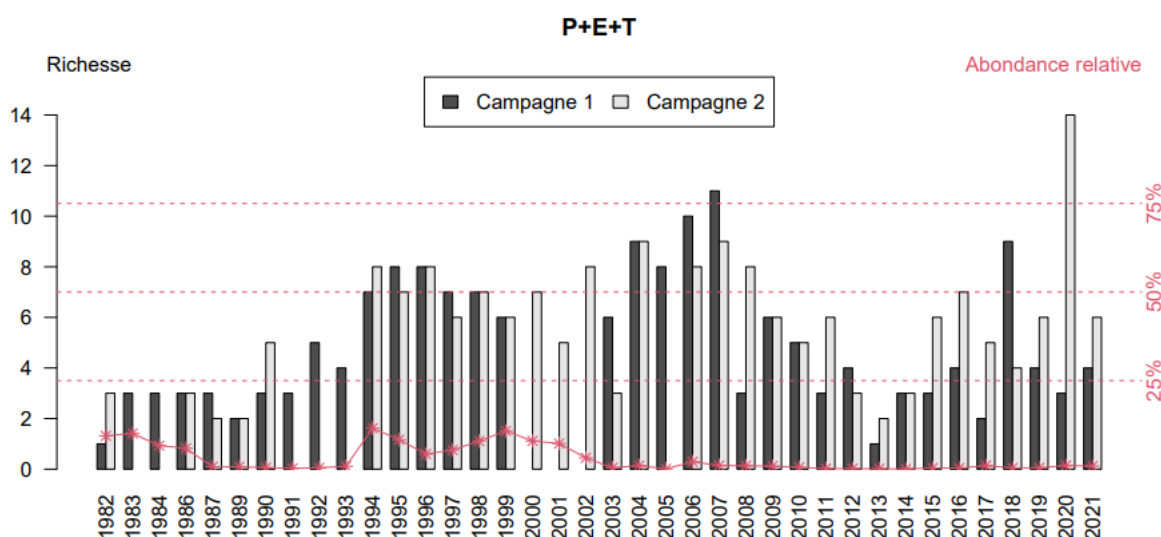


Figure 28 : Evolution de la richesse (barre) et de l'abondance relative (*, tracé rouge) des taxons polluo-sensibles (P+E+T : Plécoptères, Ephémères, Trichoptères) sur la chronique 1982-2021.

Les Gastéropodes, Oligochètes et Diptères **exogènes et non exogènes** de l'ensemble du peuplement ont été rassemblés sous le terme **GOLDex** (Figure 29). Ces 3 groupes rassemblent des taxons « polluo-résistants » et sont généralement révélateurs du niveau de contamination organique et trophique du milieu.

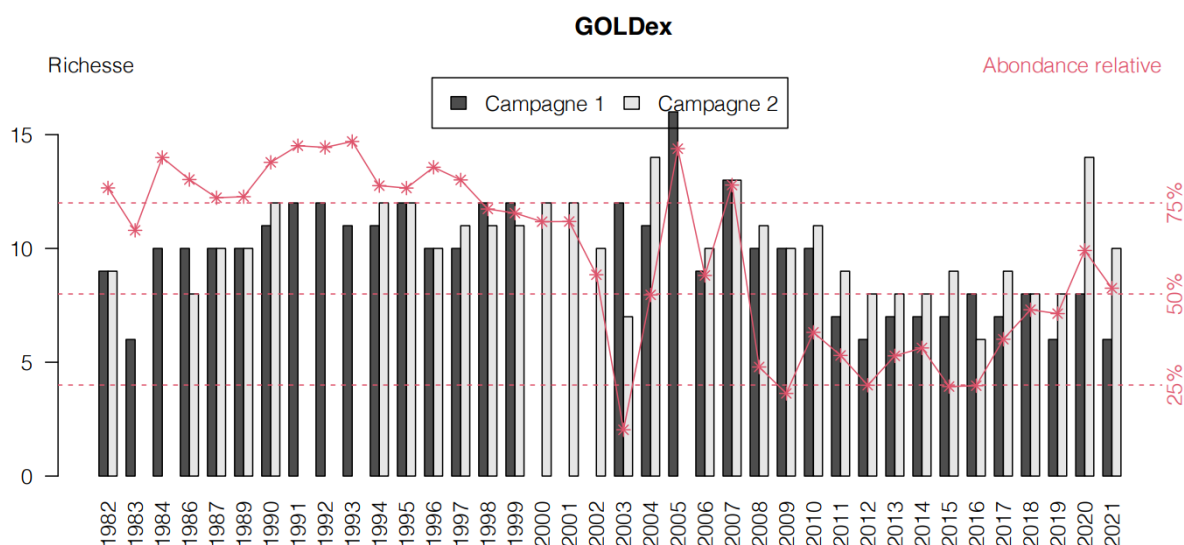


Figure 29 : Evolution de la richesse (barre) et de l'abondance relative (*, tracé rouge) des taxons polluo-résistants (GOLDex) sur la chronique 1982-2021.

L'abondance relative des taxons GOLDex a chuté drastiquement post 2002. Après une augmentation en 2005, l'abondance relative a nettement diminué jusqu'en 2009 (<25%) et fluctué jusqu'en 2016 pour augmenter jusqu'en 2020 (>50%). Un pic de la richesse taxonomique de ce groupe a été observé en 2005 suivi d'une décroissance progressive jusqu'en 2012. Depuis, les richesses ont fluctué selon les années et saisons. En 2021 aux deux saisons, la richesse de ce

groupe faunistique s'est stabilisée dans des valeurs proches de celles obtenues au cours de cette dernière décennie (8 taxons).

9.5.1. Analyse fonctionnelle du peuplement benthique

L'analyse des traits fonctionnels des taxons du benthos permet d'évaluer l'organisation du peuplement et d'attribuer une signification écologique au système. Une synthèse des principaux traits étudiés sur le peuplement des campagnes de 2021 est présentée, prenant en compte les traits biologiques, physiologiques et écologiques fondamentaux¹⁵.

Traits biologiques

L'aspect biologique soutient l'hypothèse émise lors de l'analyse des indices biotiques précédents.

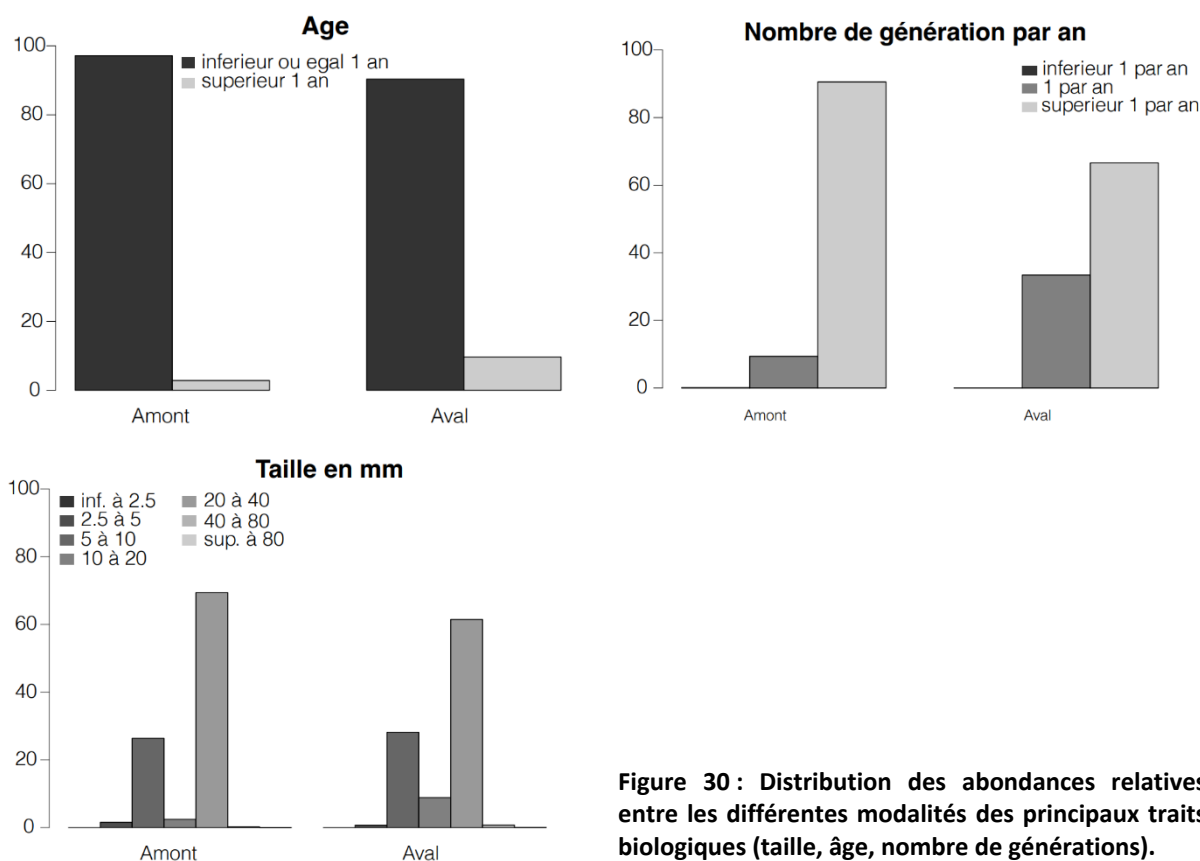


Figure 30 : Distribution des abondances relatives entre les différentes modalités des principaux traits biologiques (taille, âge, nombre de générations).

¹⁵ Une espèce peut être caractérisée par un ensemble de traits d'histoire de vie, biologiques, physiologiques et écologiques explicatifs de sa présence dans un biotope. L'analyse des traits permet une approche fonctionnelle des assemblages faunistiques, et notamment des comparaisons spatiales à larges échelles quelles que soient les espèces qui composent les peuplements. Pour les invertébrés aquatiques, ils peuvent par exemple être classés selon plusieurs modalités en fonction de leur polluo-résistance à une pollution organique et chaque espèce se voit affecter un coefficient ou une valeur saprobiale (oligosaprobe : espèce faiblement polluo-résistante, Beta-mésosaprobe : espèce relativement polluo-résistante, alpha-mésosaprobe : espèce polluo-résistante, Polysaprobe : espèce très polluo-résistante).

Le peuplement fonctionne majoritairement avec des espèces à cycles de vie courts (Figure 30), dont la durée de vie est inférieure à un an, ayant une activité de reproduction élevée avec un nombre de générations supérieur à une par an (polyvoltine), pouvant aller jusqu'à 2 ou 3 générations par an pour certaines espèces comme *Dikerogammarus villosus* (DEVIN et al., 2004). Si la taille des taxons capturés est en majorité comprise entre 20 et 40 mm, une proportion importante est relevée dans les classes de taille inférieures comprises entre 5 et 10 mm.

Traits physiologiques

Le premier trait physiologique sur la relation à la température (Figure 31) montre un peuplement à plus de 70% plutôt adapté aux variations des températures (eurytherme¹⁶) et s'adaptant aux conditions plus chaudes (sténotherme thermophile >15°C).

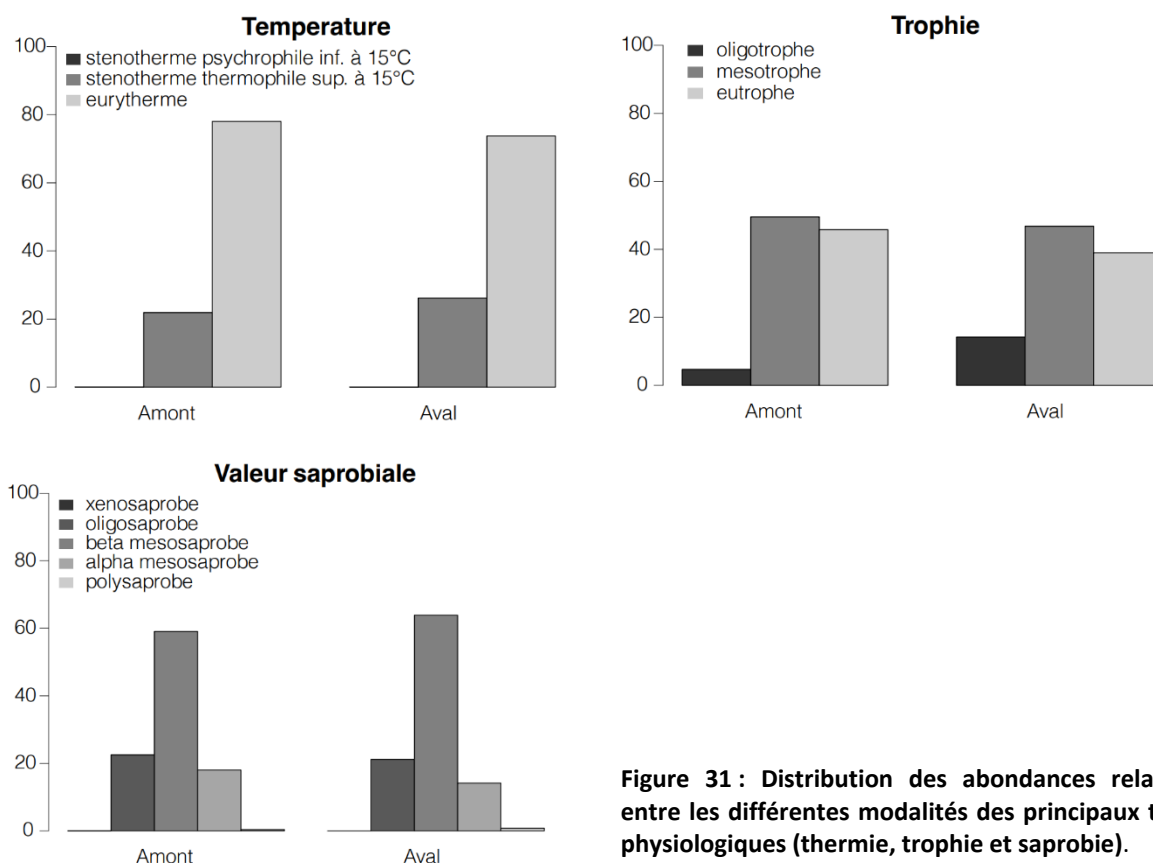


Figure 31 : Distribution des abondances relatives entre les différentes modalités des principaux traits physiologiques (thermie, trophie et saprobie).

L'analyse du trait degré de trophie montre que le peuplement révèle un environnement dont la teneur en azote et en phosphore est élevée (modalité « eutrophe »), notamment en Amont. Le peuplement traduit la tendance vers une réduction de ces composés (modalité

¹⁶ Une espèce eurytherme est capable de supporter des variations importantes de la température, à l'opposé d'une espèce sténotherme contrainte par une niche thermique de faible amplitude.

« mésotrophe ») grâce à l'amélioration de l'efficacité des traitements d'eaux usées rejetées dans le Rhône.

Enfin, les valeurs saprobiales démontrent un fonctionnement sur des taxons principalement béta-mesosaprobe, (près de 60% de l'abondance relative aux deux stations), rassemblant des espèces relativement polluo-résistantes comme les Crustacés *Jaera istri* et *Dikerogammarus villosus*. Plus de 20% du peuplement se compose également d'espèces oligosaprobies, c'est-à-dire capables de survivre dans des eaux à degré de pollution plus faible ou seulement polluées par la matière organique comme certains Diptères de la famille des Chironomidae (Orthocladinae et Tanytarsini).

Traits écologiques

Du point de vue écologique, la vitesse de l'eau et les caractéristiques d'habitat sont les facteurs abiotiques déterminants de la répartition et de l'abondance des invertébrés (Figure 32).

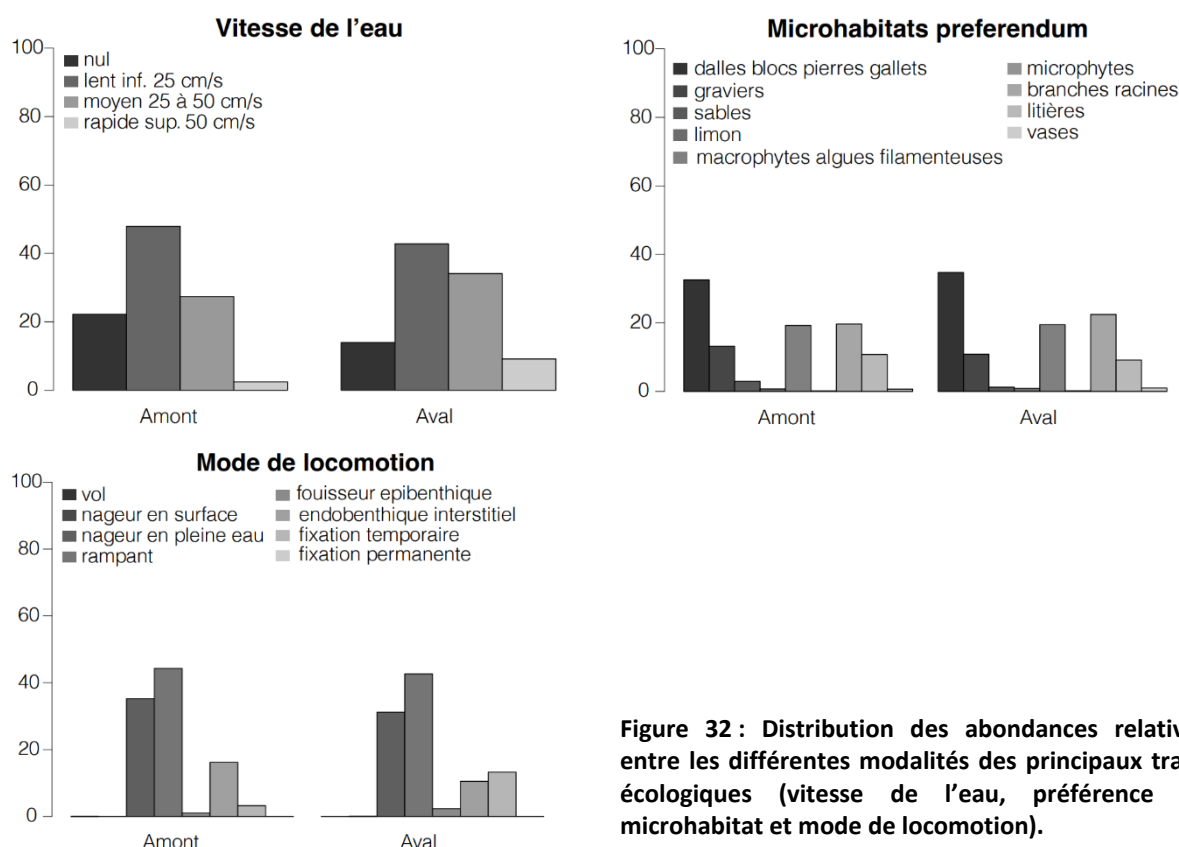


Figure 32 : Distribution des abondances relatives entre les différentes modalités des principaux traits écologiques (vitesse de l'eau, préférence du microhabitat et mode de locomotion).

La majorité des espèces retrouvées sont adaptées aux faibles vitesses de courant principalement comprises dans les modalités « nulle » à « lente » -inférieure à 25 cm/s, ainsi qu'aux habitats majoritairement représentés sur le fleuve c'est-à-dire des dalles, des blocs, de grandes étendues limono-argileuses et des macrophytes. Des espèces inféodées aux sables et graviers sont également présentes sur les stations, comme *Hypania invalida*. Cependant, le

peuplement regroupe des invertébrés inféodés à tous les types d'habitats, ceux préférant le limon et les microphytes étant les moins bien représentés.

La dominance de la modalité « rampant » parmi les modes de locomotion est expliquée par l'abondance des Crustacés *Dikerogammarus villosus* dans les herbiers à la campagne d'automne en Amont et des Diptères Orthocladiinae à la campagne de printemps en Aval.

9.6. Analyse de l'évolution interannuelle des peuplements

Des listes homogènes de taxons ont été établies pour les analyses multivariées des chroniques. Elles ont été conçues à partir de l'ensemble des échantillonnages de la macrofaune benthique du Bas-Rhône médian. Ces listes issues du suivi environnemental du fleuve au droit des CNPE de Cruas-Meysse et du Tricastin concernent le tronçon fluvial comprenant les biefs de Montélimar, Donzère-Mondragon et Caderousse. Elles prennent en compte les niveaux d'identification adoptés par les opérateurs successifs ayant œuvré dans le cadre de ces suivis. Cette homogénéisation est indispensable pour la comparaison pluriannuelle, et la liste taxonomique de référence peut être différente selon la période d'étude considérée.

Deux listes taxonomiques complètes établies pour ce tronçon fluvial ont été utilisées successivement. Le niveau d'identification de l'analyse de la chronique complète (1982-2021) est défini à partir d'une liste de 126 taxons. La seconde analyse portant sur la période récente 2004-2021 utilise le niveau taxonomique d'une liste complète de 138 taxons (voir Annexe X et Annexe XI).

Dans les analyses multivariées, le nombre de taxons conservés est toujours inférieur à celui des listes complètes dans la mesure où elles ne prennent en compte qu'une partie des échantillons et excluent des taxons rares.

9.6.1. Etude de la chronique complète 1982-2021

De 1982 à 2021, des modifications importantes des peuplements ont été enregistrées, tant au niveau des abondances que de la composition taxonomique. Deux types de peuplements pré-2003 et post-2003 ont été clairement identifiés.

Des changements se sont opérés au sein même des différents groupes. Ainsi, chez les Crustacés, des espèces exotiques et/ou invasives présentes de longue date ont été remplacées par de nouveaux arrivants : par exemple, la disparition plus ou moins progressive de *Gammarus tigrinus* et *G. roeseli* s'est faite conjointement à l'apparition puis la forte croissance des populations de *Dikerogammarus villosus*.

Afin de synthétiser les informations acquises depuis 1982, une analyse multivariée (Analyse en Composantes Principales normée interannuelle) a été réalisée sur un tableau de 78 taxons x 39 années x 2 stations¹⁷ (1982-2021).

¹⁷ Du fait de l'interruption des relevés au niveau de la station Rejet en 2003, seules les données des stations Amont et Aval sont prises en compte dans cette synthèse. Le niveau d'identification est le plus souvent ramené à la famille, à l'exception des Lépidoptères et des Oligochètes. Certains groupes ont été supprimés de l'analyse de cette

La première représentation issue de l'ACPn inter-années (Figure 33 et Figure 34) montre les changements structurels majeurs des peuplements macro-benthiques du Rhône au niveau de Cruas-Meysse. Des figures complémentaires relatives à cette analyse sont fournies dans les Annexe XVII et Annexe XVIII.

L'évolution la plus remarquable est mise en évidence par l'axe 1, exprimant **38,8%** de la variabilité du jeu de données. Ce premier axe matérialise la modification globale du peuplement sur une période de 39 ans (Figure 34) et fait ainsi apparaître trois périodes. La composition du peuplement apparaît relativement stable entre 1982 et 1989 avec une première rupture en 1990, puis une évolution graduelle entre 1990 et 2002, et un saut manifeste entre 2002 et 2003 au sein de cette progression (Figure 35). A partir de 2015, cette évolution croissante et interannuelle se stabilise partiellement. L'évolution temporelle des coordonnées des deux stations sur le premier axe met en évidence un changement continu et synchrone de la composition du peuplement sur l'ensemble du secteur à partir des années 1990.

Sur les vingt premières années de la chronique, le peuplement est caractérisé par la présence d'espèces invasives, introduites de longue date mais peu abondantes (Figure 33), telles que les Mollusques Dreissenidae dont l'espèce *Dreissena polymorpha*, et Lithoglyphidae avec l'espèce *Lithoglyphus naticoides*, et des Crustacés Asellidae. Il compte aussi des espèces autochtones très ubiquistes comme Gammaridae qui comprend différentes espèces du genre *Gammarus*, ainsi que des insectes Trichoptères (Hydropsychidae), des Ephéméroptères (Baetidae), et des sangsues Glossiphoniidae et Erpobdellidae peu exigeantes (eurythermes, alpha- et beta-mésosaprobies).

De nombreuses familles contribuent négativement et à plus de 5% à la constitution du premier axe factoriel (Annexe XVII) du fait de leur disparition progressive ou totale du peuplement au cours des deux dernières décades. Les Planaires Dugesidae ont été relativement abondantes du début de la chronique jusqu'en 1995. Leurs effectifs ont ensuite diminué jusqu'en 2003. Quasi-absente après 2003, elles n'ont plus été observées à partir de 2012. De même, les Crustacés Isopodes Asellidae abondants de 1989 à 1993 sont en nette diminution jusqu'en 2002, moins abondants jusqu'en 2009, puis n'ont plus été récoltés. Avec un pic d'abondance en 1990, les familles de sangsues Erpobdellidae et Glossiphoniidae ont diminué progressivement jusqu'à la fin de la chronique. Les Mollusques Dreissenidae, régulièrement représentés par quelques individus ou parfois quelques pics d'abondance (en 1990 ou 1992) avant les années 2000, n'ont plus qu'une présence sporadique au printemps comme en automne après 2000.

Parmi les autres familles contributives de ce premier axe (>2%) dont les effectifs ont baissé sur la chronique, il faut citer Hydropsychidae (Trichoptères), Lithoglyphidae, Physidae, Bithyniidae, Planorbidae et Lymnaeidae (Mollusques), les Oligochètes, les sangsues Piscicolidae, et les Crustacés Gammaridae.

D'autres familles participent à la réalisation de l'axe 1 (>2%) du fait de l'augmentation de leurs effectifs après 2002, comme les crustacés exotiques Janiridae, Pontogammaridae, Mysidae,

chronique car non identifiés au laboratoire dans les années antérieures à 2004 (Cnidaires, Hydracariens, Némertiens, Nématodes).

Corophiidae, les polychètes Ampharetidae, ainsi que les Mollusques exotiques anciens Hydrobiidae, présent dès 1982, et Corbiculidae, apparu en 1994 sur le site de Cruas-Meyse.

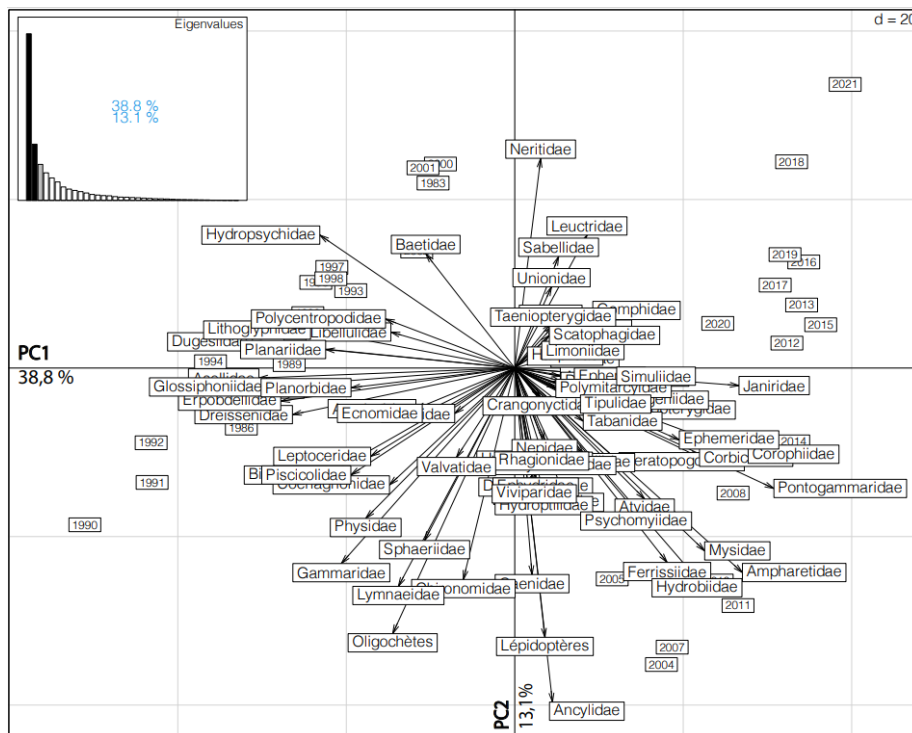


Figure 33 : Projection des taxons sur les deux premiers axes de l'ACP normée inter-années des abondances (Log N + 1) de 78 taxons (1982-2021).

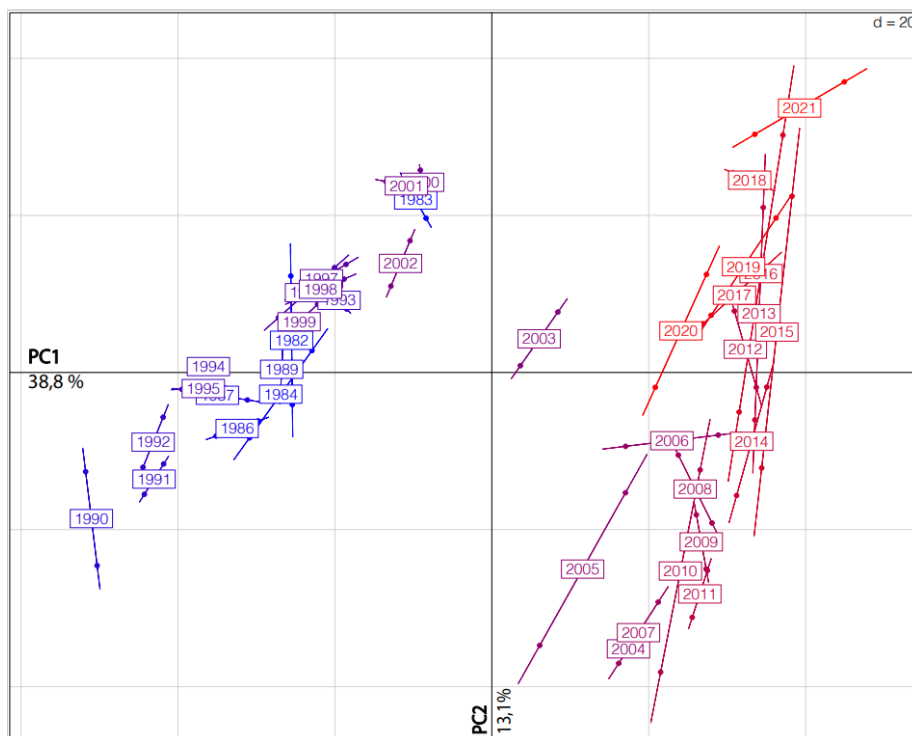


Figure 34 : Projection des stations par année sur les deux premiers axes de l'ACPn inter-années des abondances (Log N + 1) de 78 taxons (1982-2021).

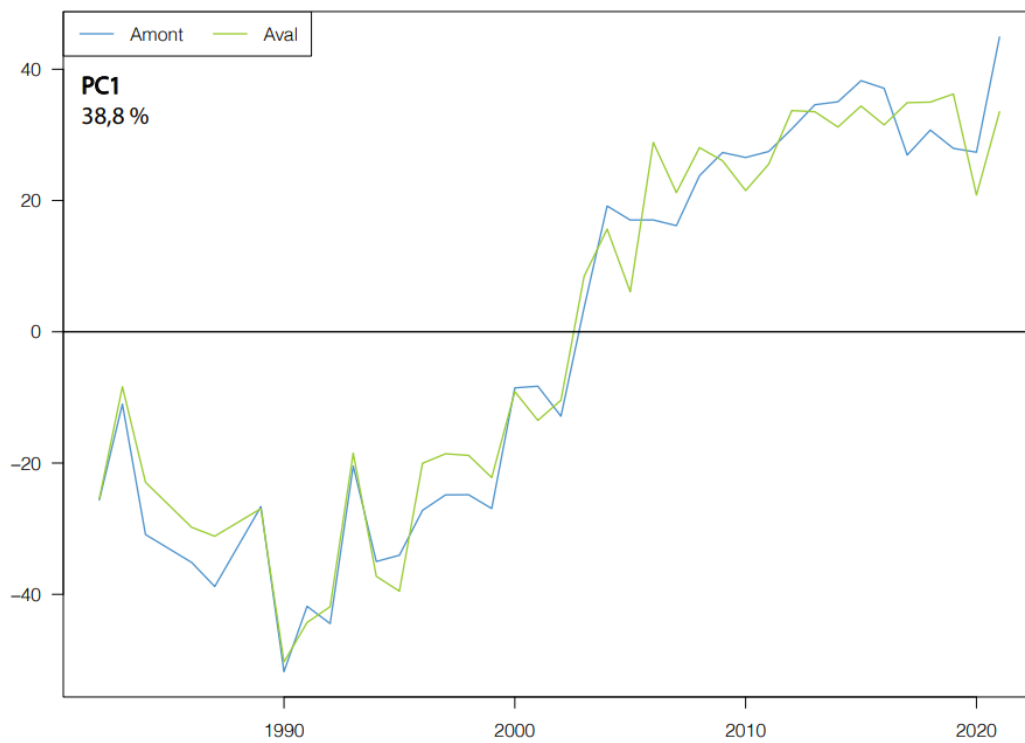


Figure 35 : Coordonnées des stations sur le premier axe de l'ACP inter-années du suivi (1982-2021).

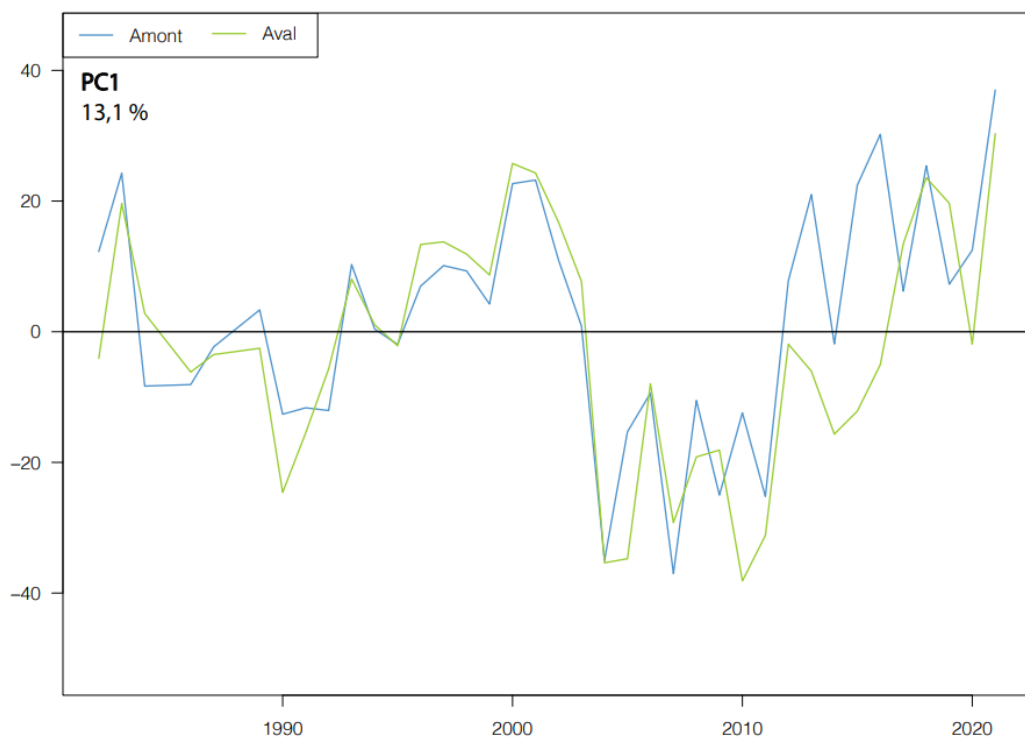


Figure 36 : Coordonnées des stations sur le deuxième axe de l'ACP inter-années du suivi (1982-2021).

L'axe 2, qui représente **13,1%** de la variabilité du jeu de données, permet d'affiner ces observations. Un deuxième changement brutal s'est opéré entre 2003 et 2004, puis une rupture supplémentaire est apparue, permettant de discriminer deux communautés en termes de

structure (Figure 36) entre les périodes 2004-2011 et 2012-2021. Ce changement est essentiellement caractérisé par la diminution des effectifs de plusieurs taxons au cours des dix dernières années de la chronique. Cette diminution d'abondances touche différents groupes. Il s'agit d'insectes (Chironomidae, Lépidoptères, Ephéméroptères Caenidae), d'annélides (Hirudinés Piscicolidae et Oligochètes), mais aussi de Crustacés (Gammaridae), de Mollusques (Ancyliidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae, Hydrobiidae et Physidae), ainsi les Polychètes Ampharetidae (Annexe XVIII).

9.6.2. Les modifications récentes du peuplement (2004-2021)

L'analyse précédente est caractérisée par la variabilité importante exprimée sur le premier axe factoriel. Elle a permis de mettre en exergue les principaux changements pré et post-2003. Afin d'analyser les évolutions récentes mises en exergue sur le deuxième axe de l'analyse initiale, une deuxième analyse a été réalisée sur la période 2004-2021 faisant suite aux événements hydroclimatiques remarquables de l'année 2003. Cette analyse permet de détailler les modifications contemporaines partiellement masquées par l'ampleur des ruptures représentées par les années 2003 et 2004 de la première analyse. La période 2004-2021 se décomposait globalement en deux états principaux en termes de composition taxonomique, essentiellement portés par le deuxième axe, soit 13,1% de l'inertie totale du jeu de données.

Afin de synthétiser cette chronique biologique récente (2004-2021), l'analyse multivariée (Analyse en Composantes Principales inter-années) a été réalisée sur un tableau de 76 taxons x 18 années x 2 stations (Figure 37, Figure 38).

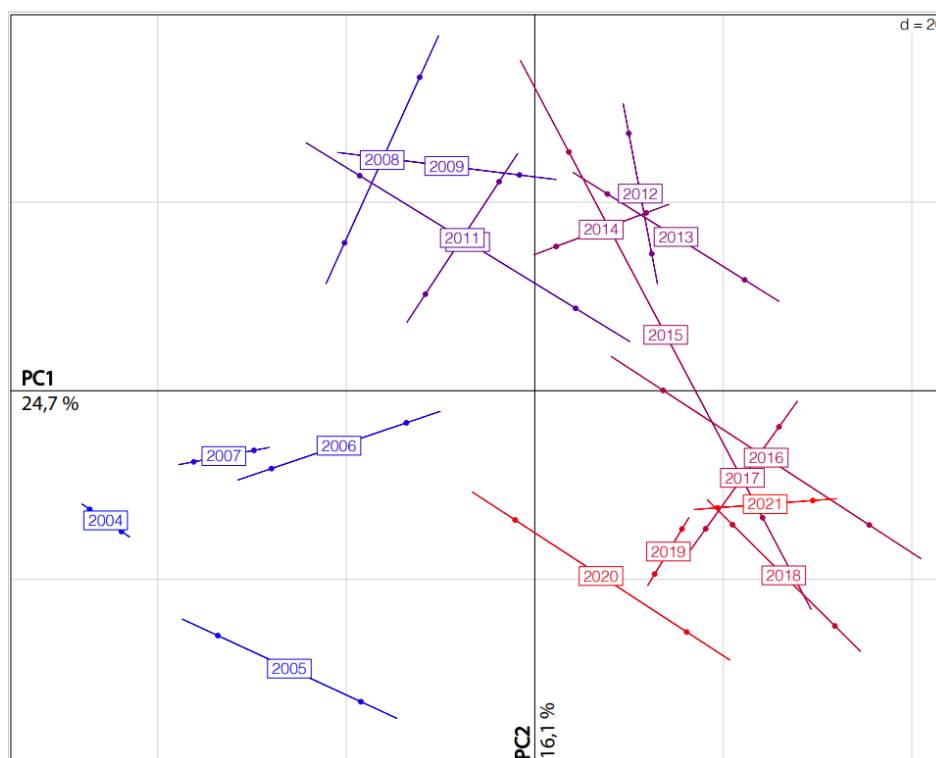


Figure 37 : Projection des stations sur les deux premiers axes de de l'ACPn inter-années des abondances (Log N + 1) de 76 taxons (2004-2021).

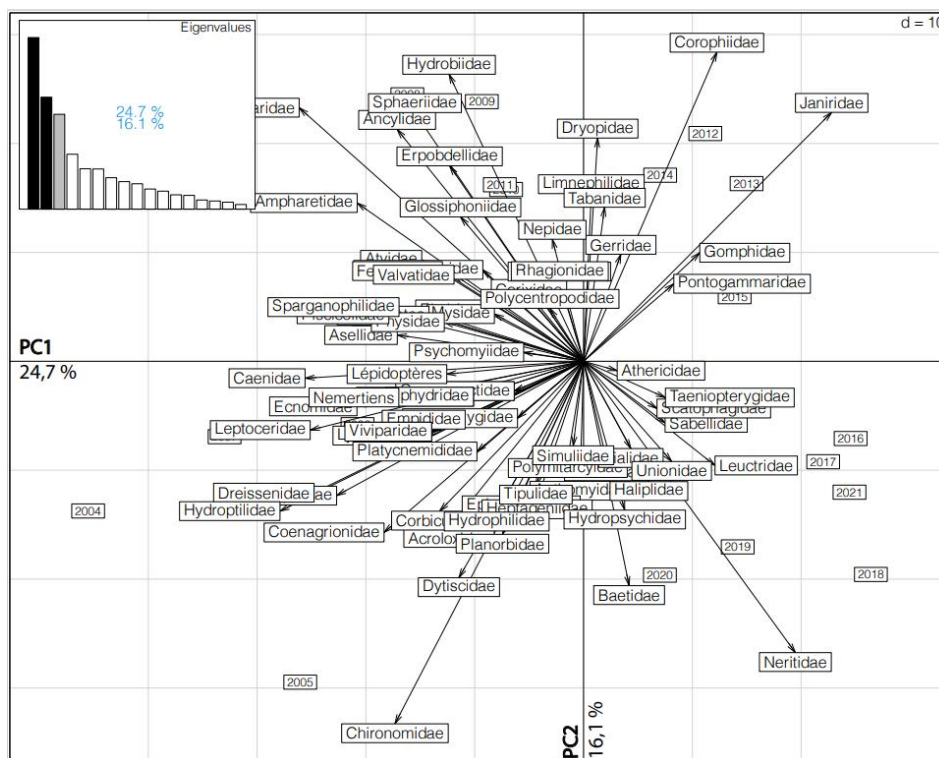


Figure 38 : Projection des taxons sur les deux premiers axes de l'ACP normée inter-années des abondances (Log N + 1) de 76 taxons (2004-2021).

La projection des années sur le plan factoriel 1-2 montre une évolution récente plus complexe que celle signalée dans la première analyse. Ce plan permet d'identifier quatre groupes d'années :

- 2004-2007 dont les coordonnées sont négatives sur les deux axes,
- 2008-2011 en un groupe relativement homogène, ayant des coordonnées positives sur l'axe 2 et négatives sur l'axe 1,
- 2012-2015 en un groupe plus étalé, ayant des coordonnées positives sur les deux axes, sachant que la position de 2015 est dans une position intermédiaire avec le dernier groupe,
- 2016-2021 dont les coordonnées sont positives sur le premier axe et négatives sur le deuxième axe.

Il faut cependant signaler le caractère très hétérogène des années 2015 et 2016, au cours desquelles les deux stations présentent des peuplements assez différents.

Les projections des coordonnées des années sur chaque axe permettent de visualiser cette chronique et les évolutions propres à chaque station (Figure 39, Figure 41).

L'axe 1 caractérise une progression régulière au cours du temps, et les deux stations suivent globalement la même trajectoire (Figure 39). Sur les 21 taxons ayant une contribution significative dans la constitution de l'axe 1 ($\geq 2\%$), seuls deux taxons présentent une corrélation positive. Ce sont Janiridae et Corophiidae, tous deux allochtones (Annexe XIX). Le décalage observable en fin de chronique (Figure 39) entre les deux stations se retrouve au niveau des abondances de ces taxons avec des effectifs plus élevés à l'amont qu'à l'aval.

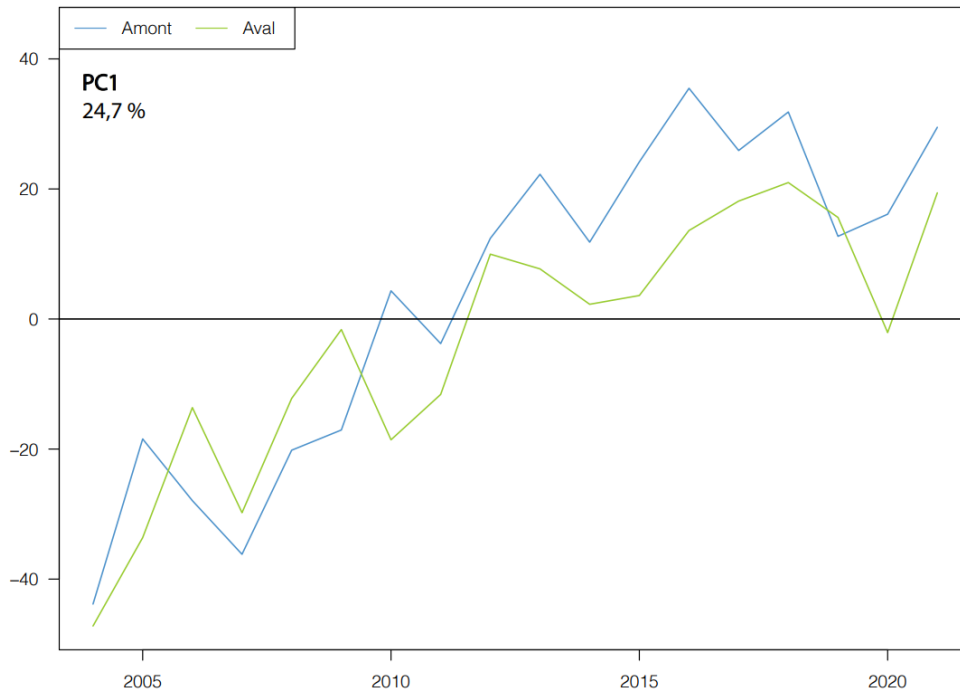


Figure 39 : Coordonnées des stations sur le premier axe de l'ACP inter-années du suivi (2004-2021).

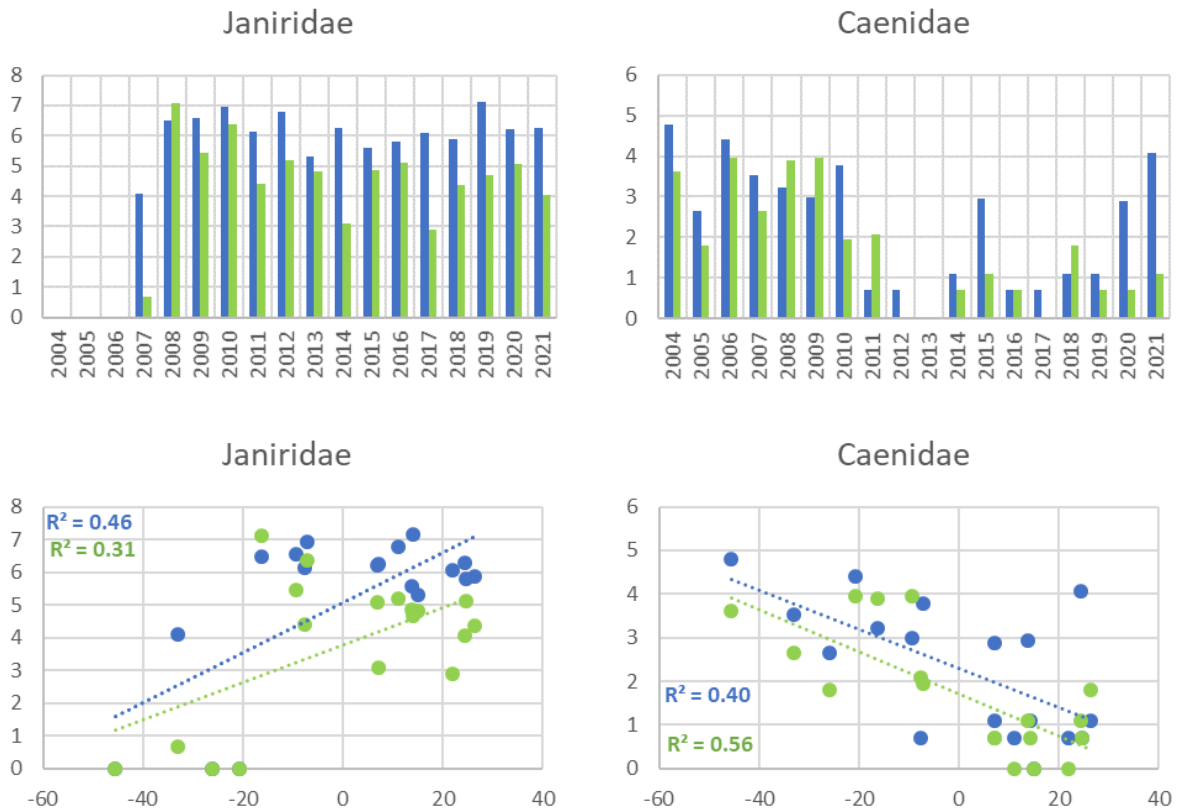


Figure 40 : Abondances de deux taxons (Janiridae et Caenidae) présentant de fortes contributions à la constitution de l'axe 1. Effectifs (LOG N+1) au cours du temps (ligne du haut) et en fonction des coordonnées des années sur l'axe (ligne du bas). Station Amont : couleur bleue. Station Aval : couleur verte.

Sur l'axe 1, le basculement des coordonnées des années en positif traduit un double effet : (1) l'apparition des Janiridae, et dans une moindre mesure des Corophiidae, associée à (2) la régression de nombreux taxons dont les effectifs s'effondrent à partir de 2012. Parmi ces taxons, il faut citer des insectes (Caenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Ecnomidae), des Crustacés (Gammaridae), des Mollusques (Dreissenidae, Corbiculidae, Ancyliidae, Limnaeidae, Sphaeriidae) et les Nématodes. Deux taxons fortement contributifs de ce premier axe sont donnés en exemple dans la Figure 40.

La régression voire quasi-disparition de ces taxons pourrait être une conséquence des conditions thermiques exceptionnelles de l'année 2011, très proches de celles de l'année 2003. Cependant, de plus amples investigations seraient à mener pour mieux comprendre la cause de ces diminutions d'effectifs qui touchent simultanément plusieurs groupes de taxons.

Le deuxième axe, qui complète le premier pour identifier les quatre groupes d'années, montre à la fois deux basculements entre les années 2007-2008 et 2015-2016 et un décalage des profils temporels des deux stations de 2013 à 2016. Ce décalage est important en 2015 et 2016.

Globalement, les coordonnées des années décrivent une trajectoire « en cloche » le long de l'axe chronologique (Figure 41).

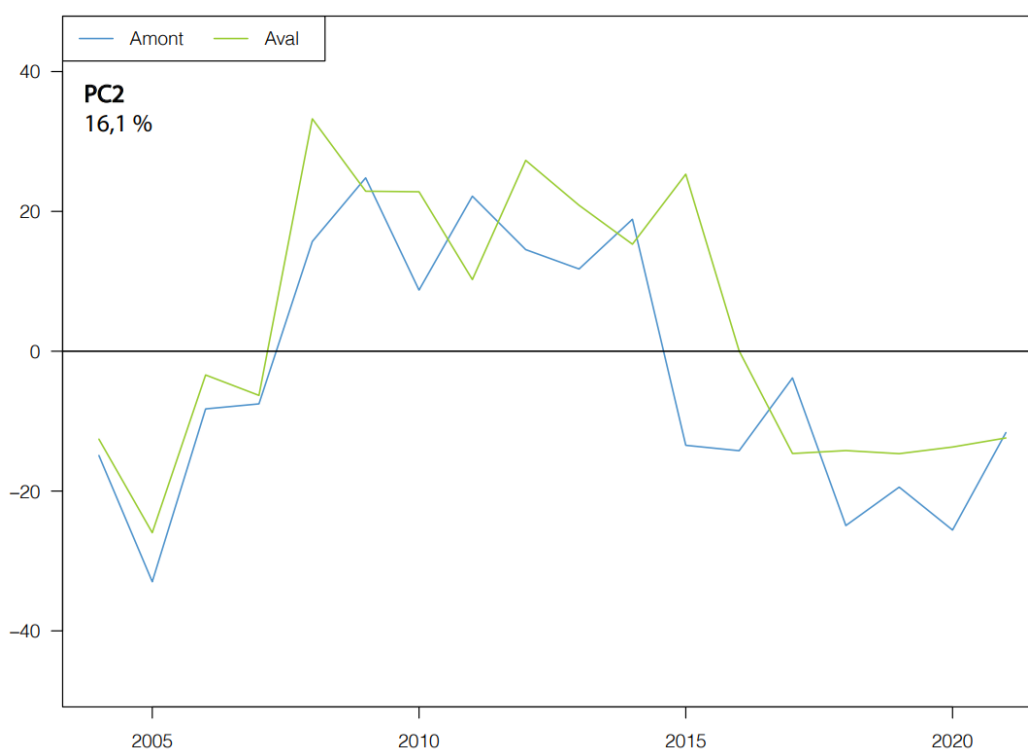


Figure 41 : Coordonnées des stations sur le deuxième axe de l'ACP inter-années du suivi (2004-2021).

Sur les 12 taxons ayant une contribution significative dans la constitution de l'axe 2 ($\geq 2\%$), les taxons corrélés positivement auront tendance à présenter cette trajectoire en forme de cloche en termes d'effectifs, à l'image des Corophiidae ou encore des Hydrobiidae (Figure 42). Parmi ces taxons, il faut également citer d'autres Mollusques (Sphaeriidae, Ancyliidae), d'autres

Crustacés (Gammaridae, Janiridae) et des Annélides (Oligochètes et Ampharetidae). En revanche, les taxons corrélés négativement à cet axe présenteront des dynamiques de population inversées, c'est-à-dire de forts effectifs en début et fin de chronique, et une abondance moindre entre ces 2 extrêmes. C'est le patron que l'on retrouve par exemple pour les Chironomidae ou les Corbiculidae (Figure 43) et les Baetidae et Hydropsychidae.

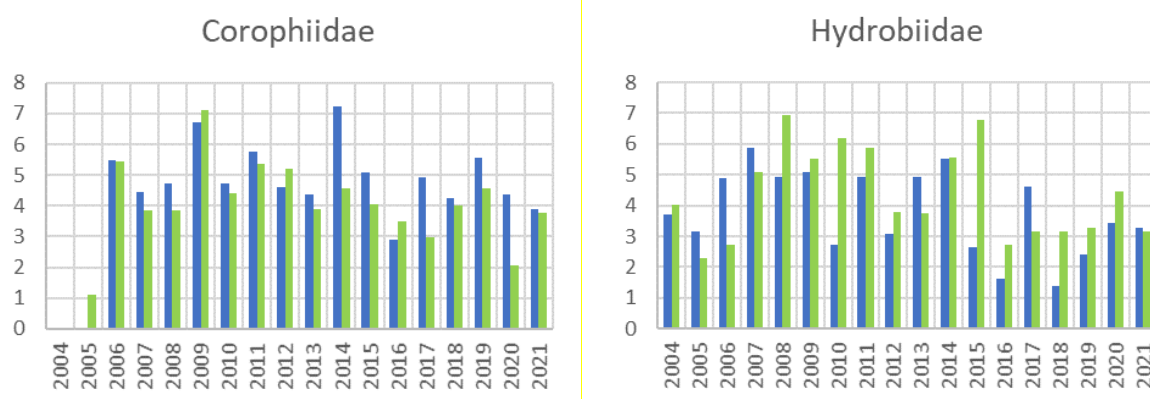


Figure 42 : Abondances de deux taxons (Corophiidae, Hydrobiidae) présentant de fortes contributions à la constitution de l'axe 2. Evolution interannuelle des effectifs (LOG N+1). Station Amont : couleur bleue. Station Aval : couleur verte.

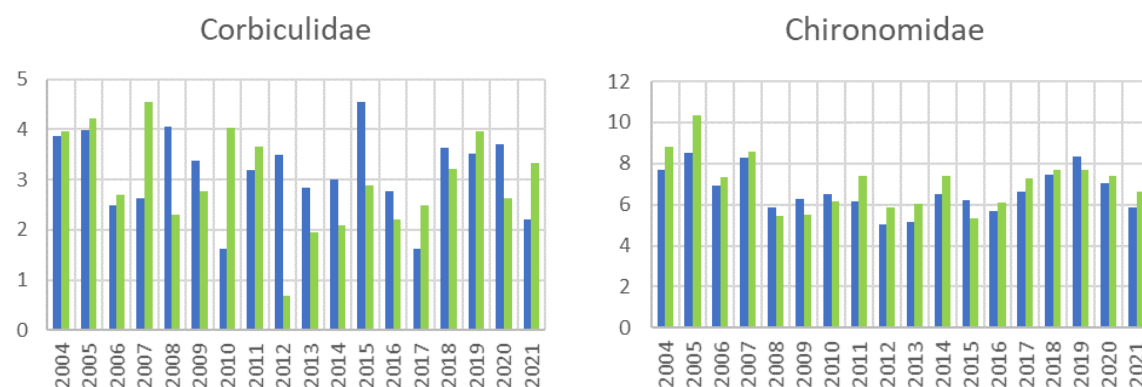


Figure 43 : Abondances de deux taxons (Corbiculidae et Chironomidae) présentant de fortes contributions à la constitution de l'axe 2. Evolution interannuelle des effectifs (LOG N+1). Station Amont : couleur bleue. Station Aval : couleur verte.

9.7. Conclusion

En 2021, l'assemblage de la communauté des invertébrés s'inscrit toujours dans les tendances instaurées depuis 2003 liées à l'arrivée massive et le caractère invasif de nombreuses espèces exotiques.

Le peuplement est constitué de treize groupes, dont celui majoritaires des Crustacés exotiques d'origine ponto-caspienne : *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, *Limnomysis benedeni* et *Corophium* sp. Avec les Crustacés, les Oligochètes, les Gastéropodes et les Diptères représentent près de 98% du peuplement en termes d'abondance. L'année 2021 est marquée par le premier recensement du Polychètes exogène d'origine ponto-caspienne *Manayunkia*

caspica. D'autres exogènes composent le peuplement 2021 : le Polychète *Hypania invalida* d'origine ponto-caspienne, ou encore les Mollusques du genre *Corbicula* sp. (Asie) ou *Potamopyrgus* sp. (Nouvelle Zélande).

Chez les Mollusques, l'espèce autochtone *Theodoxus fluviatilis* (famille Neritidae) est encore une fois très abondante cette année. Les insectes sont présents mais peu représentés, exceptés les Diptères notamment Orthocladiinae. Quelques individus des ordres des Ephéméroptères, Trichoptères, Coléoptères, Lépidoptères, Odonates ainsi que trois Plécoptères *Leuctra* sp. ont tout de même été récoltés en 2021.

Les indices de diversité et de similitude (Shannon, Simpson) confirment la grande fragilité de l'hydrosystème face aux différentes pressions anthropiques et hydroclimatiques. Ils traduisent également l'absence d'habitats biogènes dans ce tronçon chenalisé, un peuplement dominé par quelques espèces à reproduction rapide et à cycle de vie court (Crustacés *Limnomysis* sp., *Jaera* sp., *Corophium* et Polychètes *Hypania* sp.).

Les indices de type IQBP ont des notes faibles à moyennes, révélant une dégradation de la qualité du système biologique sur l'ensemble du site en prenant en compte les taxons uniques et les taxons d'origine exotique qui constituent la majeure partie du peuplement. Bien que la station Amont ait obtenu une note IQBP de 11/20 au printemps, cette exception relève de trois Plécoptères du genre *Leuctra*.

Cette année pour les indices IBG, le résultat de la station Amont est meilleur qu'en 2020 contrairement à la station Aval. Les notes de cet indice, sans être obtenues par le protocole normatif requis, confirment toujours cette altération globale particulièrement marquée depuis le début des années 2000. Cependant, la présence de certains insectes EPT ont permis d'améliorer les notes IBG, notamment grâce aux rares Plécoptères (Leuctridae) et Ephéméroptères (Heptageniidae) recensés.

L'analyse des traits fonctionnels renseigne sur l'organisation du peuplement. Les modifications environnementales favorisent la réussite de taxons ayant des stratégies biologiques particulières comme la multi-génération annuelle, ainsi que des organismes de taille plus petite et à cycle de vie court (durée de vie inférieure à 1 an). D'un point de vue physiologique, le peuplement est pourvu d'espèces polluo-résistantes (GOLD), qui témoignent de conditions environnementales abiotiques et biotiques altérées.

L'observation interannuelle de la chronique complète (1982-2021) met en évidence le changement radical de la structure du peuplement à partir de 2003. En effet, des taxons autochtones des groupes Crustacés et autres Mollusques acclimatés ont, au fil du temps, été remplacés par des taxons allochtones, plus ubiquistes comme les Crustacés Pontogammaridae.

L'analyse multivariée de la période récente 2004-2021 a permis de distinguer trois ruptures successives (2007-2008, 2011-2012, 2015-2016) traduites par des structures faunistiques différentes au sein du peuplement. Ce changement est essentiellement caractérisé par une accentuation de l'homogénéisation du peuplement sur les dernières années de la chronique. Ce constat est exacerbé par la dominance des espèces les plus ubiquistes, capables de s'adapter aux conditions actuelles existantes dans les tronçons fluviaux régulés.

Cette diminution d'abondance s'opère entre 2010 et 2012 sur différents groupes comme les insectes Heptageniidae, Caenidae et Hydropsychidae dans les deux stations. A partir de 2012, un effondrement des effectifs affecte des Crustacés autochtones comme Gammaridae et Atyidae, et des Gastéropodes acclimatés comme Hydrobiidae et Physidae.

L'année 2021 s'inscrit dans la continuité des changements observés après 2012.

Les deux stations restent assez homogènes entre elles, malgré des différences notables entre 2013 et 2017. La qualité biologique légèrement supérieure à l'Amont est vraisemblablement due à la plus grande diversité des habitats du secteur amont de la retenue (une section courante, des apports potentiels par le Rhône court-circuité et des petits affluents, la présence des casiers Girardon) comparativement à l'aval de la retenue, beaucoup plus lentique et homogène.

Dans ce contexte, les différences observées cette année entre l'amont et l'aval ne sont pas significatives et ne permettent pas d'identifier d'influence directement imputable au fonctionnement du CNPE sur les communautés d'invertébrés aquatiques.

10. LA FAUNE PISCICOLE

10.1. Méthodes et stations d'étude

Suite aux évolutions des exigences réglementaires, et dans le cadre des prescriptions définies lors du renouvellement des cahiers des charges, le calcul des indices Poissons Rivière est réalisé depuis 2016.

Actuellement, seul le premier indice poisson (IPR)¹⁸ est normalisé. Le nouvel indice poisson (IPR+)¹⁹, développé pour le remplacer n'est toujours pas inscrit dans l'arrêté comme un outil d'évaluation officiel, bien que validé²⁰. Le système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) a mis en ligne les outils permettant le calcul de cet outil de diagnostic (<https://seee.eaufrance.fr/>). Ce rapport présente les résultats obtenus pour ces deux indices.

Afin de répondre aux prescriptions anciennes et récentes du cahier des charges, les pêches électriques sont réalisées selon deux méthodes (LCR et EPA) et dans des stations en partie distinctes. Quelle que soit la méthode appliquée, l'échantillonnage de chaque station est réalisé par une pêche électrique de rive, pratiquée depuis une embarcation. La pêche est effectuée à l'aide d'une anode de 3 mètres manipulée de la proue du bateau²¹. Le ramassage des poissons électronarcosés est effectué au moyen d'épuisettes d'un vide de maille de 2.5 mm.

10.1.1. Pêche d'un linéaire de rive en continu (LRC)

Cette technique a été adoptée dès le début du suivi réglementaire du CNPE (ALLARDI et al., 1975). Elle est également largement utilisée pour la prospection des grands cours d'eau (FLOTMERSCH et al., 2011).

La longueur de rive prospectée par une pêche en continu est de 500 mètres dans chaque station. La durée de la pêche est comprise entre 20 et 30 minutes selon la vitesse de progression du bateau sur le linéaire prospecté. La durée totale est enregistrée afin d'évaluer l'effort de pêche et autoriser des comparaisons d'ordre quantitatif. Les effectifs seront corrigés sur la base d'un effort de pêche de 20 minutes.

¹⁸ Norme NF T90-344 (01.07.2011). Qualité de l'eau- Détermination de l'indice poisson rivière (IPR) dont les limites d'application de l'indice sont précisées dans le document suivant : l'IPR, notice de présentation et d'utilisation (CSP, avril 2006).

¹⁹ Indice Poissons Rivière+ (IPR+). PONT D., DELAIGUE O., BELLIARD J., MARZIN A., LOGEZ M. (2013). Programme IPR+ : révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE - version V.2.0 de l'indicateur, Février 2013. Rapport technique Irstea, 208 p.

²⁰ Indice Poisson Rivière + (IPR+) Page Sandre. <http://id.eaufrance.fr/par/7614>

²¹ A l'origine, les agents du CTGREF avaient conçu une double électrode circulaire de grand diamètre, fixée à l'avant du bateau et immergée pendant la pêche. L'échantillonnage par ce dispositif fixe est inféodé au déplacement du bateau et n'autorise pas la flexibilité offerte par une anode mobile. Ce système a été abandonné du fait de contraintes d'usage sur des stations d'accessibilité délicate mais également à la suite de renouvellement des matériels de pêche électrique pour des raisons de sécurité.

Deux stations ²² sont échantillonnées au cours de chaque campagne (Figure 1). Du fait de l'implantation du CNPE dans la section médiane de la retenue de Montélimar, les deux stations encadrant le site présentent des caractéristiques hydrauliques et des habitats différents.

La première station (Amont) est située en rive gauche, en tête de retenue, à l'aval immédiat de la confluence du vieux Rhône et du canal de fuite de Baix - Le Logis Neuf (pK 144.5). Dans un chenal d'une largeur approximative de 250 mètres, les écoulements rapides longent une berge protégée par des enrochements et partiellement ombragée par de grands arbres. Deux petits affluents confluent également sur cette rive : la Teyssonne et le ruisseau de Blomard. Bien que leurs débits soient faibles, ils peuvent influencer les peuplements, et la répartition locale des espèces. Cette station ne devient lentique qu'en très basses eaux.

La seconde station (Aval) est localisée entre la rive interne d'une île et la rive droite à l'aval de la centrale (pK 150.5), dans la section la plus large de la retenue (entre 500 et 600 mètres). La berge est également constituée par les enrochements protecteurs de la digue. Le milieu est lentique, fortement colmaté et colonisé par de larges herbiers de macrophytes. C'est également une zone d'ancrage de quelques embâcles. Pendant la période d'extension maximale des herbiers, un rempart végétal réduit l'impact du batillage et des vagues générées par les vents dominants. Une bande étroite d'eau libre sépare les enrochements de la face interne des herbiers.

10.1.2. Pêche par Echantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA)

Cette méthode a été mise au point pour échantillonner de grands cours d'eau dont les dimensions ne permettent pas d'assurer une pêche complète et exhaustive d'un tronçon (NELVA et al., 1979). Elle a pour objectif l'obtention d'une collection représentative de petits échantillons (EPA) par station, en utilisant un protocole simple parfaitement reproductible, et autorisant une exploitation statistique valide des résultats (PERSAT & OLIVIER, 1991). Cette technique a été validée par l'OFB (TOMANOVA et al., 2013) et choisie dans le cadre des pêches du réseau de suivi piscicole pour les grands cours d'eau (BELLIARD et al., 2012). La technique d'échantillonnage des poissons par pêche à l'électricité avait été préalablement définie et normalisée (Norme XP T 90-383, mai 2008). Le calcul de l'IPR respecte la norme NF T90-344 (2011).

Son application suppose la réalisation d'un sous-échantillon représentatif de 100 unités d'échantillonnage pour les cours d'eau dont la largeur en eau est supérieure à 50 mètres, complété par un sous-échantillon complémentaire facultatif ²³ dont le nombre peut varier de 0 à 10 points.

²² Initialement, le suivi hydrobiologique comportait 3 stations de pêche (amont, rejet et aval). Depuis 2003, la station Rejet (pK 148.0) n'est plus échantillonnée.

²³ Le « sous-échantillon complémentaire », constitué d'unités d'échantillonnage ciblées sur des habitats peu représentés (voir anecdotes) mais particulièrement attractifs pour les poissons ; ces habitats sont librement choisis par l'opérateur pour permettre de compléter le cas échéant la liste faunistique par la capture d'espèces rares inféodées à des habitats très localisés et peu représentés sur le point de prélèvement. Ces prospections ne sont pas obligatoires, mais nécessaires lorsque l'opérateur considère que la prospection régulière risque de ne pas

Dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons, seul le sous-échantillon représentatif est indispensable et est utilisé pour les exploitations standardisées et les calculs d'indices. Par ailleurs, au regard de la connaissance piscicole de ce tronçon fluvial et des caractéristiques particulières des habitats dans la retenue de Montélimar, l'opérateur a considéré que les points attractifs potentiels sont couverts lors de la prospection régulière des rives.

Il est vivement recommandé de réaliser ces opérations en période de basses eaux et en fin d'été lorsque les individus de l'année sont facilement capturables et identifiables. Sachant que la réalisation de ces pêches spécifiques est particulièrement exigeante en temps de travail, nous avons opté pour une seule campagne par an, en automne, sur les deux stations encadrant le site du CNPE (Figure 44).

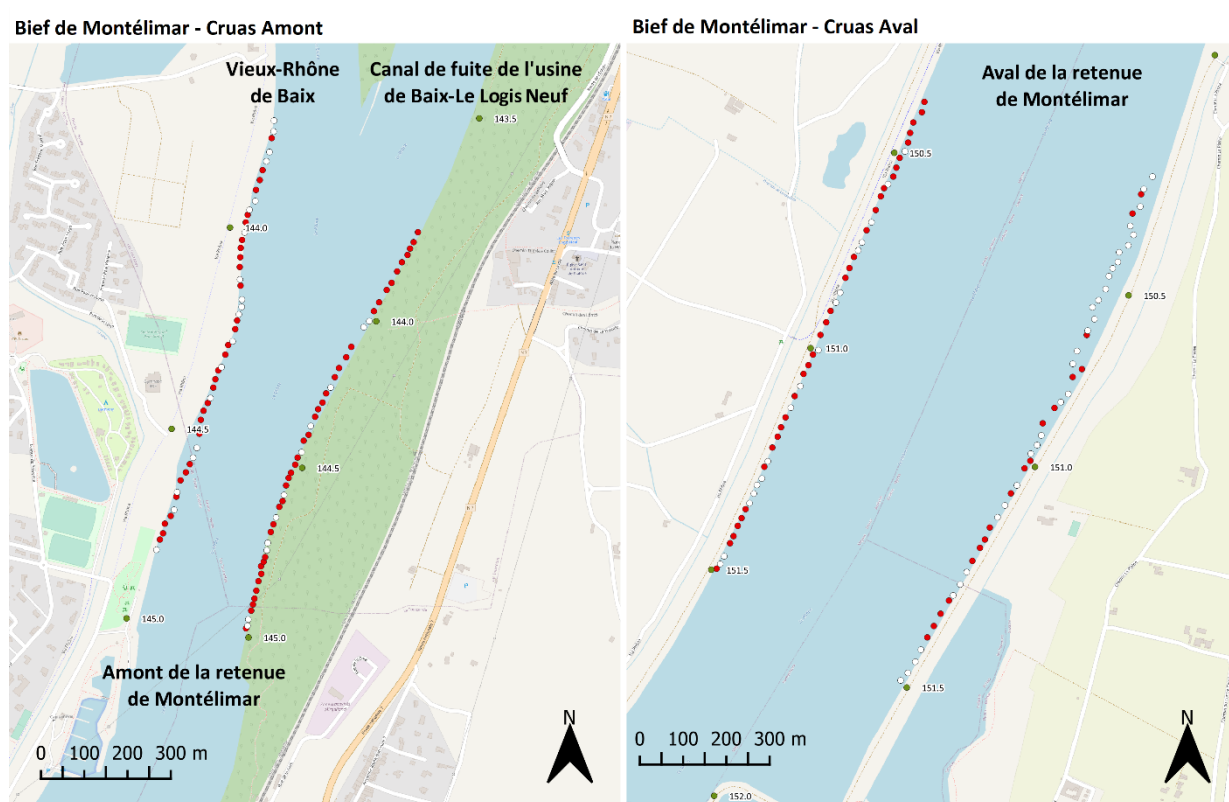


Figure 44 : Localisation des points de pêche (EPA) réalisés les 22 et 23 novembre 2021 dans les stations AMONT et AVAL, sensiblement distantes de 6 km. Les linéaires à l'amont sont de 1010 m en rive gauche (RG) et de 1040 m en rive droite (RD). A l'aval, ils sont de 1310 m (RG) et de 1180 m (RD). Les points rouges correspondent à des EPA positifs (i.e. avec au moins un individu capturé). Les points blancs signalent les EPA nuls (i.e. aucune capture).

Dans chaque station, 50 points sont réalisés sur les deux rives, en respectant strictement la méthode définie par Nelva et coll. (1979) dans laquelle l'anode est maintenue immobile en un point fixe pendant la durée totale de son immersion, avec ramassage de tous les poissons

couvrir certains habitats pouvant abriter une (des) espèce(s) rare(s) potentiellement présente(s). In Belliard et al., 2012 (page 12 et 13).

électronarcosés. La surface échantillonnée ²⁴ par EPA est estimée à 7 m². Une distance approximative de 20 mètres est conservée entre chaque EPA afin de ne pas interférer entre les échantillons successifs. Au regard de cette contrainte, la longueur d'une station est, a minima, de 1000 mètres.

10.1.3. Dates des campagnes de pêche

Les quatre campagnes de pêches LRC ont été effectuées les 8 avril, 27 mai, 8 septembre et 2 novembre 2021. Les tableaux des résultats des pêches LRC sont donnés en annexe (

Annexe XXI - effectifs bruts, Annexe XXII - effectifs corrigés, et Annexe XXIII - abondances relatives).

La campagne de pêches électriques par EPA, accomplie en vue du calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR+), a été réalisée les 22 et 23 novembre 2021. Les tableaux des résultats de toutes les pêches EPA (2016 à 2021) sont donnés en annexe du document (Annexe XXVII).

10.1.4. Conditions de pêche (LRC)

Les conditions de pêche sont indiquées dans le Tableau XXII.

Tableau XXII : Contexte physique au cours des campagnes de pêches LRC. De gauche à droite, la campagne et la date, la station, le débit moyen journalier à Viviers, et les autres relevés réalisés lors de la pêche (température de l'eau, oxygène dissous, transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi).

Campagne	Date	Station	Q Viviers (m ³ /s)	T°C	O2 (mg/L)	O2 (%)	Secchi (cm)
1	08/04/2021	Amont	907	11,8	10,5	95,6	90
1	08/04/2021	Aval	907	11,5	10,2	92,4	110
2	27/05/2021	Amont	2108	15,2	9,9	100,0	30
2	27/05/2021	Aval	2108	15,5	9,7	98,5	30
3	08/09/2021	Amont	581	22,9	9,6	112,3	150
3	08/09/2021	Aval	581	22,4	9,3	107,0	150
4	02/11/2021	Amont	1454	16,2	9,2	95,1	70
4	02/11/2021	Aval	1454	16,2	9,0	92,8	65

Campagne 1 : 8 avril 2021

Ces premières pêches ont été réalisées en situation d'étiage au regard du module mensuel du mois d'avril (1458 m³/s – 1980-2020). Le contexte hydrologique déficitaire s'est poursuivi jusqu'au début du mois mai.

Campagne 2 : 27 mai 2021

Après un déficit de précipitations au cours des mois de mars et avril, cette campagne de pêche intervient en contexte hydrologiquement excédentaire, avec des débits largement supérieurs au module mensuel du mois de mai (1409 m³/s – 1980-2020). La température des eaux est sensiblement celle de la température moyenne mensuelle (15,3°C – 1980-2020).

²⁴ La surface totale échantillonnée est prise en compte dans le calcul de l'indice poisson. Cette valeur sera multipliée par le nombre de points utilisés pour l'évaluation de l'indice.

Campagne 3 : 8 septembre 2021

Après un mois de juillet et un début de mois d'août particulièrement pluvieux, cette dernière campagne estivale a été faite dans un contexte hydrologique légèrement déficitaire. La température des eaux était supérieure à la moyenne mensuelle du mois (19,3°C – 1980-2020).

Campagne 4 : 2 novembre 2021

Cette campagne s'est déroulée alors que les débits ont quasiment triplé sur les 3 jours précédant la pêche, pour atteindre 1454 m³/s à Viviers. Elle fait suite à un étiage initié autour du 10 octobre (débit moyen de 530 m³/s pour les 3 dernières semaines d'octobre). Cette reprise de l'hydrologie ne s'était pas encore traduite par une baisse marquée des températures, elles sont encore élevées pour la saison (16,2°C).

10.1.5. Condition de pêche (EPA)

En raison de problèmes matériels (moteur), cette campagne de pêche a été réalisée tardivement, à la fin du mois de novembre 2021 (Tableau XXIII). Au moment des pêches, les débits sont déficitaires et la température des eaux légèrement supérieure à la moyenne mensuelle (10,7°C – 1980-2020)

Tableau XXIII : Contexte physique au cours des campagnes de pêches EPA. De gauche à droite, la date, la station, la section (RET = retenue, CAF = canal de fuite, RCC = Rhône court-circuité), la rive pêchée, le débit moyen journalier à Viviers, les autres relevés réalisés lors de la pêche (température de l'eau, oxygène dissous, transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi).

Date	Station	Section	Rive	Q Viviers	T°C	O2 (%)	O2 (mg/L)	Secchi (cm)
23/11/2021	Cruas Amont	RET	RG	648	11,0	92,4	10,3	110
23/11/2021	Cruas Amont	RET	RD	648	10,9	90,6	10,1	160
22/11/2021	Cruas Aval	RET	RG	587	10,9	93,4	10,3	90
22/11/2021	Cruas Aval	RET	RD	587	10,8	93,2	10,3	90

10.2. Résultats et discussion

10.2.1. Caractéristiques générales du peuplement actuel

La liste faunistique regroupe l'ensemble des campagnes de pêches réalisées depuis 1983 sur les stations Amont et Aval. Selon le référentiel taxonomique actuel (GARGOMINY et al., 2019), le peuplement piscicole de ce tronçon fluvial compte actuellement 38 espèces réparties au sein de 19 familles (Tableau XXIV, Tableau XXV).

Pour la période considérée (1983-2021), neuf espèces de l'ancienne famille des cyprinidés, appartenant aux familles des Cyprinidae (barbeau fluviatile), Gobionidae (goujon et goujon asiatique) et Leuciscidae (ablette, gardon, chevaine, brème bordelière, hotu et spirilin) comptent parmi les plus abondantes (>1,5%) et représentent un peu plus de 92% des effectifs. Trois Leuciscidae euryèces²⁵ dominant largement les captures : l'ablette (36 %), le gardon (19,8

²⁵ Une espèce euryèce est relativement tolérante à la variabilité des facteurs écologiques abiotiques tels que la température, l'oxygénation, la qualité de l'eau, pour pouvoir coloniser de nombreux habitats.

%) et le chevaine (18,7%), et vingt-sept espèces, toutes familles confondues, sont peu abondantes ($\leq 1\%$).

Parmi les espèces migratrices, deux espèces ont été capturées. L'anguille est régulièrement pêchée et représente 2% des captures. L'aloise feinte peut être observée sur le fleuve jusqu'à Montélimar, suite aux mesures de réhabilitation prises pour faciliter son retour (MATHERON & RIVOALLAN, 2021). Son passage est saisonnalisé et seules les jeunes aloses en phase de dévalaison sont échantillonnées par la méthode de pêche utilisée, généralement associées à un banc d'ablettes.

Enfin, il est important de signaler la présence de douze espèces allochtones parmi les dix-sept signalées sur le bassin du Rhône (Tableau XXVI), inventoriées sur la retenue de Montélimar entre 1983 et 2021. Depuis 1975, année des états biologiques initiaux sur le Bas-Rhône, six espèces nouvelles ont fait leur apparition dans les chroniques. Le signalement de ces espèces dans le bassin versant du Rhône, et plus particulièrement dans celui de la Saône, est souvent plus ancien que nos observations sur le tiers médian du Bas-Rhône.

Dans nos relevés, réalisés sur les trois biefs successifs (Montélimar, Donzère-Mondragon et Caderousse) : la présence du silure glane est datée de 1987, le carassin argenté et le goujon asiatique ont été capturés à partir de 1989, l'able de Heckel en 2001, l'ide mélanote en 2009 et la gambusie en 2017.

Bien que la station **Amont** soit située en tête de la retenue de Montélimar, la pente locale encore importante réduit les effets du remous du barrage de Rochemaure, et assure des vitesses élevées du courant. Cette station abrite l'assemblage piscicole d'un chenal unique et rapide. Le peuplement est potentiellement enrichi (1) localement par de petits affluents, (2) par une dérivation depuis la Drôme dont la confluence se trouve en amont de l'usine hydro-électrique, et (3) par le Vieux-Rhône malgré un débouché sur la rive opposée. Cette station peut être considérée comme représentative des rares sections courantes du chenal du Bas-Rhône aménagé, réceptionnant l'intégralité du débit. Elle renseigne sur la présence des espèces rhéophiles rhodaniennes, susceptibles d'alimenter la retenue par dérivation.

Du fait de sa localisation dans la retenue, la station **Aval** abrite essentiellement un cortège d'espèces inféodées aux espaces limniques, en particulier des espèces phytophiles utilisant préférentiellement des plantes aquatiques comme support de fraie.

Bien que le fond faunistique régional soit identique pour l'ensemble du tronçon, des habitats différents ou/et un fonctionnement hydraulique et thermique distinct, consécutifs à l'artificialisation se traduisent par des spécificités locales des assemblages de poissons. Le principal effet réside dans le gradient hydraulique créé par la présence des ouvrages hydro-électriques.

Les deux stations ont été échantillonnées respectivement 148 (amont) et 147 (aval) fois depuis 1983. Par conséquent, l'occurrence des espèces dans chaque station est un descripteur simple et une variable pertinente pour caractériser les spécificités piscicoles des stations (Tableau XXVII). Ces différences ne porteront pas sur les espèces communes dont l'occurrence sectorielle

est supérieure à 70%. C'est le cas de l'anguille, de quatre leuciscidés : chevaine, ablette, gardon, brème bordelière, et du goujon.

En termes de richesses spécifiques et d'occurrences, la station **Amont** a en partie conservé les caractéristiques du Rhône lotique. Des espèces propres aux chenaux courants (barbeau fluviatile, loche franche, spirilin, chabot, vairon, truite) ainsi que des espèces typiques du Rhône non régulé (blageon, toxostome) sont régulièrement observées. Des espèces introduites sont également plus représentées à l'amont (silure, poisson-chat).

La décroissance des vitesses du courant entre les points kilométriques 144 et 150 du fait de la diminution de la pente de la ligne d'eau entraîne une distribution graduelle des espèces. La station **Aval** regroupe préférentiellement les espèces des milieux ralentis (rotengle, tanche, carpe, brème commune, épinoche) ainsi que des espèces allochtones (goujon asiatique, carassin argenté, grémille).

Par contre, les occurrences de plusieurs espèces de milieux lenticules (autochtones : perche commune, brochet, bouvière, ou allochtones : perche soleil) ne montrent pas de différence marquée selon les stations. Il en va de même pour le hotu, une espèce allochtone d'eaux vives.

Tableau XXIV : Liste des familles et espèces capturées sur la retenue de Montélimar (secteur de Cruas-Meyse). Résultats généraux pour la chronique 1983-2021. Abondances relatives (en %) par station et pour la retenue de Montélimar. En orangé, les espèces non mises en classes de taille pour les analyses multivariées de la chronique. Les trames colorées sont basées sur les classes suivantes : n% > 5 (vert foncé), 5 > n% > 1 (vert clair), 1 > n% > 0.1 (incoloré) et n% < 0.1 (jaune clair).

Ordre / Famille	nom commun	nom latin	CODE	Cruas 1983-2021		Total
				CAMT	CAVL	
Anguilliformes / Anguillidae						
	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	ANG	2.2	1.7	1.9
Clupeiformes / Clupeidae						
	Alose du Rhône	<i>Alosa agone</i>	ALR	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cypriniformes / Acheilognathidae						
	Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	BOU	0.7	1.2	1
Cypriniformes / Cyprinidae						
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	BAF	2.4	0.8	1.5
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	CAG	< 0.1	0.3	0.2
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	CCO	< 0.1	0.4	0.2
Cypriniformes / Gobionidae						
	Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU	3.5	6.3	4.9
	Goujon asiatique	<i>Pseudorasbora parva</i>	PSR	0.4	3.7	2.1
Cypriniformes / Leuciscidae						
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL	40	32.3	36
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR	13	25.9	19.8
	Chevaîne	<i>Squalius cephalus</i>	CHE	23.8	14	18.7
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	BRB	1.9	5.8	3.9
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	HOT	2	3.4	2.7
	Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	SPI	5	0.2	2.5
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT	0.1	0.8	0.5
	Brème commune	<i>Abramis brama</i>	BRE	0.2	0.7	0.4
	Blageon	<i>Telestes souffia</i>	BLN	0.4	< 0.1	0.2
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i>	IDE		< 0.1	< 0.1
	Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	TOX	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Vairon du Languedoc	<i>Phoxinus septimaniae</i>	VAI	0.1	< 0.1	< 0.1
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cypriniformes / Nemacheilidae						
	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	LOF	2.1	0.9	1.4
Cypriniformes / Tincidae						
	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	TAN	< 0.1	0.3	0.2
Esociformes / Esocidae						
	Brochet	<i>Esox lucius</i>	BRO	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Gadiformes / Lotidae						
	Lote de rivière	<i>Lota lota</i>	LOT	< 0.1		< 0.1
Gasterosteiformes / Gasterosteidae						
	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	EPI	< 0.1	0.1	< 0.1
Perciformes / Blenniidae						
	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i>	BLE	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Perciformes / Centrarchidae						
	Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES	0.8	0.4	0.6
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	BBG	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Perciformes / Percidae						
	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	PER	0.5	0.3	0.4
	Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	SAN	< 0.1	0.2	0.1
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i>	GRE	< 0.1	0.1	< 0.1
Petromyzontiformes / Petromyzontidae						
	Lamproie (ammocoete)	<i>non identifiée</i>	LPA	< 0.1		< 0.1
Salmoniformes / Salmonidae						
	Truite arc en ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	TAC	< 0.1		< 0.1
	Truite commune	<i>Salmo trutta</i>	TRF	0.1	< 0.1	< 0.1
Scorpaeniformes / Cottidae						
	Chabot	<i>Cottus gobio</i>	CHA	0.1	< 0.1	< 0.1
Siluriformes / Ictaluridae						
	Poisson chat	<i>Ameiurus melas</i>	PCH	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Siluriformes / Siluridae						
	Silure	<i>Silurus glanis</i>	SIL	0.2	< 0.1	0.1
Richesse spécifique				37	35	38

Tableau XXV : Liste des familles et espèces capturées sur la retenue de Montélimar (secteur de Cruas-Meysse). Résultats généraux pour la chronique 1983-2021. Abondances corrigées (effort de pêche de 20 minutes) par station et pour la retenue de Montélimar. En jaune orangé, les espèces non mises en classes de taille pour les analyses multivariées de la chronique.

Ordre / Famille	nom commun	nom latin	CODE	Cruas 1983-2021		Secteur
				CAVL	CAVL	
Anguilliformes / Anguillidae	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	ANG	4.7	4	4.3
Clupeiformes / Clupeidae	Alose du Rhône	<i>Alosa agone</i>	ALR	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cypriniformes / Acheilognathidae	Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	BOU	1.4	2.9	2.1
Cypriniformes / Cyprinidae	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	BAF	5.1	1.7	3.4
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	CCO	0.2	1	0.6
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	CAG	0.2	0.7	0.4
Cypriniformes / Gobionidae	Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU	7.6	15.4	11.5
	Goujon asiatique	<i>Pseudorasbora parva</i>	PSR	0.8	8.1	4.5
Cypriniformes / Leuciscidae	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL	89.1	76.5	82.8
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR	30.5	64.3	47.4
	Chevaîne	<i>Squalius cephalus</i>	CHE	51	33.1	42.1
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	BRB	4.3	13.7	9
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	HOT	4.1	8.3	6.2
	Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	SPI	11.1	0.4	5.7
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT	0.3	1.9	1.1
	Brème commune	<i>Abramis brama</i>	BRE	0.4	1.7	1
	Blageon	<i>Telestes souffia</i>	BLN	0.9	< 0.1	0.4
	Vairon du Languedoc	<i>Phoxinus phoxinus</i>	VAI	0.3	< 0.1	0.2
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i>	IDE	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	TOX	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cypriniformes / Nemacheilidae	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	LOF	4.3	2	3.2
Cypriniformes / Tincidae	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	TAN	0.1	0.7	0.4
Esociformes / Esocidae	Brochet	<i>Esox lucius</i>	BRO	0.2	0.2	0.2
Gadiformes / Lotidae	Lote de rivière	<i>Lota lota</i>	LOT	< 0.1		< 0.1
Gasterosteiformes / Gasterosteidae	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	EPI	0.1	0.2	0.2
Perciformes / Blenniidae	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i>	BLE	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Perciformes / Centrarchidae	Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES	2	1.2	1.6
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	BBG	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Perciformes / Percidae	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	PER	1	0.8	0.9
	Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	SAN	0.1	0.4	0.3
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i>	GRE	< 0.1	0.3	0.2
Petromyzontiformes / Petromyzontidae	Lamproie (ammocoete)	<i>non identifiée</i>	LPA	< 0.1		< 0.1
Salmoniformes / Salmonidae	Truite arc en ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	TRF	0.2	< 0.1	0.1
	Truite commune	<i>Salmo trutta</i>	TAC	< 0.1		< 0.1
Scorpaeniformes / Cottidae	Chabot	<i>Cottus gobio</i>	CHA	0.3	< 0.1	0.2
Siluriformes / Ictaluridae	Poisson chat	<i>Ameiurus melas</i>	PCH	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Siluriformes / Siluridae	Silure	<i>Silurus glanis</i>	SIL	0.4	0.1	0.3
Total				221	239.9	230.4

Tableau XXVI : Liste des 17 espèces allochtones existantes sur l'axe rhodanien. En orangé, les espèces originaires d'Amérique du Nord. En vert, les espèces originaires du bassin du Danube. En bleu, le goujon asiatique, espèce autochtone en Asie.

Ordre / Famille Espèce	Nom Commun	Signalement	Présence locale
Cypriniformes / Cyprinidae			
<i>Cyprinus carpio</i> Linné, 1758	Carpe commune	Moyen-Age	X
<i>Carassius carassius</i> (Linné, 1758)	Carassin	Associé à la carpiculture	
<i>Carassius auratus</i> (Linné, 1758)	Carassin doré	France (17 ^{ième})	
<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	Carassin argenté	Bas-Rhône (1989)	1989
Cypriniformes / Gobionidae			
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	Goujon asiatique	Bas-Rhône (1989)	1989
Cypriniformes / Leuciscidae			
<i>Chondrostoma nasus</i> (Linné, 1758)	Hotu	Rhône (1880)	X
<i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel, 1843)	Able de Heckel	Bas-Rhône (2001)	2001
<i>Leuciscus idus</i> (Linné, 1758)	Ide mélanote	Bas-Rhône (2009)	2009
Cyprinodontiformes / Poeciliidae			
<i>Gambusia affinis</i> (Baird & Girard, 1853)	Gambusie	Camargue (1927)	2017
Perciformes / Percidae			
<i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linné, 1758)	Grémille	Rhône (1860)	X
<i>Sander lucioperca</i> (Linné, 1758)	Sandre	Bas-Rhône (1930)	X
Perciformes / Centrarchidae			
<i>Lepomis gibbosus</i> (Linné, 1758)	Perche soleil	Bas-Rhône (1920)	X
<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802)	Achigan à gde bouche	Bas-Rhône (1940)	X
Salmoniformes / Salmonidae			
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Truite arc-en-ciel	Rhône (1880)	X
<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)	Saumon de fontaine	Rhône suisse (19 ^{ième})	
Siluriformes / Ictaluridae			
<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	Poisson-chat	Rhône (1920)	X
Siluriformes / Siluridae			
<i>Silurus glanis</i> Linné, 1758	Silure glane	Bas-Rhône (1987)	1987

Tableau XXVII : Occurrence des espèces capturées sur la retenue de Montélimar (secteur de Cruas-Meyse) au cours de la chronique 1983-2021, pour la totalité du secteur (%TOTAL : 295 pêches), la station amont (%CAMT : 148 pêches) et la station aval (%CAVL : 147 pêches). Les espèces présentant une différence d'occurrence importante entre les deux stations sont surlignées en couleur (bleu quand l'amont enregistre une occurrence forte par rapport à l'aval, vert quand il s'agit de l'inverse).

Occur. %	Code	% TOTAL	% CAMT	% CAVL
> 70 %	CHE	98.98	99.32	98.64
	ABL	88.47	92.57	84.35
	ANG	87.46	89.19	85.71
	GAR	85.42	83.11	87.76
	GOU	74.58	79.73	69.39
	BRB	71.53	69.59	73.47
20 à 70 %	BAF	61.36	79.73	42.86
	LOF	53.90	61.49	46.26
	SPI	51.19	83.78	18.37
	HOT	50.51	49.32	51.70
	PES	46.10	50.68	41.50
	PER	45.42	51.35	39.46
	BOU	43.73	43.92	43.54
	PSR	38.31	30.41	46.26
	ROT	36.61	22.97	50.34
	SIL	23.05	33.11	12.93
	BLN	22.37	40.54	4.08
	TAN	22.37	11.49	33.33
	CCO	20.68	14.86	26.53
	BRE	20.34	15.54	25.17
10 à 20 %	CAG	17.97	13.51	22.45
	BRO	17.63	16.22	19.05
	SAN	17.29	18.92	15.65
	EPI	15.59	12.84	18.37
	TRF	13.90	20.27	7.48
	CHA	12.54	20.95	4.08
	VAI	12.54	16.89	8.16
	GRE	11.86	7.43	16.33
1 à 10 %	BLE	3.39	4.73	2.04
	TOX	3.05	4.05	2.04
	BBG	2.03	3.38	0.68
	PCH	2.03	3.38	0.68
	ALR	1.36	1.35	1.36
	IDE	1.36	0.00	2.72
< 1 %	VAN	0.68	0.68	0.68
	LOT	0.34	0.68	0.00
	LPA	0.34	0.68	0.00
	TAC	0.34	0.68	0.00

10.2.2. Evolution à moyen terme du peuplement piscicole

Dans le but de comparer les observations annuelles, toutes les pêches de la chronique ont été compilées dans un tableau unique en vue d'une analyse multivariée avec un regroupement par années biologiques ²⁶.

Sachant que l'occupation spatiale et l'usage des ressources changent au cours de la vie d'un individu, plusieurs unités taxonomiques sont définies pour une espèce donnée. Dans un habitat hydraulique décrit par de simples variables (vitesse du courant, profondeur et la taille des éléments granulométriques), la distribution spatiale des poissons s'avère structurée par leur taille (RIFFLART et al., 2009). Par ailleurs, le comportement grégaire d'un grand nombre d'espèces favorise également le regroupement des individus en fonction de leur taille (HOARE et al., 2000).

Descriptif de l'analyse

La plupart des espèces ont été scindées en n taxons selon un découpage en 9 classes de taille (Tableau XXVIII). Le même découpage est appliqué à toutes les espèces. Cette approche permet de prendre en compte de manière indirecte à la fois la distribution des âges et des biomasses des poissons ²⁷.

Dix-neuf espèces n'ont pas été séparées en plusieurs classes de taille. Ces espèces sont signalées en jaune orangé dans les tableaux de synthèse.

Il s'agit de l'anguille, la blennie fluviale, l'achigan à grande bouche, l'alose du Rhône, le chabot, le brochet, l'épinoche, la grémille, le poisson chat, les deux salmonidés - la truite arc en ciel et la truite commune, la lote de rivière, les leuciscidés peu représentés (blageon, ide mélanote, toxostome, vairon et vandoise), la tanche, ainsi que le stade juvénile de lamproie capturé en un unique exemplaire.

²⁶ Sur le Rhône, les peuplements piscicoles sont dominés par des cypriniformes (21 espèces sur l'axe rhodanien). Ces espèces se reproduisent essentiellement au printemps et en été. Lors d'une campagne de pêche printanière, les jeunes de l'année ne sont pas encore présents ou non capturables par les techniques mises en œuvre. A la fin de l'été, les juvéniles sont largement représentés et aisément capturables. Afin de prendre en compte cet effet saisonnier marqué, l'année biologique, distincte de l'année calendaire, est définie en considérant un décalage temporel de l'ordre de 6 mois. L'année biologique commence au début de l'été de l'année n et se termine à la fin du printemps de l'année n+1.

²⁷ Les biomasses importantes observées lors d'une pêche sont liées à la capture des adultes d'espèces pouvant atteindre de grande taille. Dans les pêches électriques de rive, la capture des adultes de grande taille revêt un caractère plus aléatoire que celle des juvéniles et poissons d'une taille moyenne. De plus, des captures ponctuelles et irrégulières de quelques gros spécimens, notamment des carpes communes, ou des silures, pesant plusieurs kilogrammes créent des valeurs extrêmes (et « instables » dans l'espace et le temps) qui s'opposent à une prédominance des faibles biomasses constituées par les nombreux juvéniles. Une autre part de la biomasse, plus régulière dans sa répartition, est majoritairement constituée par les anguilles. Une analyse multivariée sur un tableau des biomasses mettrait en valeur les singularités portées par ces extrêmes. L'analyse basée sur une répartition des espèces selon plusieurs unités taxonomiques fonction de la taille permet de prendre indirectement en compte la présence d'individus âgés (classes 7, 8 ou 9), sans toutefois leur donner un poids excessif, ce qui se produirait dans une analyse multivariée sur la biomasse.

Tableau XXVIII : Découpage taxonomique d'une espèce (ESP) sur la base des classes de taille. Les taxons 1 à 3 regroupent approximativement tous des jeunes de l'année.

ESP_1	0-29mm	ESP_4	90-119 mm	ESP_7	300-449 mm
ESP_2	30-59 mm	ESP_5	120-149 mm	ESP_8	500-600 mm
ESP_3	60-89 mm	ESP_6	150-299 mm	ESP_9	LT > 600 mm

Les effectifs des taxons ont été corrigés en fonction du temps de pêche (n/20 minutes), puis ont été pondérés par l'occurrence de l'espèce sur la chronique. Cette valeur obtenue par espèce est attribuée à tous les taxons de l'espèce considérée. L'analyse multivariée (Analyse en Composantes Principales Normée, inter-années biologiques) a donc été réalisée sur un tableau de 295 lignes (pêches) et 144 colonnes (espèces et/ou taxons). La discussion sera basée sur l'évolution temporelle des peuplements à l'échelle de la retenue de Montélimar et l'expression de sa variabilité interannuelle, traduites et résumées par les trois premières composantes de cette analyse. Elles sont visualisées par une projection des coordonnées factorielles des années biologiques sur les trois axes factoriels (Figure 45).

Résultats et discussion

En termes de saisonnalité, les quatre campagnes de pêches constitutives d'une même année biologique sont contrastées. Au cours des campagnes automnales, les jeunes individus de l'année dominant et les échantillons donnent alors une image du succès (ou non) de la reproduction printanière et estivale. Si les conditions hydroclimatiques de la période de fraie et de croissance ont été favorables, les effectifs et la richesse spécifique sont élevés. La campagne de pêche suivante se déroule au printemps, après passage de l'hiver. Les effectifs de juvéniles de l'année précédente ont alors sérieusement diminué. Par contre, les probabilités de capture en rive des adultes des espèces litho-phytophiles ou phytophiles peuvent augmenter car les pêches se déroulent pendant la période de reproduction.

Remarque : Sachant que l'année biologique est caractérisée par des campagnes automnales (année n) et printanières (année n+1), la dernière année biologique de la chronique ne comprend que les pêches automnales dans lesquelles les effectifs de juvéniles sont généralement élevés. La tendance exprimée par ces deux dernières campagnes de pêches peut être sensiblement modifiée dès la prise en compte des campagnes printanières à venir.

Le premier axe factoriel (Figure 45) est indicateur de l'évolution des effectifs et de la richesse taxonomique. De forts scores positifs correspondent globalement aux abondances et richesses les plus élevées (Figure 46, Figure 47).

Globalement, les plus fortes valeurs positives sur cet axe correspondent aux pêches automnales. En fin d'été, les individus de l'année (âge 0+) représentent l'essentiel des captures, ils sont nombreux, la probabilité de capture des espèces rares augmente, et la majorité des poissons occupent les petites classes de taille (LT<90 mm).

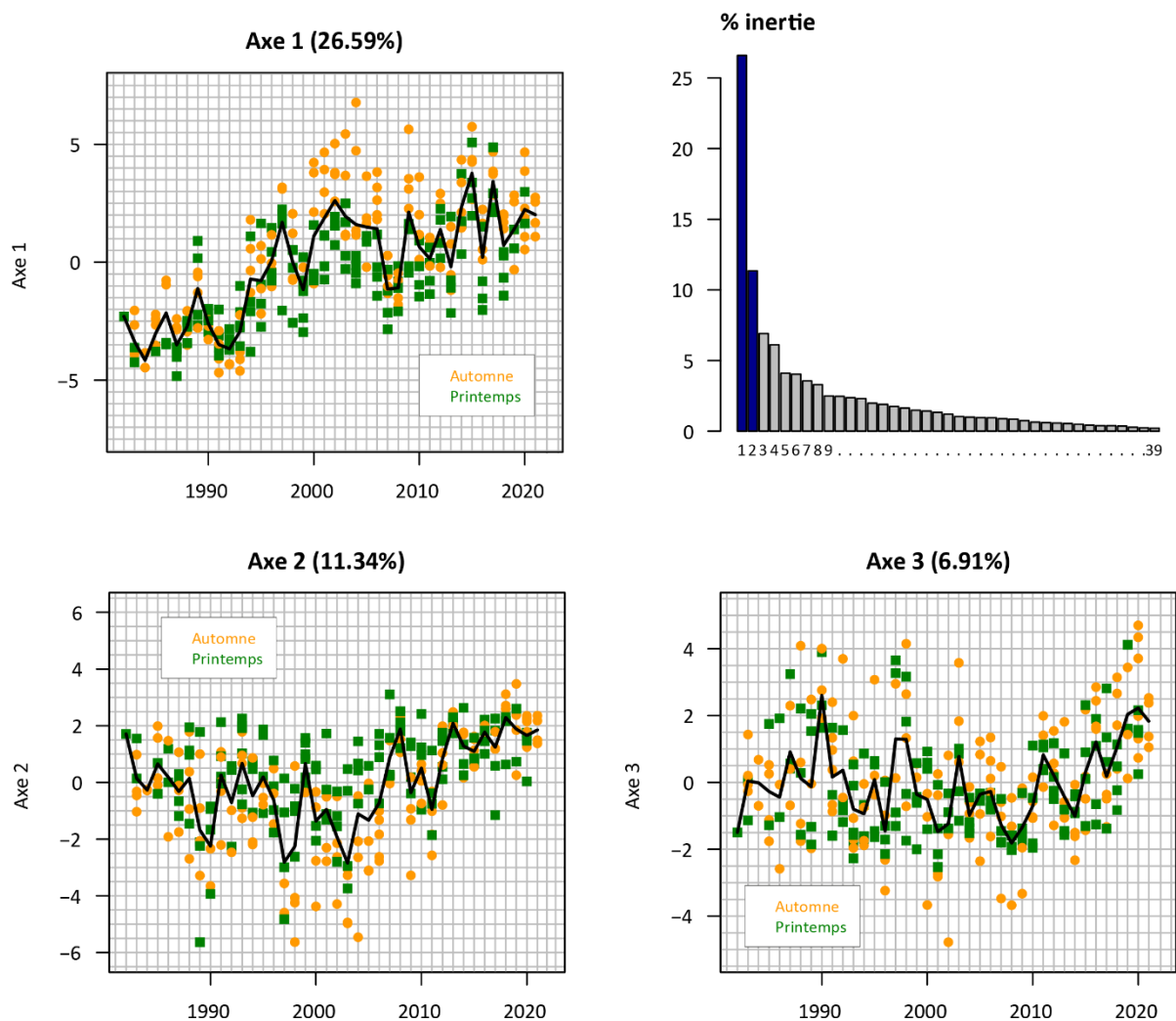


Figure 45 : Analyse en Composantes Principales Normée (ACPn) Inter-Années biologiques des effectifs corrigés des 144 taxons définis selon le découpage en classes de taille. Le tableau regroupe 295 pêches électriques du suivi piscicole du Rhône au droit du CNPE de Cruas-Meysses (stations Amont et Aval, période 1983-2021). Représentation de la décomposition de la variabilité (en haut, à droite). Représentation fonctionnelle en fonction des années biologiques des coordonnées factorielles des pêches pour les trois axes principaux. Les tendances générales sont exprimées par les courbes liant les points « moyens » de l'ACPn inter-années (en noir).

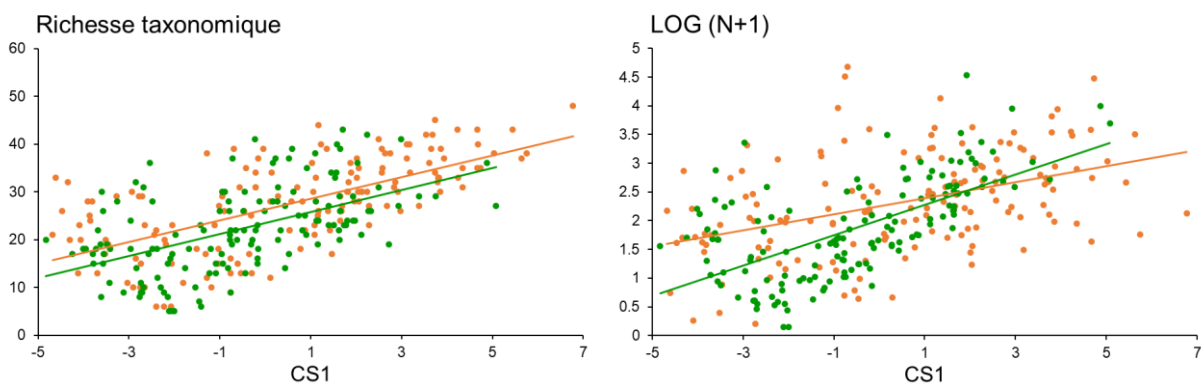


Figure 46 : Relation associant les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP à leurs richesses taxonomiques et leurs effectifs totaux. En vert, les campagnes de printemps. En orange, les campagnes automnales.

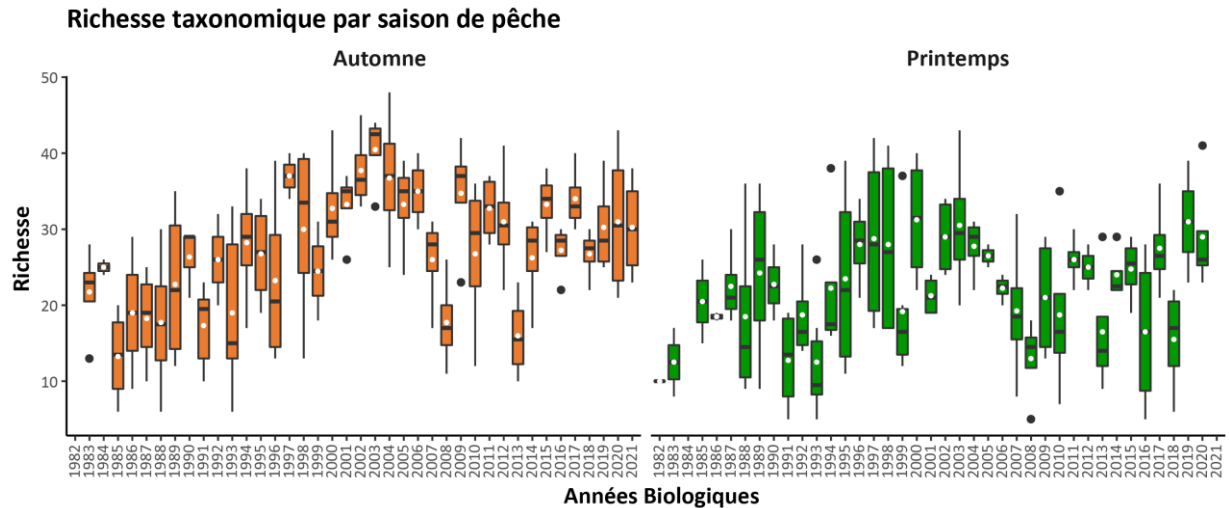


Figure 47 : Evolution interannuelle de la richesse taxonomique dans la retenue de Montélimar, exprimée par saison (automne et printemps). Regroupement des effectifs des stations Amont et Aval.

Sur le premier axe qui représente 26,6% de la variance, les pics successifs (valeurs positives) de la courbe interannuelle marquent ainsi les meilleures années en termes de reproduction, en particulier des espèces dominantes à pontes multiples : ablette, chevine, goujon. La corrélation entre les scores du premier axe factoriel et les abondances de juvéniles du chevine (taxons 2 et 3, tailles comprises entre 30 et 90 mm) est démonstrative de la contribution de la fraction juvénile dans la constitution de cet axe (Figure 48).

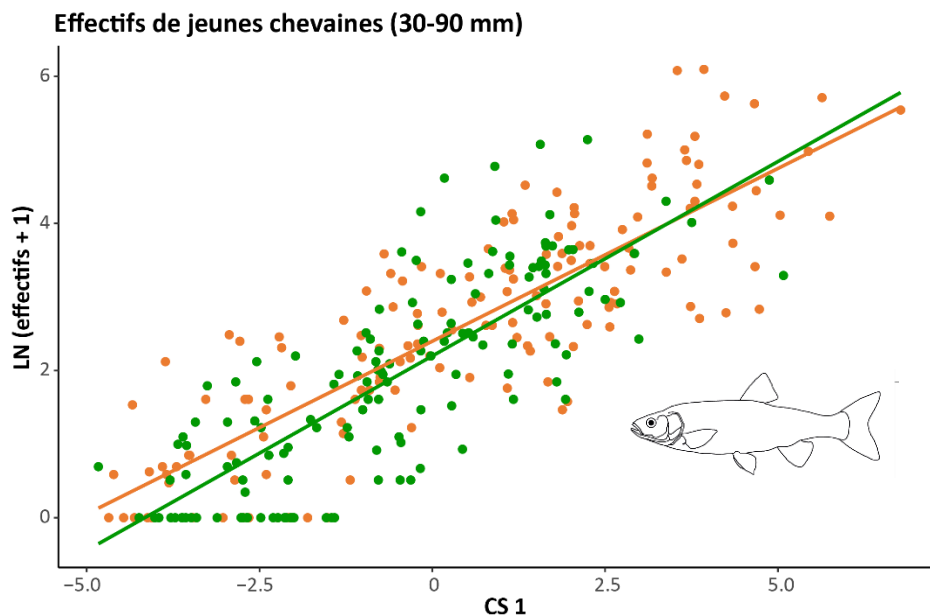


Figure 48 : Relation linéaire entre les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP (CS1) et les effectifs des jeunes chevaines (tailles comprises entre 30 et 90 mm – taxons 2 et 3). En vert, les campagnes de printemps. En orange, les campagnes automnales.

Cependant, les trois premières classes de taille regroupent aussi la quasi-totalité des classes d'âges des petites espèces, et notamment deux espèces à forte croissance démographique : le goujon asiatique et la bouvière.

La bouvière est réapparue à la faveur de l'augmentation contemporaine de la température dans les eaux continentales (VAN DAMME et al., 2007), elle est actuellement en progression constante dans les milieux fluviaux anthropisés. Les fluctuations interannuelles de ses effectifs paraissent avoir des liens étroits avec la variabilité du contexte hydrologique et thermique (KONEČNÁ et al., 2009). Le goujon asiatique suit une évolution parallèle à cette dernière et constitue également une espèce caractéristique des changements actuels au sein des assemblages piscicoles rhodaniens et à plus large échelle (POULET et al., 2011).

Le premier axe factoriel décrit également la forte progression contemporaine des effectifs de ces deux espèces.

Parallèlement à cette augmentation des effectifs de poissons de petites tailles regroupant les jeunes de l'année et des adultes des petites espèces, la représentativité des individus de grande taille a diminué au cours du temps. Il s'agit de la plupart des individus adultes des autres espèces (gardon, chevaine, brème bordelière, ou rotengle). Cette diminution des captures est également enregistrée pour une espèce introduite de longue date : la perche-soleil, dont les taxons 3, 4, 5 et 6 (tailles comprises entre 60 et 299 mm) étaient nettement plus abondants au début de la chronique.

Le premier axe résume plusieurs phénomènes imbriqués (1) la réussite ou non de la reproduction de l'année, (2) la progression des petites espèces au cours de la dernière décennie, notamment de la bouvière (autochtone) et du goujon asiatique (introduite), et (3) un effondrement progressif des effectifs des individus de grande taille (Figure 49).

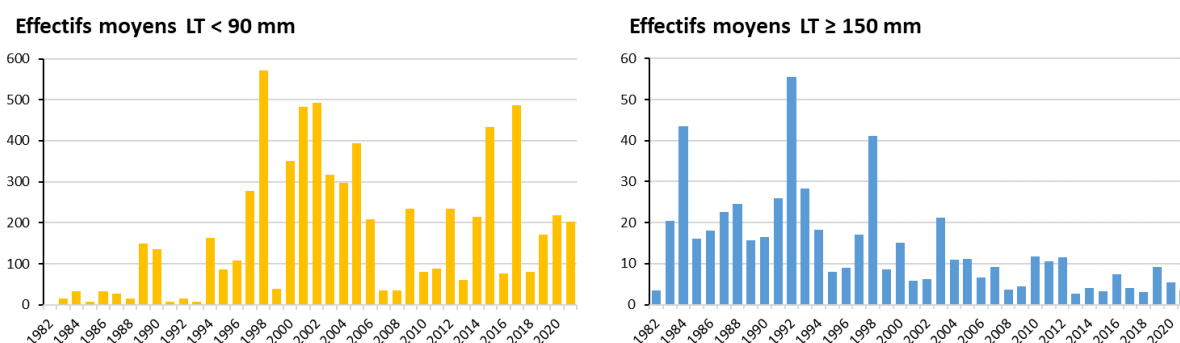


Figure 49 : Evolution temporelle des effectifs (moyenne par année biologique) des petits poissons (LT < 90 mm, en orange) et des grands poissons (LT ≥ 150 mm, en bleu).

Le deuxième axe factoriel (Figure 45) retient 11,3% de la variance et décrit l'évolution interannuelle des effectifs du gardon, toutes tailles confondues (Figure 50). Il traduit la baisse progressive et importante des effectifs des gardons au cours de cette dernière décennie. Cette espèce commune, phyto-lithophile, est préférentiellement capturée dans les milieux lenticules. Elle réalise une unique ponte annuelle. L'espèce est plus vulnérable vis-à-vis de la variabilité

hydraulique pendant la fraie et/ou la période de croissance des jeunes stades que les espèces à pontes multiples telles que le chevaie ou l'ablette. Ces dernières bénéficient d'une fenêtre temporelle de reproduction plus longue. Les années propices au succès de la reproduction du gardon seront généralement des années chaudes et hydrologiquement calmes au printemps.

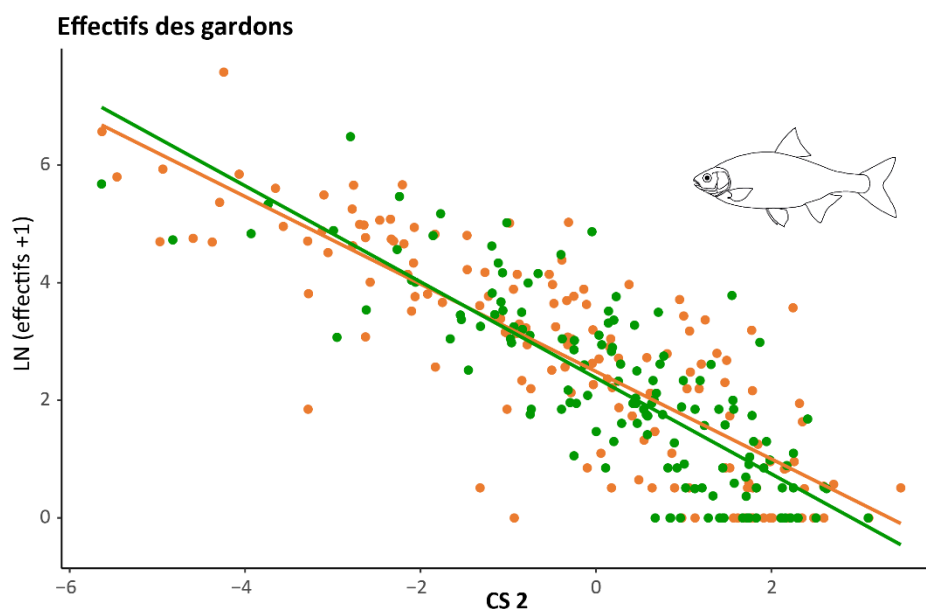


Figure 50 : Relation associant les coordonnées factorielles des pêches sur le deuxième axe de l'ACP (CS2) et les effectifs totaux des gardons. En vert, les campagnes de printemps. En orange, les campagnes automnales.

Le phénomène décrit intéresse également le hotu, de manière moins perceptible car l'espèce n'a jamais été dominante dans les peuplements actuels de ce tronçon fluvial. L'espèce est lithophile, à ponte unique. Ses frayères sont localisées dans des secteurs rapides et peu profonds du chenal du Rhône court-circuité. Une instabilité hydrologique pendant le développement embryonnaire et larvaire sera également peu propice au succès de reproduction. Cependant, des travaux récents montrent que le déclin des populations du hotu pourrait avoir un lien avec l'exposition à des micropolluants (DEVAUX et al., 2015). Les auteurs soulignent que la génotoxicité intéresse également d'autres espèces.

Ce deuxième axe traduit également (1) la progression récente des effectifs des jeunes barbeaux (30 > LT > 90 mm), (2) l'observation récurrente de très jeunes poissons dans des pêches de fin et de début d'année (par exemple des ablettes d'une taille inférieure à 30 mm) du fait des reproductions tardives et d'une moindre mortalité pendant des hivers doux et de plus en plus courts, et (3) la capture de goujons asiatiques adultes de grande taille, preuve du succès de l'espèce.

La forte baisse des abondances du gardon reste actuellement inexplicée, même si les conditions hydrologiques printanières accompagnées de flux sédimentaires fins peuvent être en partie suspectées. Un fort déclin des populations de gardons a été observé dans la Meuse. Il serait essentiellement associé à des changements de la biomasse phytoplanctonique, donc à une baisse des ressources trophiques (OTJACQUES et al., 2015; OTJACQUES et al., 2016). Alors

que le silure, une espèce prédatrice de grande taille, est bien installé sur le Bas-Rhône, son impact sur les populations de gardons ne paraît pas explicite au vu de son régime alimentaire (FAURE & TANZILLI, 2016). Par ailleurs, nous ne pouvons pas exclure un problème d'ordre sanitaire. En effet, le pseudorasbora est un porteur sain de l'agent pathogène *Sphaerothecum destruens* dont les effets négatifs sur des cyprinidés ont été démontrés (AL-SHORBAJI et al., 2015; ERCAN et al., 2015). L'éventuel impact des micropolluants peut également être évoqué (DEVAUX et al., 2015). Toutes ces hypothèses demandent à être vérifiées, voire étudiées.

Bien que le **troisième axe factoriel** ne représente que 6.9% de la variance exprimée, il identifie, entre autres, les pêches caractérisées par une nette prédominance des chevaines et des goujons d'une taille comprise entre 90 et 150 mm (taxons 4 et 5), des poissons étant pour la plupart âgés de 1 à 3 ans.

De nombreux changements s'opèrent au sein des peuplements piscicoles, et d'une manière générale, ils sont progressifs même s'ils sont très rapides au regard de cette chronique. Le chevaine est une espèce dominante et euryèce dont l'occurrence (> 99%) et l'abondance (environ 20%) dans les pêches rivulaires permettent de la considérer comme un bon modèle d'étude de changements relativement subtils au sein d'une population.

Alors que ce leuciscidé peut atteindre de grandes tailles, la distribution contemporaine est actuellement marquée par une prédominance des poissons juvéniles (Figure 51).

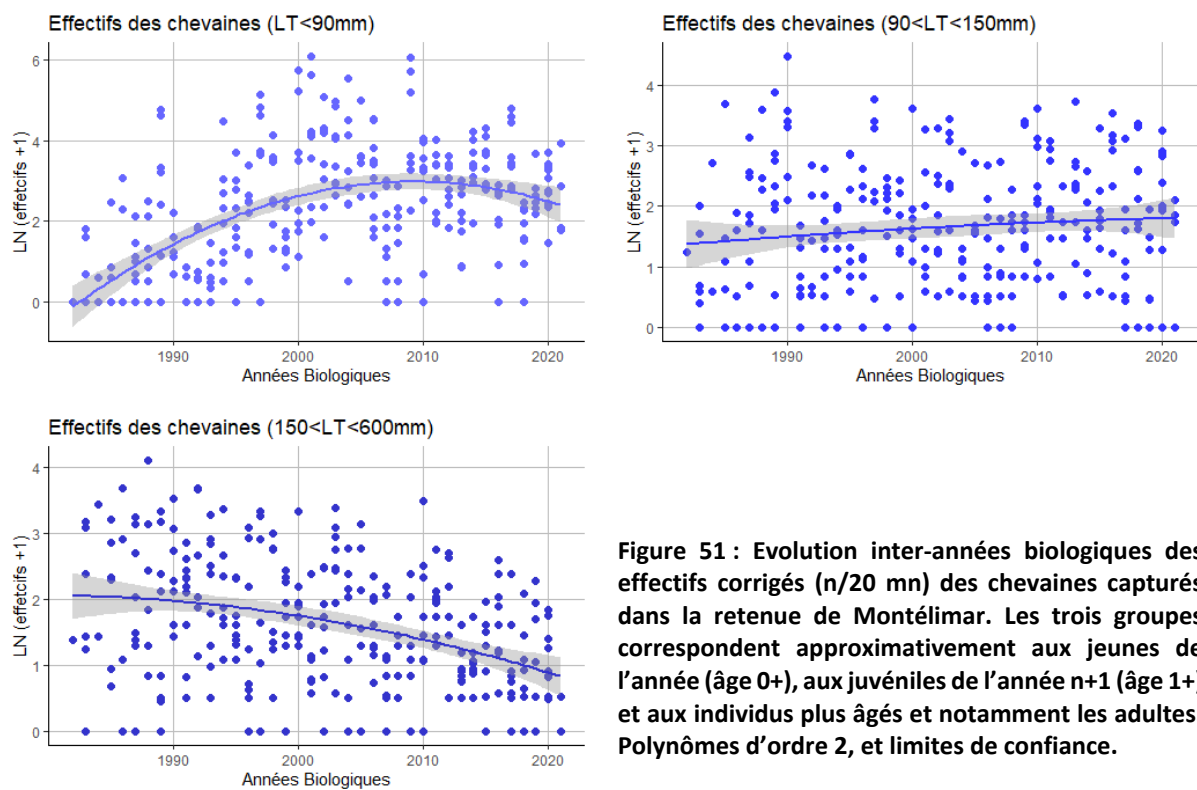


Figure 51 : Evolution inter-années biologiques des effectifs corrigés (n/20 mn) des chevaines capturés dans la retenue de Montélimar. Les trois groupes correspondent approximativement aux jeunes de l'année (âge 0+), aux juvéniles de l'année n+1 (âge 1+) et aux individus plus âgés et notamment les adultes. Polynômes d'ordre 2, et limites de confiance.

Mais, il apparaît utile de discuter l'évolution interannuelle des différentes classes d'âges chez cette espèce dont la plupart des classes d'âge peuvent être échantillonnées dans les pêches électriques de rive.

Trois périodes peuvent être identifiées. La première comprise entre 1982 et 1993 a été marquée par une seule année de fort recrutement (1989), justifiant des effectifs élevés de poissons d'âge 1+ en 1990. Cette bonne année a été suivie par trois mauvaises années (1991 à 1993). Au cours de cette première période, les effectifs d'individus âgés ont dominé les captures, ce qui n'a plus été le cas à partir de 1994.

Au cours de l'automne 1993 et en début d'année 1994, deux grandes crues ont modifié le contexte physique bas-rhodanien et amélioré les conditions de fraye pour la plupart des espèces, en particulier pour les espèces rhéophiles et lithophiles (CATTANEO et al., 2001).

En toile de fond, la température des eaux est globalement en hausse depuis 1988. La synergie de conditions environnementales favorables : un habitat rénové dont l'entretien est maintenu par un régime hydrologique soutenu au cours des années suivantes, et des températures plus élevées en périodes printanière et estivales, contribuent au succès du recrutement annuel. Malgré quelques années peu productives (1999, 2007, 2008, 2013 et 2016) du fait de crues soutenues pendant les périodes sensibles de la reproduction, parfois accompagnées de fortes charges sédimentaires en provenance du bassin versant de l'Isère, le niveau du recrutement annuel s'est maintenu jusqu'à ce jour.

La distinction des deux autres périodes peut être établies à partir de changements dans la répartition des juvéniles d'âge 1+ dont les effectifs dépassent ceux des adultes à partir de 2007 et une baisse significative de l'abondance des individus les plus âgés.

Globalement, un changement significatif du succès de la reproduction de l'espèce a été manifeste à compter de 1994. Si le nombre moyen d'individus d'âge 1+ est peu variable au cours des trois périodes, celui des individus les plus âgés baissent significativement au cours du temps. Les captures sont actuellement 4 fois moins élevées qu'au cours de la première décennie. Ces évolutions sont statistiquement significatives (Tableau XXIX).

Tableau XXIX : Répartition des effectifs médians par pêche de trois classes de taille de chevaine au cours de trois périodes. Les cases en jaune signalent des valeurs significativement différentes des autres ($p < 0.05$). Test de rang de Kuskal-Wallis.

Périodes	1982-1993	1994-2006	2007-2019
30 < LT < 90 mm	0.8 ind.	17.6 ind.	14.9 ind.
90 < LT < 150 mm	3.2 ind.	3.8 ind.	4.8 ind.
150 < LT < 600 mm	7.3 ind.	4.1 ind.	1.9 ind.

10.2.3. Les observations de l'année

Les résultats globaux des 4 campagnes de pêches de l'année 2021 sont donnés dans le Tableau XXX.

Les résultats complets des pêches sont en fournis en annexe. Ils regroupent les effectifs bruts obtenus par date dans chaque station et sur la retenue de Montélimar (Annexe XXI), les effectifs corrigés (exprimés pour un effort de pêche de 20 minutes - Annexe XXII), et les abondances relatives (exprimées en pourcentage - Annexe XXIII).

Comparativement aux valeurs moyennes de la chronique (1996-2021), les données des quatre campagnes de pêche de l'année 2021 sont plutôt contrastées ; à la fois en termes de richesse (25 espèces en 2021 vs 38 espèces inventoriées sur le secteur entre 1983 et 2021) et de répartition des abondances relatives des espèces.

Parmi les changements structurels, il faut citer :

- La forte baisse de la représentativité du gardon (3,3% en 2021 vs 19,8% sur la chronique) malgré la présence de jeunes individus qui témoigne de sa reproduction ces dernières années ;
- une dominance toujours marquée de l'ablette (45,9% vs 36%) ;
- l'augmentation de l'abondance relative du spiralin (10,8% vs 2,5%) ;
- la poursuite de la colonisation par le goujon asiatique (12,4% vs 2,1%) alors que celle de la bouvière semble stationnaire, probablement du fait de températures plus basses en 2021.

Les goujons asiatiques sont de plus en plus nombreux, et ils représentaient près d'un tiers du peuplement lors de la première pêche (avril), devant le chevaine et l'ablette (respectivement 21,4 et 16,7%). Sur l'année, l'espèce est la deuxième la plus représentée (12,4%) après l'ablette (45,9%).

Les contrastes hydrauliques entre l'amont et l'aval de la retenue de Montélimar sont à l'origine de la structuration spatiale de la répartition graduelle des espèces, depuis la prédominance des espèces rhéophiles en amont vers celle des espèces limnophiles en aval. L'effet « retenue » est suffisamment marqué pour escamoter les impacts propres aux activités du site industriel.

Tableau XXX : Résultats annuels 2021 des pêches sur la retenue de Montélimar par campagnes, effectifs bruts, effectifs corrigés pour un effort de pêche de 20 minutes et abondances relatives.

Famille	nom commun	CODE	Effectifs bruts (N)				TOTAL	Effectifs corrigés (N/20min)				MOY	Abondances relatives (%)				MOY
			avr.	mai	sept.	nov.		avr.	mai	sept.	nov.		avr.	mai	sept.	nov.	
Anguilliformes / Anguillidae																	
	Anguille	ANG	11	7	12	1	31	3.5	2.6	4.3	0.3	2.7	2.2	0.8	1.8	0.1	1.1
Cypriniformes / Acheilognathidae																	
	Bouvière	BOU	38	6	6	5	55	12.2	2.1	2.3	1.7	4.6	7.8	0.7	1	0.7	1.9
Cypriniformes / Cyprinidae																	
	Barbeau fluviatile	BAF	8	14	16	3	41	2.4	5.1	6	1	3.6	1.5	1.6	2.5	0.4	1.5
	Carassin argenté	CAG	1	10	3	2	16	0.3	3.4	1.2	0.7	1.4	0.2	1.1	0.5	0.3	0.6
	Carpe commune	CCO		1			1		0.3			< 0.1		0.1			< 0.1
Cypriniformes / Gobionidae																	
	Goujon asiatique	PSR	147	41	98	55	341	47.3	14.2	37.5	18.9	29.5	30.1	4.5	15.5	8.2	12.4
	Goujon	GOU	21	28	78	26	153	6.5	9.8	28.2	8.7	13.3	4.1	3.1	11.6	3.8	5.6
Cypriniformes / Leuciscidae																	
	Ablette	ABL	85	546	127	484	1242	26.3	198.5	47.9	163.1	109	16.7	62.5	19.8	70.4	45.9
	Spirilin	SPI	55	69	104	70	298	16.7	25.6	37.1	23.3	25.7	10.6	8	15.3	10.1	10.8
	Chevaine	CHE	109	39	106	23	277	33.6	14	39.8	7.8	23.8	21.4	4.4	16.4	3.3	10
	Gardon	GAR	9	33	39	8	89	2.8	11.4	14.5	2.7	7.9	1.8	3.6	6	1.2	3.3
	Hotu	HOT		64	5	6	75		22.1	1.8	2.1	6.5		7	0.7	0.9	2.7
	Brème bordelière	BRB	3	14	42		59	1	4.8	16		5.5	0.6	1.5	6.6		2.3
	Vairon du Languedoc	VAI	6	2			8	1.9	0.7			0.6	1.2	0.2			0.3
	Blageon	BLN	2				2	0.6				0.2	0.4				< 0.1
	Rotengle	ROT	1			1	2	0.3			0.3	0.2	0.2			0.1	< 0.1
	Ide mélanote	IDE			1		1			0.4		< 0.1			0.2		< 0.1
Cypriniformes / Nemacheilidae																	
	Loche franche	LOF	1	3	3		7	0.3	1.1	1.1		0.6	0.2	0.3	0.4		0.3
Gasterosteiformes / Gasterosteidae																	
	Epinoche	EPI			4	1	5			1.5	0.3	0.5			0.6	0.1	0.2
Perciformes / Centrarchidae																	
	Perche soleil	PES		1		1	2		0.3		0.3	0.2		0.1		0.1	< 0.1
	Achigan à grande bouche	BBG			1		1			0.4		< 0.1			0.2		< 0.1
Perciformes / Percidae																	
	Grémille	GRE	5	1	1		7	1.6	0.3	0.4		0.6	1	0.1	0.2		0.2
	Perche commune	PER		1	1		2		0.3	0.4		0.2		0.1	0.1		< 0.1
Scorpaeniformes / Cottidae																	
	Chabot	CHA			2		2			0.7		0.2			0.3		< 0.1
Siluriformes / Siluridae																	
	Silure	SIL		3	2	1	6		1.1	0.7	0.3	0.5		0.3	0.3	0.1	0.2
Total			502	883	651	687	2723	157.3	317.9	242.2	231.8	237.3					
Richesse spécifique			16	19	20	15	25										

10.3. Les pêches EPA pour le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR)

10.3.1. Le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR)

Conformément au protocole défini en vue du calcul de l'IPR+, des pêches par points (EPA) ont été réalisées sur les stations Amont et Aval du CNPE (Figure 44). A partir de ces données, le calcul de l'indice IPR a été réalisé, en utilisant les caractéristiques environnementales requises pour ce calcul (Tableau XXXI). Le calcul du nouvel indice (IPR+) qui n'est pas encore associé à une norme homologuée NF, est présenté à la suite de cette partie (cf. 10.3.3 et 10.3.4).

Tableau XXXI : Caractéristiques environnementales nécessaires pour le calcul de l'IPR (a) et bornes fixées pour l'établissement des classes de qualité (b) (NF T90-344, 2011).

(a)	Cruas Amont	Cruas Aval	(b)	
Surface échantillonnée (SURF) en m ²	700	700	Note de l'indice	Signification
Surface du bassin versant drainé (SBV) en km ²	70118	70238	≤ 7	Très bon
Distance à la source (DS) en kilomètres	632	641	] 7-16]	Bon
Largeur moyenne en eau (LAR) en mètres	250	500	] 16-25]	Moyen
Pente du cours d'eau (PEN) en m/km	0,05	0,05	] 25-36]	Médiocre
Profondeur moyenne (PROF) en mètres	5,00	5,00	> 36	Mauvais
Altitude (ALT) en mètres	79	77		
Température moyenne de juillet (TJUILLET) en °C	23,4	23,6		
Température moyenne de janvier (TJANVIER) en °C	5,5	5,5		
Unité hydrologique (HU)	RHONE	RHONE		

Les pêches par EPA sont parfois critiquées du fait de l'existence de points nuls, dont la proportion augmente considérablement dans les milieux pauvres en habitats favorables. Les problèmes associés, liés entre autres à de petits effectifs, peuvent être en partie résolus par une augmentation du nombre de points.

Sur un ensemble de 200 EPA réalisés annuellement dans la retenue de Montélimar depuis six ans, la station aval enregistre plus de points nuls que la station amont (Tableau XXXII). Cette différence est particulièrement marquée en 2020 avec 13 points nuls pour la station amont, contre 21 points nuls pour la station aval. Enfin, les résultats de l'année 2021 marquent une rupture par rapport aux années précédentes avec un nombre très important de points nuls pour les deux stations (31 et 49 points nuls pour les stations amont et aval respectivement).

Tableau XXXII : Résultats des pêches par EPA dans les stations Amont et Aval du canal de la retenue de Montélimar. Effectifs totaux et richesses spécifiques sur la base de 100 EPA par station (50 EPA par rive). EPA(-) et EPA(+) indiquent respectivement les nombres de points nuls et non nuls par rive.

Rive	Cruas Amont			Cruas Aval		
	RD	RG	Total	RD	RG	Total
Section / pk	Retenue / 143-144.5			Retenue / 150.5-152.5		
2016	27/09/2016			28/09/2016		
EPA (+)	45	44	89	38	47	85
EPA (-)	5	6	11	12	3	15
Richesse spécifique	17	17	19	17	16	18
Effectifs totaux 2016	910	378	1288	192	174	366

	Cruas Amont			Cruas Aval		
Rive	RD	RG	Total	RD	RG	Total
Section / pk	Retenue / 143-144.5			Retenue / 150.5-152.5		
2017	19/09/2017			19/09/2017		
EPA (+)	50	50	100	50	48	98
EPA (-)	0	0	0	0	2	2
Richesse spécifique	18	17	21	13	17	18
Effectifs totaux 2017	1207	1260	2467	823	770	1593
2018	18/09/2018			18/09/2018		
EPA (+)	44	40	84	41	37	78
EPA (-)	6	10	16	9	13	22
Richesse spécifique	16	16	18	14	13	16
Effectifs totaux 2018	624	186	810	137	94	231
2019	18/09/2019			17/09/2019		
EPA (+)	45	35	80	39	34	73
EPA (-)	5	15	20	11	16	27
Richesse spécifique	14	10	16	13	10	14
Effectifs totaux 2019	269	88	357	243	81	324
2020	15/09/2020			15/09/2020		
EPA (+)	43	44	87	41	38	79
EPA (-)	7	6	13	9	12	21
Richesse spécifique	15	13	18	12	12	14
Effectifs totaux 2020	247	157	404	142	104	246
2021	23/11/2021			22/11/2021		
EPA (+)	30	39	69	33	18	51
EPA (-)	20	11	31	17	32	49
Richesse spécifique	10	11	14	8	12	14
Effectifs totaux 2021	448	189	637	87	71	158

Les 100 EPA réalisés par station permettent d'échantillonner un nombre moyen d'espèces relativement stable d'une année sur l'autre et équivalent aux pêches de rives (Annexe XXVII, Tableau XXXII). Les effectifs sont beaucoup plus variables, non seulement d'une station à l'autre, mais aussi d'une année à l'autre (voir le détail des résultats par année et par station en Annexe XXVII).

Les différentes métriques utilisées pour le calcul de l'IPR et les scores associés sont récapitulés dans le Tableau XXXIII (cf. Annexe XXVIII pour la liste des espèces intervenant dans le calcul). La somme de ces différents scores, qui doivent être interprétés comme des écarts à l'attendu en situation de « très bonne qualité », constitue la note IPR.

Tableau XXXIII - Valeurs des sept métriques des Indices Poissons Rivières obtenues à partir des 100 EPA. Norme NF T 90-344 (100 EPA)

		Cruas Amont						Cruas Aval					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Nombre d'espèces rhéophiles	NER	1.52	0.40	1.52	1.52	1.52	0.39	8.03	4.00	8.03	8.03	8.03	3.97
Nombre d'espèces lithophiles	NEL	0.44	0.08	1.54	0.44	0.44	0.44	3.91	0.47	3.91	3.91	3.91	1.61
Nombre total d'espèces	NTE	0.74	2.95	0.78	1.76	0.74	3.01	0.09	0.88	3.18	3.18	4.74	4.74
Densité d'individus tolérants	DIT	1.89	3.47	1.34	0.91	0.92	1.38	0.65	2.59	0.19	0.43	0.50	0.45
Densité d'individus omnivores	DIO	0.94	2.11	0.61	0.37	0.36	0.64	0.24	1.53	0.05	0.14	0.18	0.15
Densité d'individus invertivores	DII	<0.001	<0.01	<0.001	<0.01	<0.001	0.00	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
Densité totale d'individus	DTI	7.21	11.00	4.91	1.88	2.37	4.17	2.12	7.60	0.10	0.73	0.63	0.11
Valeur de l'IPR		12.7	20.0	10.7	6.9	6.3	10.0	15.0	17.0	15.5	16.4	18.0	11.1
Classe de qualité		2	3	2	1	1	2	2	3	2	3	3	2
		Bon	Moyen	Bon	Tr.Bon	Tr.Bon	Bon	Bon	Moyen	Bon	Moyen	Moyen	Bon

Ainsi, si l'on observe une certaine correspondance entre les peuplements théoriques de référence et les peuplements échantillonnés pour les **deux stations en 2016, 2018 et 2021**, et pour la **station amont en 2019 et 2020**, les indices obtenus pour les autres campagnes mettent en avant des écarts importants aux peuplements de référence (Tableau XXXIII). En **2021**, les deux stations obtiennent des notes IPR relativement proches, classant l'état des peuplements comme « bon ».

A l'exception des années 2019 et 2020, les deux stations obtiennent des notes IPR correspondant à chaque fois aux mêmes classes de qualité. Il faut cependant remarquer que, pour la station aval, les notes obtenues en 2016 et 2018 (classe de qualité « bonne ») sont en limite de classe (15,0 et 15,5, respectivement).

Pour la **station amont**, les écarts à l'attendu sont essentiellement dus à la métrique DTI (densité totale d'individus) qui tend à faire augmenter l'indice, et donc abaisser la classe de qualité obtenue, lorsque les effectifs totaux sont importants, notamment en 2017 (2467 individus - cf. Tableau XXXIII).

L'**année 2017** s'est démarquée par les moins bonnes notes pour les 2 stations. Elles ont enregistré les effectifs les plus importants des cinq années d'application du protocole IPR, faisant augmenter les métriques DTI (densité totale d'individus), mais aussi DIT (densité d'individus tolérants). Plus de 70% de effectifs étaient représentés par les espèces classées comme tolérantes, respectivement 77% et 72%, à l'amont et à l'aval.

Pour la **station aval**, ce sont les métriques liées à la richesse spécifique (métriques NER, NEL et NTE) qui participent le plus aux écarts à l'attendu. Ainsi, régulièrement cette station n'enregistre que deux espèces rhéophiles (barbeau fluviatile et spirin) parmi les 12 prises en compte dans l'indice (Annexe XXVIII). Ceci contribue à augmenter les écarts de note liés à la métriques NER pour les années 2016, 2018, 2019 et 2020 (Tableau XXXIII). Le même patron de variations est observé pour la métrique NEL (i.e. nombre d'espèces lithophiles).

10.3.2. La variabilité des notes IPR

Le calcul de l'indice est sensible à la présence de points « singuliers », à savoir des EPA susceptibles de modifier les métriques biologiques utilisées pour l'IPR et d'instaurer une instabilité de l'indice.

Afin de mettre en exergue les effets liés à la présence de points « singuliers » parmi les 100 EPA réalisés par station, l'indice a été recalculé pour chaque station et chaque année par 1000 tirages aléatoires de 90 EPA sur 100 (Figure 52). La représentation de la distribution des notes obtenues permet de visualiser la relative instabilité de l'indice.

Ainsi, les tirages réalisés pour la **station aval en 2017** couvrent 3 classes de qualités différentes ('bonne', 'moyenne', et même 'médiocre') selon les EPA pris en compte dans le tirage aléatoire. Il s'agit de la campagne pour laquelle le plus d'espèces rhéophiles et lithophiles ont été capturés (écarts relativement faibles des métriques NER et NEL - Tableau XXXIII). Cependant, à l'exception du barbeau fluviatile et du spirin, ces espèces présentent de très faibles occurrences. En conséquence, la qualité est vite déclassée selon les relevés pris en compte dans le tirage. Ce patron se retrouve de façon encore plus marquée pour la **station aval en 2021**.

Le même mécanisme est à l'origine de la variabilité des notes obtenues pour la **station amont en 2019 et 2021**. Les indices résultant des tirages aléatoires couvrent l'intégralité de la classe de qualité « bonne », selon que les espèces rhéophiles et/ou lithophiles sont présentes ou non dans les 90 EPA sélectionnés.

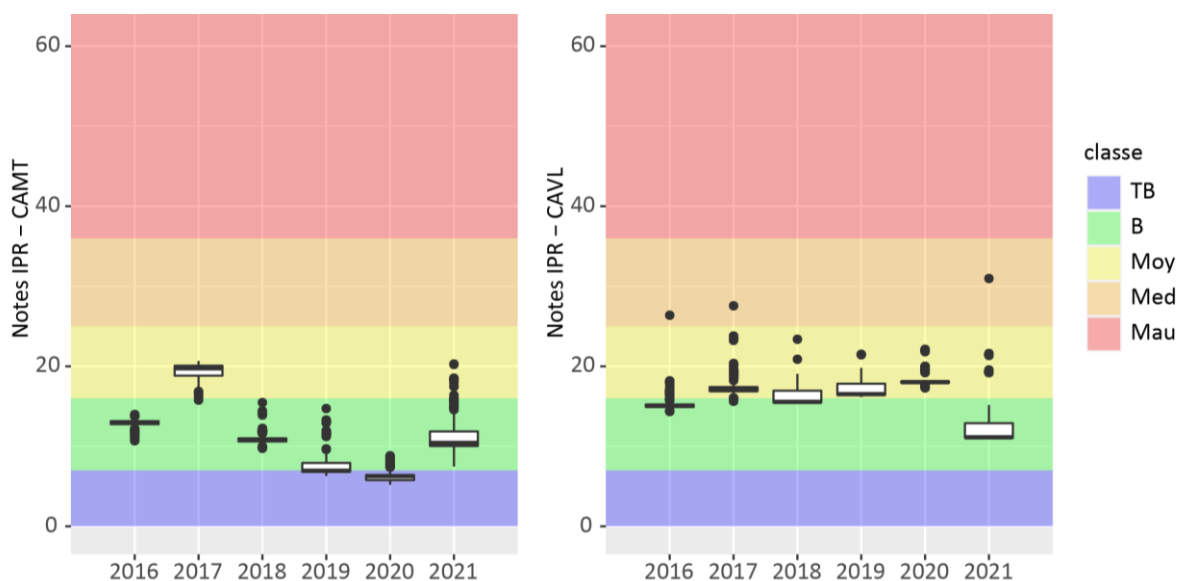


Figure 52 : Distributions de 1000 notes IPR calculées par tirages aléatoires de 90 EPA parmi les 100 réalisés dans chaque station pour les années 2016 à 2021.

En revanche, au-delà du constat de la variabilité intra et interannuelle, ces six années d'application du protocole IPR mettent en évidence une constante concernant la différence inter-station. En effet, sur la base des tirages aléatoires (Figure 52), la station aval enregistre des notes significativement plus élevées que la station amont, classant en moyenne sur six ans la station aval en qualité « moyenne » (IC95% = [16.0 ; 16.1]), et la station amont en qualité « bonne » (IC95% = [11.2 ; 11.5]).

Comparativement aux autres années, les IPR sont similaires et attribuent une bonne qualité pour les deux stations. Il est probable que les hautes eaux du printemps et du début de l'été aient en quelque sorte atténué les effets associés aux contrastes hydrauliques de ce secteur, et contribué à homogénéiser la répartition des espèces à l'échelle de la retenue.

Enfin, il faut rappeler certaines limites connues de l'IPR :

- aucune des métriques prises en compte, récapitulées dans le Tableau XXXIII, n'est basée sur des classes d'âge ou de taille, permettant de rendre compte du recrutement annuel ;
- les métriques de richesses et de densité ne concernent pas toutes les espèces présentes dans le peuplement (le goujon asiatique, en progression sur le secteur, ne fait pas partie des espèces prises en compte dans le calcul de l'IPR ; le silure et la blennie fluviatile, régulièrement capturés, non plus) ;
- l'indice est connu pour être peu sensible à certaines pressions, telles que l'hydrologie ou la qualité de l'eau, jouant pourtant un rôle prépondérant dans la structure des peuplements sur le secteur étudié (via le régime hydrologique, notamment) ;
- certains descripteurs utilisés dans la modélisation des conditions de référence (Tableau XXXI) sont très fortement influencés par les aménagements (notamment la largeur, la profondeur et la pente du cours d'eau).

10.3.3. Conditions de référence pour le calcul de l'IPR+

A partir des résultats des pêches par EPA, le calcul de l'indice **IPR+** a également été réalisé, en utilisant les caractéristiques environnementales requises pour ce nouvel indice (Tableau XXXIV). A l'exception des paramètres SBV, LAR et PENT, les descripteurs de l'environnement ont été obtenus à partir de couches SIG mises à disposition à l'adresse suivante : <https://see.eaufrance.fr/> (Outil de diagnostic > IPRplus > version 1.0.5 - partie « Documentation », puis « Jeu de données de référence »).

Ces dix descripteurs de l'environnement (Tableau XXXIV), permettent de modéliser les métriques fonctionnelles théoriques caractérisant le peuplement de chaque site dans les conditions de référence. Ce sont les écarts entre les caractéristiques du **peuplement observé** et les **caractéristiques prédites** pour ce peuplement en conditions de référence qui constituent l'indice IPR+.

Tableau XXXIV : Caractéristiques environnementales nécessaires pour le calcul de l'IPR+

Paramètre	Abréviation	Cruas Amont	Cruas Aval
Surface du bassin versant drainé en km ²	SBV	70118	70238
Typologie du régime hydrologique	REG4_GV	reg_pn	reg_pn
Type de formation géologique dominante (BV amont)	GEOL	c	c
Unité hydrographique (nomenclature sandre 694)	BASSIN	H7	H7
Largeur moyenne en eau en mètres	LAR	250	500
Pente du cours d'eau en m/km	PENT	0.05	0.05
Température moyenne interannuelle en °C (air BV)	TEMP_MEAN_BV	11.8869	12.3237
Précipitation moyenne interannuelle en mm (BV amont)	PREC_MEAN_BV	766.019	717.632
Amplitude thermique interannuelle maximale en °C (air station)	TEMP_AMPL_STA	18.1106	18.2854
Température moyenne interannuelle de l'année en °C (air station)	TEMP_MEAN_STA	13.7271	12.8210

Les différentes métriques utilisées pour le calcul de l'IPR+ font intervenir une catégorisation des espèces selon leurs traits fonctionnels (cf. Annexe XXIX pour la liste des espèces et des guildes auxquelles elles appartiennent) (PONT et al., 2013; MARZIN et al., 2014).

Les écarts aux valeurs prédites peuvent être positifs ou négatifs. Une transformation est donc appliquée afin de rendre tous les écarts de même signe. Puis, les métriques sont standardisées et transformées en EQR - Ecological Quality Ratio - (EUR-Lex, 2000)) de sorte que chacune des valeurs observées varie entre 0 et 1, traduisant un écart plus ou moins important aux valeurs attendues en conditions de référence.

Selon la zone typologique piscicole (HUET, 1954), le calcul de l'IPR+ fait intervenir 10 ou 11 métriques fonctionnelles :

- Richesse absolue des espèces à tolérance générale (EauGeneral.TOL) ;
- Richesse absolue des espèces sténothermes (EauTemp.TOL) ;
- Richesse absolue des espèces à habitat de reproduction lentique (HabRepro.LIPAR) ;
- Richesse absolue des espèces omnivores (Troph.OMNI) ;
- Richesse « relative » des espèces à intolérance générale (EauGeneral.INTOL) ;
- Richesse « relative » des espèces oxyphiles (EauO2.O2INTOL) ;
- Richesse « relative » des espèces limnophiles (Hab.LIMNO) ;
- Abondance « relative » des espèces oxyphiles (EauO2.O2INTOL) ;
- Abondance « relative » des espèces habitat intolérantes (HabGlob.HINTOL) ;
- Abondance « relative » des espèces à habitat de reproduction lotique (HabRepro.RHPAR) ;
- Abondance « relative » des juvéniles de truites (zones ombre et truite)

Dans notre cas (« zone à brème »), 10 métriques seulement sont prises en compte ; l'abondance des juvéniles de truites ne constituant pas une métrique pertinente étant donné la faible abondance de cette espèce (par ailleurs absente des pêches par EPA sur le site).

Par la suite le calcul de l'IPR+ se fait en conservant uniquement les métriques présentant les plus grands écarts aux valeurs de référence (valeurs les plus basses), c'est à dire deux des 3 à 4 métriques d'abondance, et quatre des 7 métriques de richesse. Ainsi, l'agrégation des EQR en IPR+ comporte toujours six métriques. Ces métriques pouvant être différentes d'un site à l'autre, comme d'une campagne à une autre. Au final, l'IPR+ correspond à la moyenne des métriques d'abondance et des métriques de richesse sélectionnées. Cette moyenne est réalisée à partir de 10000 simulations générées par tirage aléatoire par implémentation du calcul dans un cadre bayésien (MARZIN et al., 2014).

Les valeurs annuelles des 10 EQR intervenant dans le calcul de l'IPR+ sont récapitulées dans le Tableau XXXV pour chaque station, amont et aval, du CNPE de Cruas.

Tableau XXXV : Valeurs des dix EQR relatives aux métriques prises en compte pour le calcul de l'IPR+. Pour chaque campagne, les six métriques les plus déclassantes (2 métriques d'abondance et 4 métriques de richesse) sont surlignées en jaune clair.

	Cruas Amont						Cruas Aval					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EQR.ric.brute.EauGeneral.TOL	0.813	0.813	0.801	0.727	0.727	0.507	0.752	0.800	0.811	0.739	0.800	0.811
EQR.ric.brute.EauTemp.STTHER	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557
EQR.ric.brute.HabRepro.LIPAR	0.261	0.261	0.166	0.166	0.166	0.026	0.311	0.311	0.311	0.138	0.138	0.222
EQR.ric.brute.Troph.OMNI	0.717	0.800	0.717	0.717	0.717	0.470	0.673	0.762	0.673	0.673	0.762	0.673
EQR.ric.offset.EauGeneral.INTOL	0.464	0.494	0.558	0.583	0.525	0.377	0.720	0.691	0.662	0.592	0.662	0.592
EQR.ric.offset.EauO2.O2INTOL	0.122	0.082	0.523	0.507	0.518	0.497	0.533	0.527	0.521	0.511	0.521	0.511
EQR.ric.offset.Hab.LIMNO	0.294	0.257	0.283	0.327	0.226	0.064	0.391	0.353	0.305	0.303	0.305	0.190
EQR.abond.offset.EauO2.O2INTOL	0.523	0.751	0.570	0.725	0.536	0.432	0.859	0.835	0.802	0.897	0.885	0.776
EQR.abond.offset.HabGlob.HINTOL	0.493	0.610	0.441	0.611	0.527	0.477	0.771	0.743	0.580	0.602	0.815	0.809
EQR.abond.offset.HabRepro.RHPAR	0.042	0.301	0.187	0.087	0.074	0.332	0.559	0.688	0.512	0.701	0.537	0.335

Pour les deux stations, deux métriques de richesse sont systématiquement incluses dans le calcul : la richesse brute des espèces à reproduction lentique (HabRepro.LIPAR) et la richesse « relative » des espèces limnophiles (Hab.LIMNO). Pour ces deux métriques, les écarts représentent un déficit d'espèces limnophiles par rapport à l'attendu en conditions de référence (Annexe XXX), ce qui apparaît être une conséquence logique de l'artificialisation du fleuve et de la perte des annexes fluviales caractérisant le secteur.

Une métrique d'abondance est également sélectionnée tous les ans pour les deux stations. Il s'agit de l'abondance relative des individus rhéophiles dont les écarts à l'attendu en conditions de référence traduit une surreprésentation des individus à habitat de reproduction lotique (HabRepro.RHPAR, cf. Annexe XXX).

Concernant les autres métriques, l'interprétation est moins évidente. On peut cependant noter une surreprésentation en termes d'abondance des individus oxyphiles (EauO2.O2INTOL) sur la station amont par rapport à la station aval, qui pourrait être liée aux caractéristiques plus lotiques de ce secteur.

10.3.4. Calcul de l'incertitude associée à l'IPR+

Afin d'illustrer l'incertitude associée au calcul de l'IPR+, les 10 000 simulations dont sont issus les indicateurs annuels sont représentées en Figure 53.

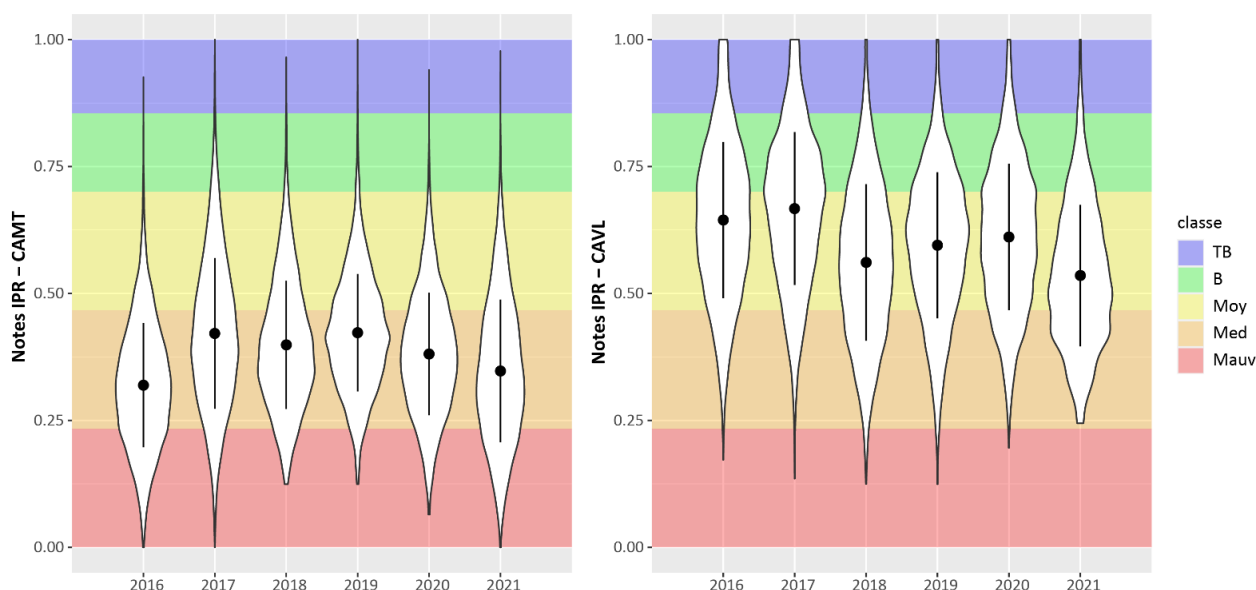


Figure 53 : Distributions des notes IPR+ obtenues à partir de 10 000 simulations des métriques d'abondance et de richesse sélectionnées pour chaque campagne. Pour chaque année, le point représente la moyenne de ces 10 000 itérations (c'est-à-dire la note IPR+) et la barre verticale représente l'écart-type de chaque distribution.

Cette incertitude s'exprime de deux manières :

- par un **écart type** décrivant la dispersion des 10 000 valeurs simulées (cf. barres verticales sur la Figure 53) autour de la moyenne qui, elle, correspond à l'**indicateur IPR+** (cf. points sur la Figure 53) (valeurs numériques dans le Tableau XXXVI) ;
- et par une **probabilité** pour cet indicateur d'appartenir aux différentes classes de qualité (Tableau XXXVI).

Tableau XXXVI : Probabilité (exprimée en pourcentage) pour l'IPR+ d'appartenir aux 5 classes de qualité. Pour chaque campagne, sont indiquées sur les trois dernières lignes, la moyenne et l'écart type caractérisant la distribution des 10000 valeurs simulées, ainsi que la classe de qualité correspondante.

Classe	bornes IPR+	Cruas Amont						Cruas Aval					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1. Très bon	> 0.855	0.02	0.32	0.11	0.14	0.03	0.02	8.72	10.28	2.82	2.88	4.52	1.84
2. Bon	] 0.70 - 0.855]	0.28	3.69	1.40	1.47	0.7	0.89	28.54	33.43	16.59	21.42	24.46	11.49
3. Moyen	] 0.467 - 0.70]	11.54	32.14	25.97	31.49	22.57	21.11	50.02	45.82	52.09	56.98	53.94	52.61
4. Médiocre	] 0.233 - 0.467]	63.40	54.58	64.17	63.13	66.21	57.64	12.56	10.27	27.32	18.05	16.94	34.06
5. Mauvais	≤ 0.233	24.76	9.27	8.35	3.77	10.49	20.34	0.16	0.20	1.18	0.67	0.14	0
	IPR+	0.319	0.421	0.399	0.423	0.381	0.356	0.645	0.667	0.561	0.595	0.611	0.535
	ecart-type	0.122	0.148	0.126	0.116	0.121	0.142	0.154	0.150	0.154	0.144	0.144	0.139
	Qualité	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy

Globalement, toutes les moyennes obtenues (notes IPR+) sont inférieures à la borne état Moyen/Bon état (0.70), révélant un **état relativement dégradé des peuplements** par rapport à celui attendu en conditions de référence.

Pour les deux stations, l'IPR+ montre également une **importante incertitude** autour de ces valeurs moyennes (Figure 53, Tableau XXXVI). Ceci est particulièrement visible pour deux campagnes qui obtiennent des notes IPR+ proches d'une borne entre deux classes : « CAMT 2017 » et « CAVL 2017 », avec des moyennes de 0.421 et 0.667 respectivement, pour des limites de classe à 0.467

(borne entre les classes 3 et 4) et 0.700 (borne entre les classes 2 et 3) respectivement. En effet, pour la station amont en 2017, le risque d'erreur en classant le site en état Médiocre est élevé (environ 36% des notes simulées appartiennent aux classes de qualité supérieures). Il en est de même, pour la station aval en 2017 qui est classée en état Moyen alors que près de 44% des notes sont distribuées dans les classes de qualité supérieures.

La représentation des distributions des notes IPR+ obtenues à partir de 10 000 simulations (Figure 53) met en évidence l'hétérogénéité des notes en fonction des itérations pour une même campagne. Par ailleurs, cette relative instabilité de l'indice s'explique aussi par le niveau de pressions anthropiques sur la retenue de Montélimar. En effet, il a été identifié, lors de sa mise au point, que l'indice IPR+ présente une plus grande incertitude pour les sites moyennement impactés que pour les sites peu impactés ou fortement impactés (classes 1 et 5, i.e. Très bon état ou Mauvais état) (PONT et al., 2013). Cette tendance vers une incertitude significativement plus grande de l'IPR+ pour les niveaux de perturbation intermédiaires pourrait de plus être amplifiée par les transformations nécessaires à la mise en EQR qui contraignent les notes entre 0 et 1.

Pour conclure, les notes obtenues ne permettent pas vraiment de distinguer de différence de qualité de peuplement entre les stations amont et aval du site, si ce n'est des notes légèrement plus élevées à l'aval (qualité Moyenne) qu'à l'amont (qualité Médiocre) du CNPE. Il faut cependant retenir l'importante incertitude associées à cet indicateur qui, par ailleurs, tend à révéler une qualité « moyenne » à « médiocre » des peuplements au niveau du CNPE de Cruas.

Enfin, il est à noter que le nouvel indice IPR+ est plus sévère que l'indice IPR correspondant à la norme NF T90-344 (2011), notamment en ce qui concerne la station amont. En effet, l'IPR+ classe la station amont en qualité « médiocre » alors que l'ancien indice la classait en qualité « bonne ». En revanche, les indices ressortent plus en accord pour la station aval, la classant tous deux en qualité « moyenne ».

10.4. Conclusion

En se référant à l'ensemble des campagnes de pêches réalisées depuis 1983 sur les stations Amont et Aval, en considérant le référentiel taxonomique de 2021, le peuplement piscicole de la retenue de Montélimar est caractérisé par la présence de **38 espèces** réparties au sein de **19 familles**. Neuf espèces de l'ancienne famille des cyprinidés, appartenant aux familles des Cyprinidae (barbeau fluviatile), Gobionidae (goujon et goujon asiatique) et Leuciscidae (ablette, gardon, chevaine, brème bordelière, hotu et spirin) comptent parmi les plus abondantes (>1%) et représentent plus de 92% des effectifs. Pour la longue période considérée, trois Leuciscidae euryèces dominent largement les captures : l'ablette (35,7%), le gardon (20,3%) et le chevaine (18,9%), et vingt-sept espèces sont peu abondantes (< 1%). Par ailleurs, il est important de signaler la présence de douze espèces allochtones parmi les dix-sept signalées sur le bassin du Rhône. Il a cependant été vu que cette représentativité moyenne des espèces sur la chronique est loin d'être celle qui est actuellement observée.

Bien que le fond faunistique régional soit identique pour l'ensemble du tronçon, des habitats différents ou/et un fonctionnement hydraulique et thermique distinct, consécutifs à l'artificialisation se traduisent par des spécificités locales des assemblages de poissons propres à

chacune des stations. Le principal effet réside dans le gradient hydraulique créé par la présence des ouvrages hydro-électriques.

Au niveau de la station **Amont**, la pente locale encore importante assure des vitesses élevées du courant. Cette station abrite un assemblage piscicole d'un chenal unique et rapide (barbeau fluviatile, loche franche, spiralin, chabot, vairon, truite) ainsi que des espèces typiques du Rhône non régulé (blageon, toxostome). Des espèces introduites sont également bien représentées comme le silure.

A l'inverse, du fait de sa localisation dans la retenue, la station **Aval** est caractérisée par des vitesses d'écoulement ralenties et regroupe préférentiellement des espèces inféodées aux espaces limniques (rotengle, tanche, carpe, brème commune, épinouche) ainsi que des espèces allochtones (goujon asiatique, carassin argenté, grémille).

Les conditions hydroclimatiques très particulières de l'année 2021, notamment au cours du printemps et de l'été, ont cependant permis à des espèces à reproduction printanière précoce de réaliser leur fraie pendant la période d'étiage du mois d'avril. C'est le cas du hotu dont quelques juvéniles de l'année ont été capturés dès le mois de mai. Il faut noter la réapparition de jeunes gardons après plusieurs années de quasi-absence. Les captures du goujon asiatique ont été très importantes et placent désormais cette espèce parmi les dominantes au sein du peuplement piscicole.

Enfin, les pêches par EPA, réalisées tardivement les 22 et 23 novembre 2021, ont permis d'échantillonner 14 espèces (404 individus) à l'amont et 14 espèces (246 individus) à l'aval, pour une richesse totale de 19 espèces. Le calcul de l'IPR a attribué une qualité « bonne » à l'amont comme à l'aval pour la campagne 2021. En revanche, le nouvel indice IPR+, plus sévère que le précédent, classe la station amont en qualité « médiocre » et la station aval en qualité « moyenne ».

11. CONCLUSION GENERALE

Le suivi hydrobiologique du Rhône au droit du Centre Nucléaire de Production Electrique de Cruas-Meysses a débuté en 1982. Cette chronique donne un recul important sur deux compartiments biologiques échantillonnés selon les mêmes méthodes depuis les premières études : les macroinvertébrés benthiques et les peuplements piscicoles. Ce recul rend possible une analyse comparative des observations annuelles en regard de la variabilité interannuelle passée, en partie expliquée, mais également de les replacer dans un contexte global d'anthropisation, fortement impacté par les évolutions climatiques actuelles et l'arrivée continue d'espèces nouvelles d'origine allochtone.

Les assemblages faunistiques ont évolué de manière progressive sous l'influence de l'augmentation de la température à compter de la fin des années 1980. Un saut très sensible est apparu au début des années 2000, notamment à la suite de la canicule de l'été 2003 et de la forte crue hivernale qui l'a suivie. Ces épisodes extrêmes ont affecté les assemblages faunistiques soit par élimination et/ou réduction des abondances des taxons intolérants, soit par la dispersion vers l'aval depuis le bassin versant de la Saône de nouvelles espèces allochtones et euryèces en provenance du bassin du Danube, ayant transitées par les jonctions inter-bassins. Dans un contexte fluvial fortement anthropisé offrant par ailleurs des conditions thermiques et hydrauliques de plus en plus favorables aux espèces tolérantes et thermophiles, les peuplements se banalisent à large échelle et apparaissent de plus en plus dominés par un cortège d'espèces nouvelles, suffisamment compétitives pour éliminer des espèces introduites anciennes.

En France métropolitaine, avec une température moyenne annuelle de l'air de 12,9°C, de +0,4°C supérieure à la moyenne de référence 1981-2010, l'année 2021 a été globalement plus proche de la normale. Mais elle a été extrêmement contrastée, alternant des périodes douces et froides en toute saison. Les mois de février, juin et septembre, ont été classés parmi les dix plus chauds depuis 1900. La température moyenne de septembre 2021 contribue à cette progressive extension automnale de la période chaude conjointe à de faibles débits.

L'année hydrologique (d'octobre 2020 à octobre 2021) a été caractérisée par trois épisodes de crues avec dépassement du seuil de crue biennale ($4000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) : en janvier, en mai et en juillet. La longue période de hautes eaux de mai à la mi-août a sensiblement modifié le profil thermique de cette saison. En 2021, les températures fluviales en amont du CNPE ont ainsi oscillé entre un minima et un maxima proches des quantiles 5% (5,8°C) et 95% (23,2°C) de ces deux dernières décennies (2000-2021), donc sans températures extrêmes, que ce soit en période froide ou chaude.

L'ensemble des résultats d'analyses physico-chimiques 2021 confirme les caractéristiques minérales de l'eau du Rhône et les fluctuations saisonnières signalées dans le rapport de la synthèse décennale (CARREL et al., 2018).

Aucun des paramètres physico-chimiques mesurés en 2021 ne met en évidence de différence de qualité d'eau entre l'amont et l'aval.

Les **quatre compartiments biologiques** étudiés en 2021 : (1) phytobenthos/phytoplancton, (2) macrophytes, (3) macrofaune benthique et (4) faune piscicole, ont permis de fournir des notes indicelles de qualité biologique (Tableau XXXVII).

Les valeurs de l'IBD indiquent une classe de qualité biologique bonne en station amont au mois de septembre et passable aux stations amont (juin 2021) et aval (juin et septembre 2021) avec une eutrophisation modérée pour l'ensemble des quatre relevés. (Tableau XXXVII A-B-C).

Tableau XXXVII - Regroupement des notes de qualité obtenues à partir des quatre compartiments biologiques. IBD : Indice Biologique Diatomées. IPS : Indice de Polluo-Sensibilité Spécifique. IBMR : Indice Biologique Macrophytique en Rivière. IQBP : Indice de Qualité Biologique Potentielle (maximisé). IQBG : Indice de Qualité Biologique Globale (maximisé). IBG : Indice Biologique Global (estimé). IPR : Indice Poisson Rivière. Les couleurs attribuées aux IQBP sont basées sur celles des notes IBGN (Norme NF T90-350). Bleu : état Très bon. Vert : état Bon. Jaune : état Moyen. Orange : état Médiocre. Rouge : état Mauvais.

Compartiment biologique		Amont	Aval
A	Phytobenthos (IBD) – 26 juin 2021 Qualité biologique	12,8 Passable	12,9 Passable
	Phytobenthos (IBD) – 6 sept. 2021 Qualité biologique	13,6 Bonne	12,5 Passable
B	Phytobenthos (IPS) – 26 juin 2021	12,4	12,4
	Phytobenthos (IPS) – 6 sept. 2021	12,7	12,9
C	Proportion de cyanophytes - 26 juin 2021 Classe de qualité biocénose	Bonne	Passable
C	Proportion de cyanophytes - 6 sept. 2021 Classe de qualité biocénose	Bonne	Bonne
D	Note IBMR – 23 septembre 2021 Niveau trophique de l'eau	8,25 Fort	6,71 Très élevé
E	Invertébrés (IQBP maximisé) – 21 juin 2021 Qualité	11/20	3/20
	Invertébrés (IQBP maximisé) – 11 octobre 2021 Qualité	8/20	5/20
	Invertébrés (IQBG maximisé) – 21 juin 2021 Qualité	5/20	3/20
	Invertébrés (IBG maximisé) – 11 octobre 2021 Qualité	7/20	8/20
	Invertébrés (IBG) – 21 juin 2021 Qualité	10/20	5/20
	Invertébrés (IBG) – 11 octobre 2021 Qualité	10/20	6/20
F	Poissons (IPR) novembre	10.0 Etat BON	11.1 Etat BON
	Poissons (IPR+) novembre	0.356 ± 0.142 Etat MEDIOCRE	0.535 ± 0.139 Etat MOYEN

Comme évoqué précédemment, les **suis floristiques de la végétation aquatique** (IBMR) conduits lors de cette campagne 2021 ont mis en évidence des niveaux de trophie « fort » en amont et

« très élevé » en aval du CNPE respectivement (Tableau XXXVII-D), traduisant une qualité du milieu « Mauvaise ».

Concernant le suivi de la **faune benthique** (Tableau XXXVII-E), la meilleure note a été obtenue en juin sur la station Amont (qualité « Bonne»). Cette note, supérieure à celle des autres prélèvements, est exclusivement due à la présence d'un individu unique et rare d'une larve de Plécoptères de la famille des Leuctridae. Notons que la qualité biologique du système est dégradée, mais ne peut être replacée dans une grille de qualité normalisée. En effet, les indices (IQBP, IQBG et IBG) ne suivent pas les protocoles de prélèvements et de calculs normalisés.

Cette année, les résultats sont légèrement inférieurs à ceux de 2020 pour les IQBP maximisés excepté à l'amont au printemps. La moyenne des IBG est meilleur en amont et plus faible en aval comparativement à 2020. Non obtenus par le protocole requis, les indices IBG indiquent des notes « Mauvais » à « Moyen », synonymes d'un niveau de pollution fort. Ces notes IBG confirment une altération globale du système particulièrement marquée depuis le début des années 2000. Cette tendance apparaît directement liée à l'arrivée massive des espèces invasives et exotiques, exacerbée à la fois par les événements hydroclimatiques 2003 (canicule puis fortes crues) et la modification continue des conditions climatiques.

Les deux stations restent, en revanche, assez homogènes entre elles. La qualité biologique légèrement supérieure à l'Amont est vraisemblablement le fait d'une plus grande diversité hydraulique et des habitats à l'amont de la retenue de Montélimar comparativement à l'aval, beaucoup plus lentique et homogène.

Enfin, depuis six ans, la réalisation de pêches par EPA permet d'évaluer la qualité du milieu à partir des **peuplements piscicoles**. Pour l'année 2021, le calcul de l'IPR attribue une qualité « Bonne » à pour les deux stations (Tableau XXXVII-F).

En revanche, au-delà du constat de la variabilité intra et interannuelle, ces six années d'application du protocole IPR mettent en évidence une constante concernant la différence inter-station. En effet, la station aval enregistre des notes significativement plus élevées que la station amont, classant en moyenne sur six ans la station aval en qualité « moyenne » (IC95% = [16.0 ; 16.1]), et la station amont en qualité « bonne » (IC95% = [11.2 ; 11.5]).

Les différences amont/aval, identifiées à partir des compartiments biologiques, sont globalement attribuées à une disparité en termes de diversité d'habitats, elle-même conditionnée par le contexte hydraulique de chaque station et les évolutions climatiques. Cette prédominance des effets consécutifs à l'aménagement hydroélectrique du fleuve et aux activités anthropiques existantes en amont ne nous permet pas d'isoler les effets spécifiques et potentiels qui pourraient être attribués au fonctionnement du CNPE.

12.ANNEXES

12.1. La physico-chimie

Annexe I : Résultats physico-chimiques

Lieu : RHONE CRUAS

échantillonnage terrain coffrac selon la norme =

T90-520 EN ISO 19458

Date :

station

Accréditation
Coffrac

			3/02/2021		7/04/2021		3/06/2021		6/07/2021	
			Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	chlorophylle	
mesures bimensuelles			bimensuel		bimensuel+bisemestriel + chlorophylle		bimensuel + chlorophylle			
Heure de prélèvement	terrain - in situ	non	10:30	10:00	10:10	9:30	10:50	10:20	10:30	10:10
Température de l'eau (°C)	PRESTALAB-LAE-MO-33	oui	8.7	8.6	11.0	11.2	18.4	19.4		
Oxygène dissous en mg/l	terrain - in situ	non	12.71	12.39	10.81	11.19	9.21	9.71		
Taux de saturation %	terrain - in situ	non	109.9	107.4	97.9	102.5	98.2	105.6		
Examen physique chimique			LABO		non					
pH	NF EN ISO 10523	oui	8.0	8.0	8.2	8.4	8.1	8.2		
Température de mesure du pH (°C)	NF EN ISO 10523	non	21.9	21.7	18.1	18.2	20.5	20.5		
Oxydabilité (mg O2/L) ou Indice permanganate (mg/L)	NF EN ISO 8467	oui	4.6	4.3	1.9	2.2	1.7	1.4		
DBO5 (mg(O2)/L)	NF EN ISO 5815-1	oui	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
St-DCO (mg/L O2)	ISO 15705	oui	33	62.0	<20	<20	<20	<20		
COD (mg(C)/L)	NF EN 1484	non	2.3	2.0	2.3	2.1	1.8	2.3		
Conductivité (µS/cm à 25°C)	NF EN 27888	oui	378	380	440	451	426	416		
Matières en suspension - MES (mg/L)	NF EN 872	oui	250	260	6	42	27	20		
Turbidité formazine néphélobimétrie (FNU)	NF EN ISO 7027-1	oui	170	160	5	22	22	20		
Silicates solubles en mg/l Si	NF ISO 15923-1	oui	2.02	2.03	0.73	0.81	2.20	2.17		
Phosphore total (mg/L P)	NF EN ISO 17294-2	oui	0.23	0.21	0.06	0.09	0.11	0.09		
Orthophosphates en mg/l PO4	NF EN ISO 10304-1	non	0.05	0.04	0.04	0.04	0.10	0.10		
Ammonium (mg/L NH4)	NF ISO 15923-1	oui	0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	0.06		
Azote Kjeldahl (mg/L N)	NF EN 25663	oui	1.0	0.8	0.7	<0.5	0.53	0.50		
Nitrates (mg/L NO3)	NF EN ISO 10304-1	oui	7.3	7.4	6.5	6.5	6.1	6.2		
Nitrites (mg/L NO2)	NF EN ISO 10304-1	non	<0.01	<0.01	0.06	0.05	0.10	0.09		
Chlorophylle a (µg/L)	NF T 90-117	oui			3.7	4.1	0.5	0.4	0.8	1.1
Phéopigments (µg/L)	NF T 90-117	oui			1.3	2.5	0.4	0.5	0.6	1.2
mesures semestrielles										
Hydrogencarbonates calculés (mg/l HCO3)	NF EN ISO 9963-1	oui			184	181				
Chlorures (mg/L Cl)	NF EN ISO 10304-1	oui			16	16				
Sulfates (mg/l SO4)	NF EN ISO 10304-1	oui			45	53				
Carbonates (mg/L)	NF EN ISO 9963-1	non			<24	<24				
Titre hydrométrique (TH)/Dureté totale °f	méthode interne	non			19.84	21.19				
Titre Alcalimétrique Complet (TAC) °f	méthode interne	non			15.08	15.16				
Calcium (mg/L Ca)	NF EN ISO 11885	non			68.2	74.5				
Magnésium (mg/L Mg)	NF EN ISO 11885	non			6.7	6.15				
Potassium (mg/L K)	NF EN ISO 11885	non			1.09	2.16				
Sodium (mg/L Na)	NF EN ISO 11885	non			10.50	9.13				

Lieu : RHONE CRUAS

échantillonnage terrain coffrac selon la norme = T90-520 EN ISO 19458

Date :
station
Accréditation
Coffrac

			3/08/2021		1/09/2021		6/10/2021		2/12/2021	
			Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
mesures bimensuelles			bimensuel+bisemestriel + chlorophylle		chlorophylle		bimensuel + chlorophylle		bimensuel	
Heure de prélèvement	terrain - in situ	non	11:30	11:00	11:00	10:40	11:00	10:30	9:00	9:30
Température de l'eau (°C)	PRESTALAB-LAE-MO-33	oui	21.0	21.7			16.6	16.9	8.9	8.7
Oxygène dissous en mg/l	terrain - in situ	non	8.60	9.20			9.0	9.4	10.9	11.3
Taux de saturation %	terrain - in situ	non	97.9	105.7			92.4	97.1	96.4	98.3
Examen physique chimique			LABO							
pH	NF EN ISO 10523	oui	8.0	8.1			8.0	8.1	8.1	8.2
Température de mesure du pH (°C)	NF EN ISO 10523	non	19.6	19.6			15.2	14.9	15.7	15.6
Oxydabilité (mg O2/L) ou Indice permanganate (mg/L)	NF EN ISO 8467	oui	2.7	1.8			3.1	3.6	1.5	1.2
DBO5 (mgO2/L)	NF EN ISO 5815-1	oui	<1	<1			<1	<1	1.5	1.0
St-DCO (mg/L O2)	ISO 15705	oui	<20	<20			<20	<20	<20	<20
COD (mg(C)/L)	NF EN 1484	non	1.5	1.7			3.1	2.4	1.6	1.8
Conductivité (µS/cm à 25°C)	NF EN 27888	oui	394	388			401	406	461	470
Matières en suspension - MES (mg/L)	NF EN 872	oui	15	34			46	48	7.4	6.0
Turbidité formazine néphélométrique (FNU)	NF EN ISO 7027-1	oui	12	29			32	34	6.5	5.1
Silicates solubles en mg/l Si	NF ISO 15923-1	oui	1.8	1.7			2.41	2.24	2.09	2.06
Phosphore total (mg/L P)	NF EN ISO 17294-2	oui	0.06	0.11			0.26	0.22	0.10	0.09
Orthophosphates en mg/l PO4	NF EN ISO 10304-1	non	0.08	0.07			0.26	0.17	0.15	0.13
Ammonium (mg/L NH4)	NF ISO 15923-1	oui	<0.05	<0.05			0.13	0.09	0.09	0.060
Azote Kjeldahl (mg/L N)	NF EN 25663	oui	<0.5	<0.5			<0.5	0.9	0.55	<0.5
Nitrates (mg/L NO3)	NF EN ISO 10304-1	oui	4.8	4.6			6.1	6.0	7.6	7.4
Nitrites (mg/L NO2)	NF EN ISO 10304-1	non	0.02	0.02			0.03	0.03	0.05	0.04
Chlorophylle a (µg/L)	NF T 90-117	oui	1.6	1.7	7.0	6.3	0.8	0.8		
Phéopigments (µg/L)	NF T 90-117	oui	0.4	1.1	0.8	1.6	1.1	1.1		
mesures semestrielles										
Hydrogénocarbonates calculés (mg/l HCO3)	NF EN ISO 9963-1	oui	147	156						
Chlorures (mg/L Cl)	NF EN ISO 10304-1	oui	13	13						
Sulfates (mg/l SO4)	NF EN ISO 10304-1	oui	46	48						
Carbonates (mg/L)	NF EN ISO 9963-1	non	<24	<24						
Titre hydrométrique (TH)/Dureté totale °f	méthode interne	non	14.4	18.0						
Titre Alcalimétrique Complet (TAC) °f	méthode interne	non	12.0	13.0						
Calcium (mg/L Ca)	NF EN ISO 11885	non	49.5	62.2						
Magnésium (mg/L Mg)	NF EN ISO 11885	non	5.00	5.75						
Potassium (mg/L K)	NF EN ISO 11885	non	1.59	1.79						
Sodium (mg/L Na)	NF EN ISO 11885	non	7.80	8.60						

12.2. Le phytobenthos

Annexe II : Listes des taxons contributifs. Les tableaux sont exportés du Logiciel Omnidia.

Amont CRUAS 21 juin 2021

Code	Abd.	%	Dénomination	Sandre	Fam	Genre	IPs	IPsv	TBSyn
ADEU	5	1.3	Achnanthidium eutrophilum (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot	10372	MO	ACHD	3.0	1	
ADMI	31	7.9	Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki	7076	MO	ACHD	5.0	1	
ALAN	4	1.0	Achnanthes lanceolata (Breb.) Grunow	6958	MO	ACHN	4.6	1	PTLA
APED	3	0.8	Amphora pediculus (Kützing) Grunow	7116	NA	AMPH	4.0	1	
AVEN	2	0.5	Amphora veneta Kützing	7122	NA	AMPH	1.0	2	HVEN
COCE	2	0.5	Cyclotella ocellata Pantocsek	8635	CE	CYCL	3.0	1	POCL
CPLA	10	2.5	Cocconeis placentula Ehrenberg var. placentula	12097	MO	COCO	4.0	1	
CPED	12	3.0	Cocconeis pediculus Ehrenberg	7226	MO	COCO	4.0	2	
CAFF	6	1.5	Cymbella affinis Kützing	11432	NA	CYMB	4.0	2	
CTUM	3	0.8	Cymbella tumida (Brebisson)Van Heurck	7375	NA	CYMB	3.0	3	
CCIS	2	0.5	Cymbella cistula (Ehrenberg) Kirchner	7280	NA	CYMB	4.0	3	
CMIN	16	4.1	Cymbella minuta Hilse ex Rabenhorst	7335	NA	CYMB	4.0	2	ENMI
CPRO	6	1.5	Cymbella prostrata (Berkeley) Cleve	7351	NA	CYMB	4.0	3	ELEI
CAMP	1	0.3	Caloneis amphisbaena (Bory de Saint Vincent) Cleve	11477	NA	CALO	2.0	3	
CLAN	2	0.5	Cymbella lanceolata (Agardh) Agardh	11964	NA	CYMB	4.0	2	CNLC
DTEN	2	0.5	Denticula tenuis Kützing	8794	NI	DENT	5.0	1	
DVUL	29	7.4	Diatoma vulgaris Bory	6631	AR	DIAT	4.0	1	
FULN	7	1.8	Fragilaria ulna (Nitzsch.) Lange-Bertalot	6720	AR	FRAG	3.0	1	UULN
FCAP	3	0.8	Fragilaria capucina Desmazieres	6654	AR	FRAG	4.5	1	
GPAR	37	8.9	Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing	14114	NA	GOMP	2.0	1	
GMIN	5	1.3	Gomphonema minutum (Ag.) Agardh	14001	NA	GOMP	4.0	1	
GOLI	16	4.1	Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson	14060	NA	GOMP	4.6	1	
GACU	1	0.3	Gomphonema acuminatum Ehrenberg	7618	NA	GOMP	4.0	2	
NATO	23	5.8	Navicula atomus (Kützing) Grunow	32407	NA	NAVI	2.2	1	MAAT
MVAR	66	16.8	Melosira varians Agardh	8719	CE	MELO	4.0	1	
NCRY	3	0.8	Navicula cryptocephala Kützing	7874	NA	NAVI	3.5	2	
NCTE	18	4.6	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	7881	NA	NAVI	4.0	1	
NCTO	19	4.8	Navicula cryptotenelloides Lange-Bertalot	7882	NA	NAVI	3.5	1	
NLAN	2	0.5	Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg	7995	NA	NAVI	3.8	1	
NSAP	15	3.8	Navicula saprophila Lange-Bertalot & Bonik	8130	NA	NAVI	2.0	1	FSAP
NDIS	1	0.3	Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	8875	NI	NIDI	4.0	3	
NZFT	9	2.3	Nitzschia frustulum(Kützing)Grunow var.tenella Grunow in Van Heurck	8905	NI	NITZ	4.5	1	NIPM
NLIN	2	0.5	Nitzschia linearis (Agardh) W.M.Smith	8955	NI	NITZ	3.0	2	
NPAL	5	1.3	Nitzschia palea (Kützing) W.Smith	8987	NI	NITZ	1.0	3	
RABB	8	2.0	Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	8420	NA	RHOI	4.0	1	
NFRU	1	0.3	Navicula frugalis Husted	7931	NA	NAVI	2.0	1	CSNU
SSEM	14	3.6	Sellaphora seminulum (Grunow) D.G. Mann	8445	NA	SELL	1.5	2	
SOVA	2	0.5	Surirella ovata Kützing	8516	SU	SURI	3.0	2	SBRE
SBRE	1	0.3	Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot	8491	SU	SURI	3.0	2	
CSOL	2	0.5	Cymatopleura solea (Brebisson) W.Smith	7256	SU	CYMA	4.0	2	SULI

Aval CRUAS 21 juin 2021

CODE_OPERATION	DATE	CODE_TAXON	RESULTAT	CODE SANDRE
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	AEUT	1	32375
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	ADMI	3	7076
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	ALAN	1	6958
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	AOVA	17	7111
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	CPLA	6	12097
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	SPUP	4	8444
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	SSEM	19	8445
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	EPRO	5	13227
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NRCS	11	8111
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NRAD	2	8106
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	MVAR	31	8719
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NTPT	14	8190
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	DOBL	7	7406
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	FSAP	17	13689
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	ECPM	4	9449
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	GOLI	3	14060
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	GPAR	21	14114
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	APED	5	7116
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NAMP	7	8820
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	DVUL	104	6631
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	UACU	62	32078
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	RABB	37	8420
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NPAL	11	8987
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NPAE	3	8992
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NDIS	2	8875
RHONE CRUAS AVAL 2021	21/06/2021	NLIN	4	8955

Amont CRUAS 6 septembre 2021

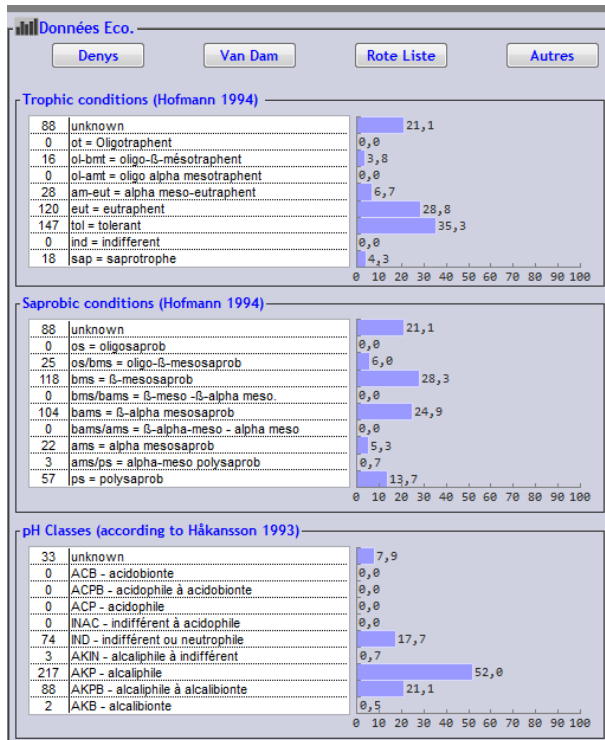
CODE_OPERATION	DATE	CODE_TAXON	RESULTAT	CODE SANDRE
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	AEUT	2	32375
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	AMIN	3	6988
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	ECAE	8	7426
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	COCE	2	8635
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	CMEN	27	8633
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	AOVA	18	7111
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	CPLA	4	12097
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	CPED	7	7226
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	CAFF	13	11432
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	CMIN	3	7335
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	DVUL	127	6631
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	UULN	11	6849
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	UACU	33	32078
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	GOLI	8	14060
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	GPAR	29	14114
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	GYAT	3	7748
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	GTER	2	7731
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	MVAR	45	8719
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NDIS	4	8875
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NPAL	8	8987
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NPAE	3	8992
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	SSEM	3	8445
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	FSAP	12	13689
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NCAP	4	7839
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NCTO	6	7882
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NCTE	3	7881
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	RABB	11	8420
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NCRY	2	7874
RHONE CRUAS AMONT Sept 21	06/09/2021	NTPT	3	8190

Aval CRUAS 6 septembre 2021

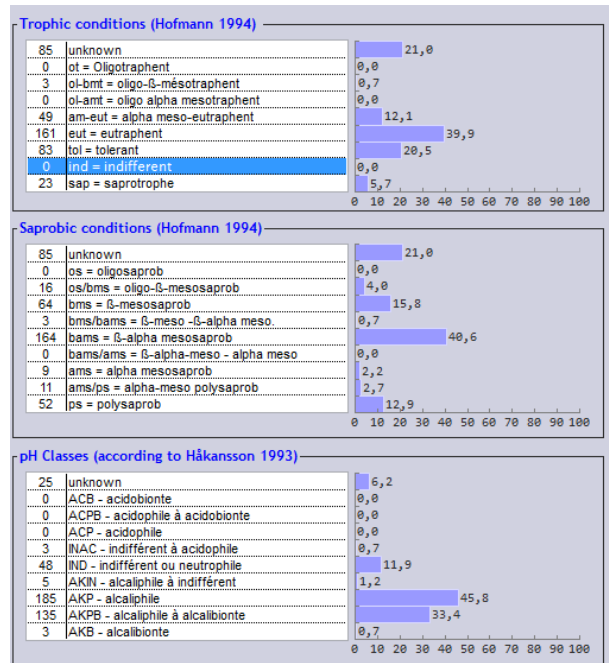
CODE_OPERATION	DATE	CODE_TAXON	RESULTAT	CODE SANDRE
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	AMIN	2	6988
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	EPRO	9	13227
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	AOVA	29	7111
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	ALAN	4	6958
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	APED	3	7116
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	BRUT	2	7150
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	DOBL	3	7406
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	CPLA	4	12097
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	EOMI	5	9419
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	MAPE	5	20686
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	FSAP	12	13689
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NGRE	2	7948
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NCAP	17	7839
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NCTO	7	7882
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NCTE	13	7881
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	MVAR	47	8719
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	UULN	2	6849
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	UACU	11	32078
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NCRY	6	7874
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NLAN	3	7995
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NRCS	14	8111
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NTPT	17	8190
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	SPUP	15	8444
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	SSEM	19	8445
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	ESLE	9	7443
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	ECPM	4	9449
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NPAE	7	8992
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NPAL	8	8987
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	NDIS	11	8875
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	GMIN	10	14001
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	GOLI	8	14060
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	GPAP	36	14114
Rhone Cruas aval sept.21	06/09/2021	RABB	42	8420

Annexe III : Evaluation des niveaux de saprobies et de l'état trophique d'après les taxons contributifs (logiciel Omnidia).

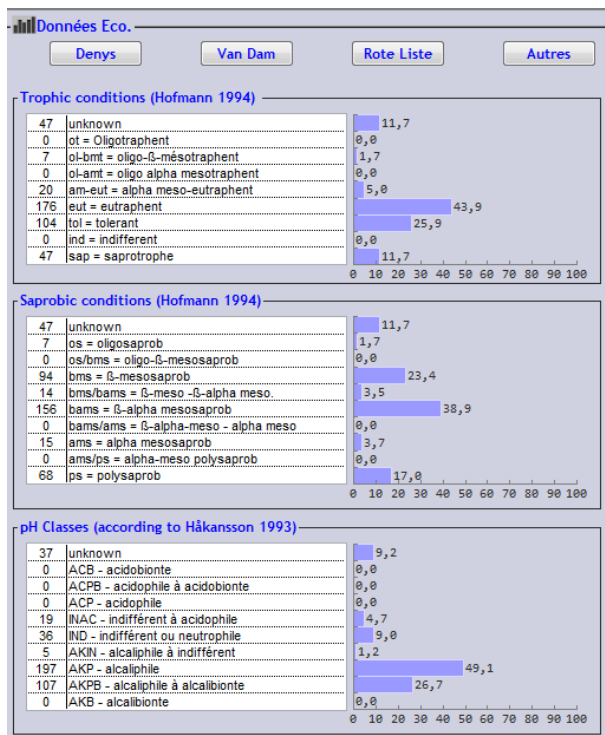
Amont – 21 juin 2021



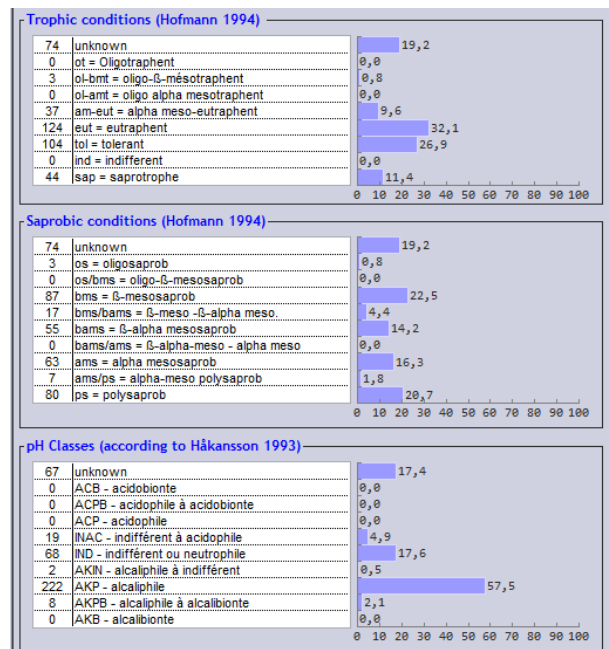
Amont – 6 septembre 2021



Aval – 21 juin 2021



Aval – 6 septembre 2021



Sites Web

PROTOCOLES

Préparation et comptage des diatomées

http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Poster_preparation_comptage_diatom_cle527be1-1.pdf

Focus sur les Diatomées

http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Diatomees_presentation_lab0-A2-VDef9avril2015.pdf

12.3. Les macrophytes

Annexe IV : Résultats bruts des stations IBMR extraits de la base ALISMA



Récapitulatif des relevés - Macrophytes cours d'eau - Alisma v. 1.2.1

Station : RHONE AMONT CNPE Date du relevé : 2021-09-23
 Référence du dossier : Statut : En saisie
 Identifiant unique (UUID) : 1a628350-fad1-4918-b2ae-af53d08480dd
 Organisme : Mosaïque environnement Opérateur : CODE_OP
 Producteur : PRO1 Mathilde Reich
 Préleveur : PRE1 Mathilde Reich
 Déterminateur : DET1 Mathilde Reich
 Relevé hors protocole DCE
 Protocole : IBMR grands cours d'eau
 Observations :
 Localisation géographique :
 Cours d'eau : Le Rhône
 Coordonnées amont : X (L93) : 838161 (wgs84 :) Y (L93) : 6391659 (wgs84 :)
 Coordonnées aval : X (L93) : (wgs84 :) Y (L93) : (wgs84 :)
 Altitude : rive : Longueur : 100 Largeur : 620
 Météo : Ensoleillé Turbidité : moyenne Hydrologie : Moyennes eaux
 Calcul IBMR :
 IBMR : Niveau trophique :
 Robustesse : Niveau trophique :

Taxon associé : Nb taxons avec même EK max :

Coefficients :

Cote spécifique (moy) :	7.77	minimum :	2	maximum :	13
Coef sténo (moy) :	1.94	minimum :	1	maximum :	3

Nombre de taxons :

Hétérotrophes :	0	Algues :	7	Bryophytes :	4
Ptérédiphytes :	0	Phanérogames :	11	Lichens :	0

Totaux :

Nbre total de taxons :	22	Nbre de taxons (contrib) :	18		
Sténo 1 :	4	Sténo 2 :	11	Sténo 3 :	3

Description de l'unité de relevé : Chenal (98%)

Longueur : 100 Largeur : 604 Faciès dominant : Chenal lotique

Échelle : 0 : absent, 1 : < 1%, 2 : < 10%, 3 : < 25%, 4 : < 75%, 5 : >=75%

Type de faciès :

Chenal lentique :	Plat lentique :	Mouille :
Fosse de dissipation :	Chenal lotique :	5 Radier :
Cascade :	Plat courant :	Rapide :
Autre type :		

Profondeur :

< 10cm :	< 50cm :	< 1m : 2	< 2m :	>= 2m : 5
----------	----------	----------	--------	-----------

Vitesse du courant :

< 0,05 m/s :	< 0,2 m/s :	< 0,5 m/s :	< 1 m/s : 2	>= 1 m/s : 5
--------------	-------------	-------------	-------------	--------------

Éclairement :

Très ombragé :	Ombragé :	Peu ombragé :
Éclairé :	1 Très éclairé :	5

Type de substrat :

Vase, limons :	5	Terre, argile, marne, tourbe :	Cailloux, pierres, galets :
Blocs, dalles :	2	Sables, graviers :	Racines, branchages :
Débris organiques :		Artificiels :	



Récapitulatif des relevés - Macrophytes cours d'eau - Alisma v. 1.2.1

Végétalisation :

% surface végétalisée :	15	Périphyton :	Peu abondant	
% végétation flottante :	0	% végétation immergée :	15	
% hélophytes :	0	% hétérotrophes :	0	% algues :
% bryophytes :	0	% ptéridophytes et lichens :	0	12.5

Description de l'unité de relevé : Berges (2%)

Longueur : 100 Largeur : 16 Faciès dominant : Chenal lentique

Échelle : 0 : absent, 1 : < 1%, 2 : < 10%, 3 : < 25%, 4 : < 75%, 5 : >=75%

Type de faciès :

Chenal lentique :	4	Plat lentique :	4	Mouille :
Fosse de dissipation :		Chenal lotique :		Radier :
Cascade :		Plat courant :		Rapide :
Autre type :	2	Bordure		

Profondeur :

< 10cm :	1	< 50cm :	4	< 1m :	5	< 2m :		>= 2m :	
----------	---	----------	---	--------	---	--------	--	---------	--

Vitesse du courant :

< 0,05 m/s :	4	< 0,2 m/s :	4	< 0,5 m/s :		< 1 m/s :		>= 1 m/s :	
--------------	---	-------------	---	-------------	--	-----------	--	------------	--

Éclairément :

Très ombragé :	1	Ombragé :	2	Peu ombragé :	4
Éclairé :	4	Très éclairé :	2		

Type de substrat :

Vase, limons :	4	Terre, argile, marne, tourbe :		Cailloux, pierres, galets :	3
Blocs, dalles :	4	Sables, graviers :		Racines, branchages :	
Débris organiques :	2	Artificiels :			

Végétalisation :

% surface végétalisée :	65	Périphyton :	Abondant	
% végétation flottante :	0.05	% végétation immergée :	65	
% hélophytes :	0	% hétérotrophes :	0	% algues :
% bryophytes :	0.04	% ptéridophytes et lichens :	0	55



Récapitulatif des relevés - Macrophytes cours d'eau - Alisma v. 1.2.1

Taxons

Taxon	cd taxon	cd valid	cd contrib	Sandre	cf	Cote spe	Coef steno	UR1 %	UR2 %
Ceratophyllum demersum	CERDEM	CERDEM	CERDEM	1717	0	5	2	0.83	0.3
Cinclidotus fontinaloides	CINFON	CINFON	CINFON	1320	0	12	2	0	0.005
Cinclidotus riparius	CINRIP	CINRIP	CINRIP	1321	0	13	2	0	0.025
Cladophora sp.	CLASPX	CLASPX	CLASPX	1124	0	6	1	0	0.005
Elodea nuttallii	ELONUT	ELONUT	ELONUT	1588	0	8	2	0.34	1.05
Fontinalis antipyretica	FONANT	FONANT	FONANT	1310	0	10	1	0	0.005
Homoeothrix sp.	HOMSPX	HOMSPX	HOMSPX	6395	0			0	0.0005
Lemna minor	LEMMIN	LEMMIN	LEMMIN	1626	0	10	1	0	0.005
Myriophyllum spicatum	MYRSPI	MYRSPI	MYRSPI	1778	0	8	2	1.9	0.75
Najas major	NAJMAJ	NAJMAM	NAJMAR	31571	0	5	3	0.24	0.005
Nitellopsis obtusa	NIEOBT	NIEOBT	NIEOBT	5272	0			0.12	0
Octodicerias fontanum	OCTFON	FISFON	OCTFON	1303	0	7	3	0	0.005
Phormidium sp.	PHOSPX	PHOSPX	PHOSPX	6414	0	13	2	0	0.005
Potamogeton nodosus	POTNOD	POTNOD	POTNOD	1652	0	4	3	0.06	0.0005
Potamogeton pectinatus	POTPEC	POTPEC	POTPEC	1655	0	2	2	6.2	50
Potamogeton perfoliatus	POTPER	POTPER	POTPER	1656	0	9	2	0.05	0.3
Ranunculus penicillatus	RANPEN	RANPEN	RANPEN	1909	0			0.03	0.25
Rhizoclonium sp.	RHISPX	RHISPX	RHISPX	1125	0	4	2	2.5	10
Schizothrix sp.	SCZSPX	SCZSPX	SCZSPX	6436	0			0	0.031
Spirogyra sp.	SPISPX	SPISPX	SPISPX	1147	0	10	1	0	0.05
Spirodela polyrhiza	SPRPOL	SPRPOL	SPRPOL	1630	0	6	2	0	0.05
Vallisneria spiralis	VALSPI	VALSPI	VALSPI	1598	0	8	2	3	2.5



Récapitulatif des relevés - Macrophytes cours d'eau - Alisma v. 1.2.1

Station : RHONE AVAL CNPE Date du relevé : 2021-09-23

Référence du dossier : Statut : Validé

Identifiant unique (UUID) : 1a628350-fad1-4918-b2ae-af53d08480dd

Organisme : Mosaïque environnement Opérateur : CODE_OP

Producteur : PRO1 Mathilde Reich

Préleveur : PRE1 Mathilde Reich

Déterminateur : DET1 Mathilde Reich

Relevé hors protocole DCE

Protocole : IBMR grands cours d'eau

Observations :

Localisation géographique :

Cours d'eau : Le Rhône

Coordonnées amont : X (L93) : 838161 (wgs84 :) Y (L93) : 6391659 (wgs84 :)

Coordonnées aval : X (L93) : (wgs84 :) Y (L93) : (wgs84 :)

Altitude : rive : Longueur : 100 Largeur : 620

Météo : Ensoleillé Turbidité : moyenne Hydrologie : Moyennes eaux

Calcul IBMR :

IBMR : 6.71 Niveau trophique : très élevé

Robustesse : 6.56 Niveau trophique : très élevé

Taxon associé : MYRSPI Nb taxons avec même EK max :

Coefficients :

Cote spécifique (moy) :	7.77	minimum :	2	maximum :	13
Coef sténo (moy) :	1.94	minimum :	1	maximum :	3

Nombre de taxons :

Hétérotrophes :	0	Algues :	7	Bryophytes :	4
Ptéridophytes :	0	Phanérogames :	11	Lichens :	0

Totaux :

Nbre total de taxons :	22	Nbre de taxons (contrib) :	18		
Sténo 1 :	4	Sténo 2 :	11	Sténo 3 :	3

Description de l'unité de relevé : Chenal (98%)

Longueur : 100 Largeur : 604 Faciès dominant : Chenal lotique

Échelle : 0 : absent, 1 : < 1%, 2 : < 10%, 3 : < 25%, 4 : < 75%, 5 : >=75%

Type de faciès :

Chenal lentique :	Plat lentique :	Mouille :
Fosse de dissipation :	Chenal lotique :	5 Radier :
Cascade :	Plat courant :	Rapide :
Autre type :		

Profondeur :

< 10cm :	< 50cm :	< 1m : 2	< 2m :	>= 2m : 5
----------	----------	----------	--------	-----------

Vitesse du courant :

< 0,05 m/s :	< 0,2 m/s :	< 0,5 m/s :	< 1 m/s : 2	>= 1 m/s : 5
--------------	-------------	-------------	-------------	--------------

Éclaircissement :

Très ombragé :	Ombragé :	Peu ombragé :
Éclairé :	1 Très éclairé :	5

Type de substrat :

Vase, limons :	5	Terre, argile, marne, tourbe :	Cailloux, pierres, galets :
Blocs, dalles :	2	Sables, graviers :	Racines, branchages :
Débris organiques :		Artificiels :	



Récapitulatif des relevés - Macrophytes cours d'eau - Alisma v. 1.2.1

Végétalisation :

% surface végétalisée :	15	Périphyton :	Peu abondant		
% végétation flottante :	0	% végétation immergée :	15		
% hélrophytes :	0	% hétérotrophes :	0	% algues :	2.5
% bryophytes :	0	% ptéridophytes et lichens :	0	% phanérogames :	12.5

Description de l'unité de relevé : Berges (2%)

Longueur : 100 Largeur : 16 Faciès dominant : Chenal lentique

Échelle : 0 : absent, 1 : < 1%, 2 : < 10%, 3 : < 25%, 4 : < 75%, 5 : >=75%

Type de faciès :

Chenal lentique :	4	Plat lentique :	4	Mouille :	
Fosse de dissipation :		Chenal lotique :		Radier :	
Cascade :		Plat courant :		Rapide :	
Autre type :	2	Bordure			

Profondeur :

< 10cm :	1	< 50cm :	4	< 1m :	5	< 2m :		>= 2m :	
----------	---	----------	---	--------	---	--------	--	---------	--

Vitesse du courant :

< 0,05 m/s :	4	< 0,2 m/s :	4	< 0,5 m/s :		< 1 m/s :		>= 1 m/s :	
--------------	---	-------------	---	-------------	--	-----------	--	------------	--

Éclairément :

Très ombragé :	1	Ombragé :	2	Peu ombragé :	4
Éclairé :	4	Très éclairé :	2		

Type de substrat :

Vase, limons :	4	Terre, argile, marne, tourbe :		Cailloux, pierres, galets :	3
Blocs, dalles :	4	Sables, graviers :		Racines, branchages :	
Débris organiques :	2	Artificiels :			

Végétalisation :

% surface végétalisée :	65	Périphyton :	Abondant		
% végétation flottante :	0.05	% végétation immergée :	65		
% hélrophytes :	0	% hétérotrophes :	0	% algues :	10
% bryophytes :	0.04	% ptéridophytes et lichens :	0	% phanérogames :	55



Récapitulatif des relevés - Macrophytes cours d'eau - Alisma v. 1.2.1

Taxons

Taxon	cd taxon	cd valid	cd contrib	Sandre	cf	Cote spe	Coef steno	UR1 %	UR2 %
Ceratophyllum demersum	CERDEM	CERDEM	CERDEM	1717	0	5	2	0.83	0.3
Cinclidotus fontinaloides	CINFON	CINFON	CINFON	1320	0	12	2	0	0.005
Cinclidotus riparius	CINRIP	CINRIP	CINRIP	1321	0	13	2	0	0.025
Cladophora sp.	CLASPX	CLASPX	CLASPX	1124	0	6	1	0	0.005
Elodea nuttallii	ELONUT	ELONUT	ELONUT	1588	0	8	2	0.34	1.05
Fontinalis antipyretica	FONANT	FONANT	FONANT	1310	0	10	1	0	0.005
Homoeothrix sp.	HOMSPX	HOMSPX	HOMSPX	6395	0			0	0.0005
Lemna minor	LEMMIN	LEMMIN	LEMMIN	1626	0	10	1	0	0.005
Myriophyllum spicatum	MYRSPI	MYRSPI	MYRSPI	1778	0	8	2	1.9	0.75
Najas major	NAJMAJ	NAJMAM	NAJMAR	31571	0	5	3	0.24	0.005
Nitellopsis obtusa	NIEOBT	NIEOBT	NIEOBT	5272	0			0.12	0
Octodicerias fontanum	OCTFON	FISFON	OCTFON	1303	0	7	3	0	0.005
Phormidium sp.	PHOSPX	PHOSPX	PHOSPX	6414	0	13	2	0	0.005
Potamogeton nodosus	POTNOD	POTNOD	POTNOD	1652	0	4	3	0.06	0.0005
Potamogeton pectinatus	POTPEC	POTPEC	POTPEC	1655	0	2	2	6.2	50
Potamogeton perfoliatus	POTPER	POTPER	POTPER	1656	0	9	2	0.05	0.3
Ranunculus penicillatus	RANPEN	RANPEN	RANPEN	1909	0			0.03	0.25
Rhizoclonium sp.	RHISPX	RHISPX	RHISPX	1125	0	4	2	2.5	10
Schizothrix sp.	SCZSPX	SCZSPX	SCZSPX	6436	0			0	0.031
Spirogyra sp.	SPISPX	SPISPX	SPISPX	1147	0	10	1	0	0.05
Spirodela polyrhiza	SPRPOL	SPRPOL	SPRPOL	1630	0	6	2	0	0.05
Vallisneria spiralis	VALSPI	VALSPI	VALSPI	1598	0	8	2	3	2.5

Annexe V : Détails des points contacts pour chaque station. Code substrat : vase (V), blocs (B), vase et blocs (VB)

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	myr_spi	cer_dem	pc vegetalises	nb pc
station amont		rd	1	665	1,1	V	1				0	
station amont		rd	2	666	1,2	V	1				0	
station amont		rd	3	667	1,3	V		1			1	
station amont		rd	4	668	1,8	B		4			1	
station amont		rd	5	669	1,8	V		1			1	
station amont		rd	6	671	0,4	V	1				0	
station amont		rd	7	670	1,3	V		4		1	1	
station amont		rd	8	672	0,4	V		2			1	
station amont		rd	9	673	1,3	B	1				0	
station amont		rd	10	674	1,3	B	1				0	
station amont		rd	11	675	0,4	B	1				0	
station amont		rd	12	676	1,2	B	1				0	
station amont		rd	13	677	0,6	B		4			1	
station amont		rd	14	678	0,8	B		4			1	
station amont		rd	15	679	0,6	B		4			1	
station amont		rd	16	680	1,1	BV		5			1	
station amont		rd	17	681	1,2	BV		5			1	
station amont		rd	18	682	0,8	B		5			1	
station amont		rd	19	683	0,8	B		5			1	
station amont		rd	20	684	0,4	B		5			1	
station amont		rd	21	685	0,4	B		1			1	
station amont		rd	22	687	0,4	B		5			1	
station amont		rd	23	688	0,4	B		5			1	
station amont		rd	24	686	0,2	BV		1			1	
station amont		rd	25	689	4	B	1				0	
station amont		rd	26	690	5	B	1				0	
station amont		rd	27	691	6	B	1				0	
station amont		rd	28	692	3	B	1				0	
station amont		rd	29	693	3	B	1				0	
station amont		rd	30	694	4	B	1				0	
station amont		rd	31	695	4	B	1				0	
station amont		rd	32	696	4	B	1				0	
station amont		rd	33	697	3	B	1				0	
station amont		rd	34	698	3	B	1				0	
station amont		rd	35	699	5	B	1				0	
station amont		rd	36	700	5	B	1				0	
station amont		rd	37	701	5	B	1				0	
station amont		rd	38	702	5	B	1				0	
station amont		rd	39	703	5	B	1				0	
station amont		rd	40	704	6	B	1				0	
station amont		rd	41	705	5	B	1				0	
station amont		rd	42	706	4	B	1				0	
station amont		rd	43	707	5	B	1				0	
station amont		rd	44	708	5	B	1				0	
station amont		rd	45	709	5	B	1				0	
station amont		rd	46	710	4	B	1				0	
station amont		rd	47	711	5	B	1				0	
station amont		rd	48	712	4	B	1				0	
station amont		rd	49	713	5	B	1				0	
station amont		rd	50	714	5	B	1				0	
station amont		rd	51	715	4	B	1				0	
station amont		rd	52	716	4	B	1				0	
station amont		rd	53	717	4	B	1				0	
station amont		rd	54	718	4	B	1				0	
station amont		rd	55	719	5	B	1				0	
station amont		rd	56	720	4	B	1				0	
station amont		rd	57	721	5	B	1				0	
station amont		rd	58	722	6	B	1				0	

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	myr_spi	cer_dem	pc vegetalises	nb pc
station amont		rd	59	723	4	B	1				0	
station amont		rd	60	724	4	B	1				0	
station amont		rd	61	725	4	B	1				0	
station amont		rd	62	726	4	B	1				0	
station amont		rd	63	727	4	B	1				0	
station amont		rd	64	728	4,5	B	1				0	
station amont		rd	65	729	4	B	1				0	
station amont		rd	66	730	4	B	1				0	
station amont		rd	67	731	5	B	1				0	
station amont		rd	68	732	4	B	1				0	
station amont		rd	69	733	5	B	1				0	
station amont		rd	70	734	5	B	1				0	
station amont		rd	71	735	5	B	1				0	
station amont		rd	72	736	5	B	1				0	
station amont		rd	73	737	5	B	1				0	
station amont		rd	74	738	4	B	1				0	
station amont		rd	75	739	5	B	1				0	
station amont		rg	1	740	0,1	B		2			1	
station amont		rg	2	742	0,4	B	1				0	
station amont		rg	3	743	0,4	BV		2			1	
station amont		rg	4	744	1,6	B	1				0	
station amont		rg	5	745	1,6	B	1				0	
station amont		rg	6	746	1,5	B	1				0	
station amont		rg	7	747	1,5	B	1				0	
station amont		rg	8	748	1,2	B	1				0	
station amont		rg	9	749	1,2	B	1				0	
station amont		rg	10	750	0,8	B	1				0	
station amont		rg	11	751	1,6	B	1				0	
station amont		rg	12	752	2,8	B			1		1	
station amont		rg	13	753	2,8	B	1				0	
station amont		rg	14	754	3,5	B	1				0	
station amont		rg	15	755	4	B	1				0	
station amont		rg	16	756	4	B	1				0	
station amont		rg	17	757	3	B	1				0	
station amont		rg	18	758	4,5	B	1				0	
station amont		rg	19	759	5	B	1				0	
station amont		rg	20	760	5	B	1				0	
station amont		rg	21	761	4	B	1				0	
station amont		rg	22	763	5,5	B	1				0	
station amont		rg	23	762	5	B	1				0	
station amont		rg	24	764	5	B	1				0	
station amont		rg	25	765	5,5	B	1				0	
station amont		rg	26	766	6	B	1				0	
station amont		rg	27	767	6	B	1				0	
station amont		rg	28	768	7,5	B	1				0	
station amont		rg	29	769	6	B	1				0	
station amont		rg	30	770	5	B	1				0	
station amont		rg	31	771	6	B	1				0	
nb pc coef 1	1						86	4	1	1	6	
nb pc coef 2	2						0	3	0	0	3	
nb pc coef 3	3						0	0	0	0	0	
nb pc coef 4	4						0	5	0	0	5	
nb pc coef 5	5						0	7	0	0	7	
nb pc vegetalises	106			106	106	106	86	19	1	1	21	106

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	pc vegetalises	nb pc
Station aval		rd	1	1079	1,7	V		5											1	
Station aval		rd	2	1080	2,5	V		5											1	
Station aval		rd	3	1081	2,0	V		5											1	
Station aval		rd	4	1082	2,0	V		5											1	
Station aval		rd	5	1083	1,8	V		5											1	
Station aval		rd	6	1084	2,1	V		5											1	
Station aval		rd	7	1085	2,0	V		5											1	
Station aval		rd	8	1086	1,9	V		5											1	
Station aval		rd	9	1087	1,8	V		5											1	
Station aval		rd	10	1088	1,8	V		5											1	
Station aval		rd	11	1089	1,5	V		5											1	
Station aval		rd	12	901	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	13	902	3,8	V	1												0	
Station aval		rd	14	903	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	15	904	3,5	V	1												0	
Station aval		rd	16	905	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	17	906	3,9	V	1												0	
Station aval		rd	18	907	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	19	908	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	20	909	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	21	910	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	22	911	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	23	912	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	24	913	4,2	V	1												0	
Station aval		rd	25	914	4,1	V	1												0	
Station aval		rd	26	915	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	27	916	3,9	V	1												0	
Station aval		rd	28	917	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	29	918	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	30	919	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	31	920	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	32	921	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	33	922	4,2	V	1												0	
Station aval		rd	34	923	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	35	924	4,2	V	1												0	
Station aval		rd	36	925	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	37	926	4,2	V	1												0	
Station aval		rd	38	927	4,9	V	1												0	
Station aval		rd	39	928	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	40	929	5,0	V	1												0	
Station aval		rd	41	934	4,0	V	1												0	

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	pc vegetalises	nb pc
Station aval		rd	42	930	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	43	931	4,1	V	1												0	
Station aval		rd	44	932	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	45	933	5,5	V	1												0	
Station aval		rd	46	935	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	47	936	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	48	937	4,9	V	1												0	
Station aval		rd	49	938	4,9	V	1												0	
Station aval		rd	50	939	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	51	940	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	52	941	4,2	V	1												0	
Station aval		rd	53	942	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	54	943	5,0	V	1												0	
Station aval		rd	55	944	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	56	945	5,0	V	1												0	
Station aval		rd	57	946	3,9	V	1												0	
Station aval		rd	58	947	3,5	V	1												0	
Station aval		rd	59	948	3,5	V	1												0	
Station aval		rd	60	949	3,9	V	1												0	
Station aval		rd	61	950	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	62	951	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	63	952	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	64	953	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	65	954	5,0	V	1												0	
Station aval		rd	66	955	4,9	V	1												0	
Station aval		rd	67	956	5,1	V	1												0	
Station aval		rd	68	957	3,5	V	1												0	
Station aval		rd	69	958	2,9	V	1												0	
Station aval		rd	70	959	2,9	V	1												0	
Station aval		rd	71	960	2,5	V	1												0	
Station aval		rd	72	961	2,5	V	1												0	
Station aval		rd	73	962	1,5	V		1											1	
Station aval		rd	74	963	1,5	V	1												0	
Station aval		rd	75	964	3,2	V	1												0	
Station aval		rd	76	965	3,0	V	1												0	
Station aval		rd	77	966	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	78	967	3,5	V	1												0	
Station aval		rd	79	968	4,3	V	1												0	
Station aval		rd	80	969	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	81	970	3,9	V	1												0	
Station aval		rd	82	971	4,5	V	1												0	

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	pc vegetalises	nb pc
Station aval		rd	83	972	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	84	973	4,9	V	1												0	
Station aval		rd	85	974	5,5	V	1												0	
Station aval		rd	86	975	5,5	V	1												0	
Station aval		rd	87	976	5,1	V	1												0	
Station aval		rd	88	977	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	89	978	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	90	979	4,0	V	1												0	
Station aval		rd	91	980	6,0	V	1												0	
Station aval		rd	92	981	5,0	V	1												0	
Station aval		rd	93	982	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	94	983	4,4	V	1												0	
Station aval		rd	95	984	4,2	V	1												0	
Station aval		rd	96	985	5,0	V	1												0	
Station aval		rd	97	986	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	98	987	4,5	V	1												0	
Station aval		rd	99	988	6,3	V	1												0	
Station aval		rd	100	990	5,1	V	1												0	
Station aval		rd	101	989	5,5	V	1												0	
Station aval		rg	1	1076	0,8	V		5			2			1					1	
Station aval		rg	2	1075	0,8	V		1	1	1	5				2				1	
Station aval		rg	3	1074	0,8	V		5			2								1	
Station aval		rg	4	1073	0,9	V		5	2		4								1	
Station aval		rg	5	1072	0,8	V		5	1	2	2								1	
Station aval		rg	6	1077	0,8	V		2	3		5	2			2			2	1	
Station aval		rg	7	1071	0,7	V		3	3		3								1	
Station aval		rg	8	1078	0,8	V		2	4	2	4		2			2			1	
Station aval		rg	9	1070	0,8	V		2	5	2	1				2			1	1	
Station aval		rg	10	1069	0,8	V		4		1	5	1							1	
Station aval		rg	11	772	0,8	V		5	2	2	5				1				1	
Station aval		rg	12	991	1,0	V	1												0	
Station aval		rg	13	992	1,0	V		2		1	2	2							1	
Station aval		rg	14	993	1,1	V		3	4	2		2							1	
Station aval		rg	15	994	1,5	V			3	2	2				2				1	
Station aval		rg	16	995	1,5	V			1	2		1					2		1	
Station aval		rg	17	996	1,0	V		2	3	1		3			1				1	
Station aval		rg	18	1000	0,9	V		5	2	2			1						1	
Station aval		rg	19	997	1,0	V			5	2									1	
Station aval		rg	20	998	0,9	V		1	5	2									1	
Station aval		rg	21	999	1,0	V		2	5	2	1								1	
Station aval		rg	22	783	1,0	V				1									1	

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	pc vegetalises	nb pc
Station aval		rg	23	1001	0,9	V			2	3	5	1							1	
Station aval		rg	24	1002	0,9	V		4			1								1	
Station aval		rg	25	1003	1,0	V		1											1	
Station aval		rg	26	1004	1,0	V		2	5	2		4		1	3				1	
Station aval		rg	27	1005	0,9	V			5	1					1				1	
Station aval		rg	28	1006	1,0	V			5	2									1	
Station aval		rg	29	1007	0,9	V			1										1	
Station aval		rg	30	1020	0,9	V			3	2			3		2				1	
Station aval		rg	31	1008	1,0	V			4	2		2					1	2	1	
Station aval		rg	32	1009	0,9	V		1	5										1	
Station aval		rg	33	784	1,0	V		3	3	1									1	
Station aval		rg	34	1010	0,9	V		1		2	3	3	1						1	
Station aval		rg	35	1011	1,0	V		2		2	2								1	
Station aval		rg	36	1012	1,0	V		5	1	2	3	4	2	1					1	
Station aval		rg	37	1013	0,8	V		4		3	3								1	
Station aval		rg	38	1014	1,0	V			4	4									1	
Station aval		rg	39	1015	1,0	V			2										1	
Station aval		rg	40	1016	1,0	V		3	3	2	1								1	
Station aval		rg	41	1017	1,0	V			3	2						1			1	
Station aval		rg	42	1018	0,9	V			1	2									1	
Station aval		rg	43	1019	1,0	V											1		1	
Station aval		rg	44	785	1,0	V		1											1	
Station aval		rg	45	1021	0,9	V		3	1	1	2		2						1	
Station aval		rg	46	1022	0,8	V		5			2								1	
Station aval		rg	47	1023	0,9	V	1												0	
Station aval		rg	48	1024	1,0	V		3		3	2							1	1	
Station aval		rg	49	1025	0,9	V		4			2	2							1	
Station aval		rg	50	1026	0,9	V		3	1	4	5	4							1	
Station aval		rg	51	1027	1,0	V		2		3	2							1	1	
Station aval		rg	52	1028	1,0	V				2	2								1	
Station aval		rg	53	1029	1,0	V		5											1	
Station aval		rg	54	1030	1,0	V		4			1								1	
Station aval		rg	55	794	1,1	V	1												0	
Station aval		rg	56	1031	0,8	V		2											1	
Station aval		rg	57	1032	2,9	V		1											1	
Station aval		rg	58	1033	3,7	V	1												0	
Station aval		rg	59	1034	3,7	V	1												0	
Station aval		rg	60	1035	3,0	V		2	1										1	
Station aval		rg	61	1036	0,8	V		5			2								1	
Station aval		rg	62	1037	0,8	V		2		2									1	
Station aval		rg	63	1038	0,9	V		1											1	

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	pc vegetalises	nb pc
Station aval		rg	64	1039	0,9	V		1		1									1	
Station aval		rg	65	1040	1,0	V		3		2	2								1	
Station aval		rg	66	793	1,1	V		1		2	2								1	
Station aval		rg	67	1041	4,0	V	1												0	
Station aval		rg	68	1042	4,5	V	1												0	
Station aval		rg	69	1043	4,5	V				1									1	
Station aval		rg	70	1044	3,0	V	1												0	
Station aval		rg	71	1045	3,1	V		1											1	
Station aval		rg	72	1046	1,5	V	1												0	
Station aval		rg	73	1047	1,5	V		5											1	
Station aval		rg	74	1043b	4,0	V	1												0	
Station aval		rg	75	1045b	3,0	V		3		3	2								1	
Station aval		rg	76	1048	3,5	V	1												0	
Station aval		rg	77	824	3,0	V	1												0	
Station aval		rg	78	1059	5,0	V	1												0	
Station aval		rg	79	1060	6,0	V	1												0	
Station aval		rg	80	1061	5,0	V	1												0	
Station aval		rg	81	1062	6,1	V	1												0	
Station aval		rg	82	1063	4,0	V	1												0	
Station aval		rg	83	1064	5,0	V	1												0	
Station aval		rg	84	1065	2,0	V	1												0	
Station aval		rg	85	1066	1,0	V	1												0	
Station aval		rg	86	1067	1,0	V	1												0	
Station aval		rg	87	1068	1,5	V		1											1	
Station aval		rg	88	803	1,2	V	1												0	
Station aval		rg	89	1049	7,0	V	1												0	
Station aval		rg	90	1050	5,0	V	1												0	
Station aval		rg	91	1051	6,0	V	1												0	
Station aval		rg	92	1052	5,5	V	1												0	
Station aval		rg	93	1053	6,5	V	1												0	
Station aval		rg	94	1054	4,5	V	1												0	
Station aval		rg	95	1055	4,5	V	1												0	
Station aval		rg	96	1056	5,0	V	1												0	
Station aval		rg	97	1057	4,5	V	1												0	
Station aval		rg	98	1058	5,0	V	1												0	
Station aval		rg	99	835	4,0	V	1												0	
nb pc coef 1	1						0	13	9	10	5	3	2	3	3	1	2	3	54	
nb pc coef 2	2						0	12	5	25	16	5	3	0	5	1	1	2	75	
nb pc coef 3	3						0	9	8	5	4	2	1	0	1	0	0	0	30	
nb pc coef 4	4						0	5	4	2	2	3	0	0	0	0	0	0	16	
nb pc coef 5	5						0	22	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	36	

station	coef	rive	num pc	num pt GPS	prof	substrat	RAS	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	pc vegetalises	nb pc
nb pc vegetalises			200	200	200	200	122	61	34	42	33	13	6	3	9	2	3	5	78	200

Annexe VI : Calculs des pourcentages de recouvrement par espèces pour chaque station

Station	UR	part de l'UR sur le point de prélèvement (%)	Zone	Surface ha	Surface m ² (SIG)	Surface m ² (SIG)	surf calcul sig arrondie	%surf vege totale	pot_pec	val_spi	myr_spi	rhizo_spx	cer_dem	naj_mar	ran_peni	elo_nut	pot_perf	pot_nod	nit_obt	%surf vege totale par zone												
Amont CNPE	2	4,00	Bord RG	0,03	345	1 060	1 060	3,0												0												
Amont CNPE			Bord RD	0,07	715																											
Amont CNPE	1	96,00	Veg RD	0,69	6 942	10 235	10 300	4,0	11,0	0,0	0,05	0,0	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1											
Amont CNPE			Veg RG	0,33	3 293																											
Amont CNPE			No Veg	1,77	17 684	17 684	17 700	0																								
TOTAL		100			28 979	28 979	29 000																									
Aval CNPE	2	2,00	Bord RG	0,05	528	1 223	1 200	65,0													0											
Aval CNPE			Bord RD	0,07	695																											
Aval CNPE	1	98,00	Veg RD	0,87	8 705	22 001	22 000	15,0	17,0	8,4	5,4	6,9	2,33	0,68	0,08	0,95	0,15	0,18	0,33	42,2	15,1	6,1	3,0	1,9	2,5	0,83	0,24	0,03	0,34	0,05	0,06	0,12
Aval CNPE			Veg RG	1,33	13 295																											
Aval CNPE			No Veg	3,83	38 308	38 308	38 300	0																								
TOTAL		100			61 531	61 531	61 500																									

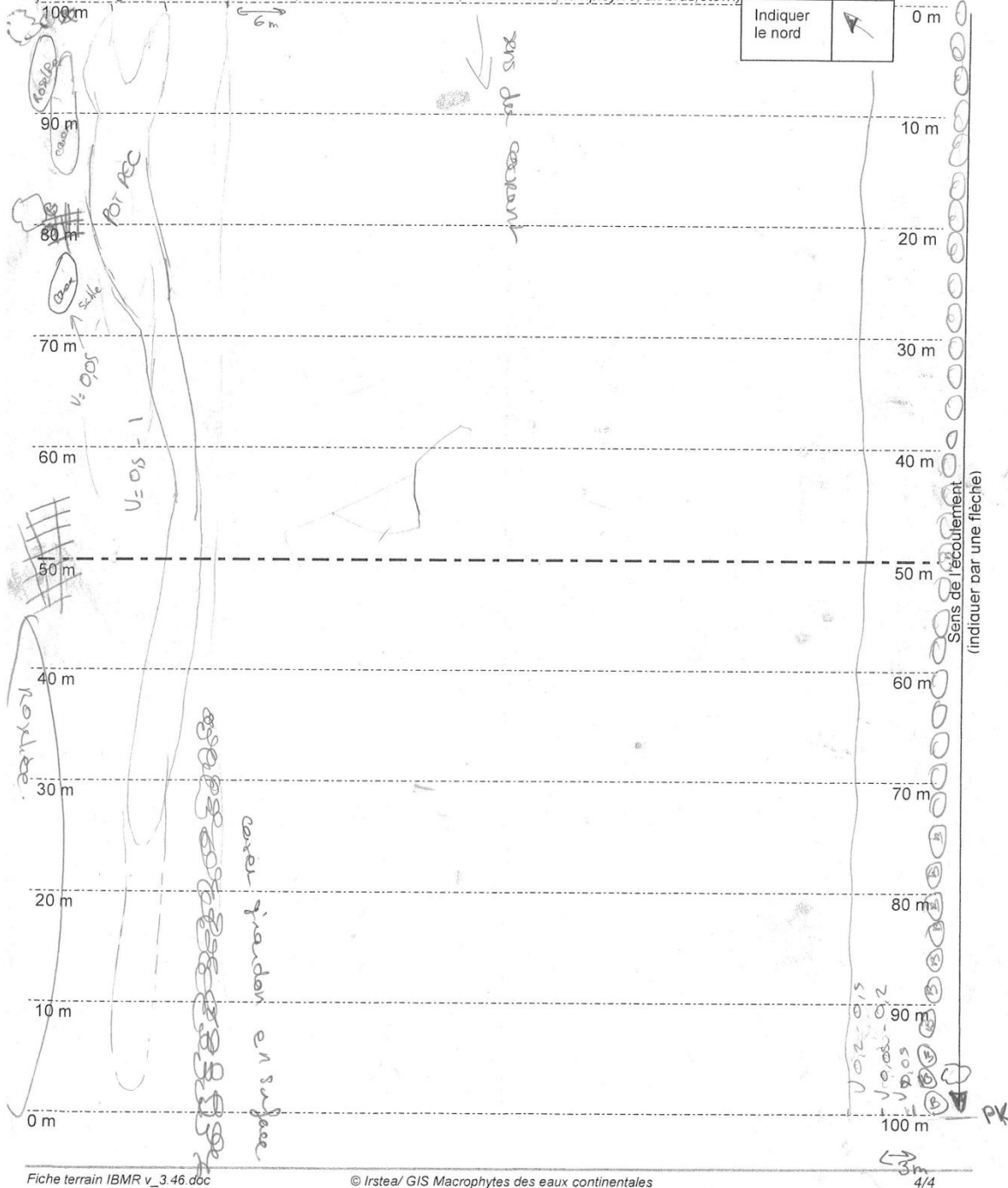
Annexe VII : Schéma des deux stations

Indice Biologique Macrophytique en Rivière – I.B.M.R.
SCHEMA DU POINT DE PRELEVEMENT

Fiche Terrain IBMR
conforme norme NFT90-395 oct. 2003

Cours d'eau :	Rhône	Date :	22/09/2021
Nom station :	Amont	Code station :	
Organisme / Opérateur :	IRIEB ICM Moravie E	Réf. dossier :	

(Noter la largeur, les unités de relevés, les herbiers dominants, les embâcles, la ripisylve, un bras, etc...)



12.4. La macrofaune benthique

Annexe VIII : Liste faunistique taxonomique détaillée des invertébrés du site de Cruas-Meyse en 2021. En couleur jaune les taxons exotiques récents (post 2000) et en violet les exotiques anciens mis dans le groupe INV.

ordre	famille	taxon	21-juin-21						11-oct.-21						Total	occ	%eff
			Amont			Aval			Amont			Aval					
			SA	HER	SED	SA	HER	SED	SA	HER	SED	SA	HER	SED			
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra	3												3	1	0.03
Trichoptères	Ecnomidae	Ecnomus											2		2	1	0.02
	Hydropsychidae	Cheumatopsyche							2						2	1	0.02
	Psychomyiidae	Lype			1										1	1	0.01
Ephéméroptères	Baetidae	Cloeon											2		2	1	0.02
	Caenidae	Caenis	3						55			2		60	3	0.61	
	Ephemeridae	Ephemera glaucops								1				1	1	0.01	
	Heptageniidae	Heptagenia							12					12	1	0.12	
	Ephemerellidae	Ephemerella			1									1	1	0.01	
Coléoptères	Elmidae	Stenelmis	1						1					2	2	0.02	
		Esolus	1						5					6	2	0.06	
Odonates	Calopterygidae	Calopteryx								1				1	1	0.01	
Diptères	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae							1					1	1	0.01	
	Chironomidae	Chironomini		1	107		2	1	79			82		166	438	7	4.44
		Orthoclaadiinae		1	41				422	4	1	86	6	68	629	8	6.38
		Tanypodinae		1							2				3	2	0.03
		Tanytarsini		3	6	10		3	2		11		8	1	44	8	0.45
	Simuliidae	Simuliidae	2											2	1	0.02	
	Tipulidae	Tipulidae							1					1	1	0.01	
Lépidoptères	Crambidae	Acentria									1			4	2	0.04	
		Crambidae									1		2	4	3	0.04	
Crustacés	Atyidae	Atyaephyra desmarestii		1				1						2	2	0.02	
	Corophiidae	Corophium	29				2		20			40		91	4	0.92	
	Janiridae	Jaera istri	208		1		22		321			35		587	5	5.95	
	Mysidae	Limnomysis benedeni		4			2					8		14	3	0.14	
	Pontogammaridae	Dikerogammarus villosus	208	440	3	246	226		255	1224		818	463	3883	9	39.38	

ordre	famille	taxon	21-juin-21						11-oct.-21						Total	occ	%eff	
			Amont			Aval			Amont			Aval						
			SA	HER	SED	SA	HER	SED	SA	HER	SED	SA	HER	SED				
Hirudinés	Piscicolidae	Piscicola geometra					1								1	1	0.01	
Oligochètes	Naididae	Naididae			1		9			1		1	1		13	5	0.13	
		Stylaria lacustris					3								3	1	0.03	
	Tubificidae	Branchiura sowerbyi												1	3	4	2	0.04
		Tubificidae		4		213	3	3	682	3	2	992		791	2693	9	27.31	
	Lumbricidae	Eiseniella tetraedra			2								5		7	2	0.07	
Lumbriculidae	Stylodrilus heringianus										1			1	1	0.01		
Mollusques	Corbiculidae	Corbicula						14	8			4		9	35	4	0.35	
	Ferrissiidae	Ferrissia								1			1		2	2	0.02	
	Hydrobiidae	Potamopyrgus			1	2	3		2		23	11		7	49	7	0.50	
	Lymnaeidae	Radix											8		8	1	0.08	
	Neritidae	Theodoxus fluviatilis	51	13		46	164		170	10		663	62		1179	8	11.96	
	Physidae	Physidae											2		2	1	0.02	
	Sphaeriidae	Pisidium													7	1	0.07	
	Valvatidae	Valvata					7							1	8	2	0.08	
	Dreissenidae	Dreissena							1						1	1	0.01	
Polychètes	Ampharetidae	Hypania invalida			1	7						42			50	3	0.51	
	Sabellidae	Manayunkia caspica									1				1	1	0.01	
Hydracariens	Hydracariens	Hydracariens							1						1	1	0.01	

Total effectifs Cruas 2021	515	506	341	330	849	788	872	1327	1106	1627	618	982	9861
Richesse taxonomique	13	7	11	8	15	6	19	9	7	12	11	7	45

Taxon exotique récent, arrivé après 2000

Taxon exotique ancien, acclimaté, déjà présent avant 2000

Annexe IX : Effectifs absolus et relatifs des groupes faunistiques par saison, par station puis par campagne, triés par ordre d'abondance décroissante.

Groupes faunistiques par saison

Effectifs absolus	Amont	Aval	CRUAS2021	Effectifs relatifs en %	Amont	Aval	%GF
Crustacés	2714	1863	4577	Crustacés	58.15	35.87	46.42
Oligochètes	1219	1502	2721	Oligochètes	26.12	28.92	27.59
Mollusques	280	1011	1291	Mollusques	6.00	19.46	13.09
Diptères	362	756	1118	Diptères	7.76	14.56	11.34
Ephéméroptères	72	4	76	Ephéméroptères	1.54	0.08	0.77
Polychètes	2	49	51	Polychètes	0.04	0.94	0.52
Coléoptères	8	0	8	Coléoptères	0.17	0.00	0.08
Lépidoptères	2	6	8	Lépidoptères	0.04	0.12	0.08
Trichoptères	3	2	5	Trichoptères	0.06	0.04	0.05
Plécoptères	3	0	3	Plécoptères	0.06	0.00	0.03
Odonates	1	0	1	Odonates	0.02	0.00	0.01
Hirudinés	0	1	1	Hirudinés	0.00	0.02	0.01
Hydracariens	1	0	1	Hydracariens	0.02	0.00	0.01
Total Cruas 2021	4667	5194	9861	Total Cruas 2021	100	100	100
Richesse groupe	12	9	13	Richesse groupe	12	13	15

dominants >10% insectes absents

Groupes faunistiques par station

Effectifs absolus	Juin	Octobre	CRUAS2021	Effectifs relatifs en %	Juin	Octobre	%GF
Crustacés	1393	3184	4577	Crustacés	41.84	48.74	46.42
Oligochètes	920	1801	2721	Oligochètes	27.64	27.57	27.59
Mollusques	308	983	1291	Mollusques	9.25	15.05	13.09
Diptères	685	433	1118	Diptères	20.58	6.63	11.34
Ephéméroptères	4	72	76	Ephéméroptères	0.12	1.10	0.77
Polychètes	8	43	51	Polychètes	0.24	0.66	0.52
Coléoptères	2	6	8	Coléoptères	0.06	0.09	0.08
Lépidoptères	4	4	8	Lépidoptères	0.12	0.06	0.08
Trichoptères	1	4	5	Trichoptères	0.03	0.06	0.05
Plécoptères	3	0	3	Plécoptères	0.09	0.00	0.03
Odonates	0	1	1	Odonates	0.00	0.02	0.01
Hirudinés	1	0	1	Hirudinés	0.03	0.00	0.01
Hydracariens	0	1	1	Hydracariens	0.00	0.02	0.01
Total Cruas 2021	3329	6532	9861	Total Cruas 2021	100	100	100
Richesse groupe	11	11	13	Richesse groupe	11	11	13

dominants >10% insectes absents

Groupes faunistiques par station et par campagne

Effectifs absolus	21-juin-21		11-oct.-21		CRUAS2021	Effectifs relatifs en %	21-juin-21		11-oct.-21		%GF
	Amont	Aval	Amont	Aval			Amont	Aval	Amont	Aval	
Crustacés	894	499	1820	1364	4577	Crustacés	65.64	25.37	55.07	42.27	46.42
Oligochètes	220	700	999	802	2721	Oligochètes	16.15	35.59	30.23	24.85	27.59
Mollusques	65	243	215	768	1291	Mollusques	4.77	12.35	6.51	23.80	13.09
Diptères	172	513	190	243	1118	Diptères	12.63	26.08	5.75	7.53	11.34
Éphéméroptères	4	0	68	4	76	Éphéméroptères	0.29	0.00	2.06	0.12	0.77
Polychètes	1	7	1	42	51	Polychètes	0.07	0.36	0.03	1.30	0.52
Coléoptères	2	0	6	0	8	Coléoptères	0.15	0.00	0.18	0.00	0.08
Lépidoptères	0	4	2	2	8	Lépidoptères	0.00	0.20	0.06	0.06	0.08
Trichoptères	1	0	2	2	5	Trichoptères	0.07	0.00	0.06	0.06	0.05
Plécoptères	3	0	0	0	3	Plécoptères	0.22	0.00	0.00	0.00	0.03
Odonates	0	0	1	0	1	Odonates	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01
Hirudinés	0	1	0	0	1	Hirudinés	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01
Hydracariens	0	0	1	0	1	Hydracariens	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01
Total Cruas 2021	1362	1967	3305	3227	9861	Total Cruas 2021	100	100	100	100	100
Richesse groupe	9	7	11	8	13	Richesse groupe	9	7	11	8	15

dominants >10% insectes absents

Annexe X : Liste faunistique taxonomique de référence des invertébrés. Sites de Cruas-Meyse et du Tricastin. Période 1982-2021 (126 taxons).

Ordre	Famille	Genre	NomLatinTAXREF
Bivalves	Corbiculidae	Corbicula	Corbicula
Bivalves	Dreissenidae	Dreissena	Dreissena polymorpha
Bivalves	Dreissenidae	Dreissena	Dreissena rostriformis
Bivalves	Sphaeriidae	Pisidium	Pisidium
Bivalves	Sphaeriidae	Sphaerium	Sphaerium
Bivalves	Unionidae	Anodonta	Anodonta
Coléoptères	Dryopidae	NA	Dryopidae
Coléoptères	Dytiscidae	NA	Dytiscidae
Coléoptères	Elmidae	Esolus	Esolus
Coléoptères	Elmidae	Elmis	Elmis
Coléoptères	Elmidae	Limnius	Limnius
Coléoptères	Elmidae	Macronychus	Macronychus
Coléoptères	Elmidae	Oulimnius	Oulimnius
Coléoptères	Elmidae	Potamophilus	Potamophilus
Coléoptères	Elmidae	Riolus	Riolus
Coléoptères	Elmidae	Stenelmis	Stenelmis
Coléoptères	Haliplidae	NA	Haliplidae
Coléoptères	Haliplidae	Haliplus	Haliplus
Coléoptères	Hydrophilidae	NA	Hydrophilidae
Crustacés	Asellidae	Asellus	Asellus
Crustacés	Atyidae	Atyaephyra	Atyaephyra desmarestii
Crustacés	Cambaridae	Orconectes	Orconectes limosus
Crustacés	Corophiidae	Corophium	Corophium
Crustacés	Crangonyctidae	Crangonyx	Crangonyx
Crustacés	Gammaridae	Echinogammarus	Echinogammarus
Crustacés	Gammaridae	NA	Gammaridae
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus fossarum
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus pulex
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus roeseli
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus tigrinus
Crustacés	Janiridae	Jaera	Jaera istri
Crustacés	Mysidae	Hemimysis	Hemimysis anomala
Crustacés	Mysidae	Limnomysis	Limnomysis benedeni
Crustacés	Niphargidae	Niphargus	Niphargus
Crustacés	Pontogammaridae	Dikerogammarus	Dikerogammarus villosus
Diptères	Anthomyiidae	NA	Anthomyiidae
Diptères	Athericidae	NA	Athericidae
Diptères	Ceratopogonidae	NA	Ceratopogonidae
Diptères	Chironomidae	NA	Chironomidae
Diptères	Dolichopodidae	NA	Dolichopodidae
Diptères	Empididae	NA	Empididae
Diptères	Ephydriidae	NA	Ephydriidae
Diptères	Limoniidae	NA	Limoniidae
Diptères	Rhagionidae	NA	Rhagionidae
Diptères	Scatophagidae	NA	Scatophagidae
Diptères	Sciomyzidae	NA	Sciomyzidae
Diptères	Simuliidae	NA	Simuliidae
Diptères	Stratiomyidae	NA	Stratiomyidae
Diptères	Tabanidae	NA	Tabanidae
Diptères	Tipulidae	NA	Tipulidae
Ephéméroptères	Baetidae	Baetis	Baetis
Ephéméroptères	Baetidae	NA	Baetidae
Ephéméroptères	Baetidae	Cloeon	Cloeon
Ephéméroptères	Caenidae	Caenis	Caenis

Ordre	Famille	Genre	NomLatinTAXREF
Ephéméroptères	Ephemerellidae	Ephemerella	Ephemerella
Ephéméroptères	Ephemeridae	Ephemera	Ephemera
Ephéméroptères	Heptageniidae	Ecdyonurus	Ecdyonurus
Ephéméroptères	Heptageniidae	Heptagenia	Heptagenia
Ephéméroptères	Polymitarcyidae	Ephoron	Ephoron
Gastéropodes	Acroloxidae	Acroloxus	Acroloxus lacustris
Gastéropodes	Ancylidae	Ancylus	Ancylus fluviatilis
Gastéropodes	Bithyniidae	Bithynia	Bithynia
Gastéropodes	Bythinellidae	Bythinella	Bythinella
Gastéropodes	Ferrissiidae	Ferrissia	Ferrissia
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus	Potamopyrgus
Gastéropodes	Lithoglyphidae	Lithoglyphus	Lithoglyphus naticoides
Gastéropodes	Lymnaeidae	NA	Lymnaeidae
Gastéropodes	Lymnaeidae	Lymnaea	Lymnaea
Gastéropodes	Lymnaeidae	Radix	Radix
Gastéropodes	Neritidae	Theodoxus	Theodoxus fluviatilis
Gastéropodes	Physidae	Physidae	Physidae
Gastéropodes	Planorbidae	NA	Planorbidae
Gastéropodes	Planorbidae	Gyraulus	Gyraulus
Gastéropodes	Valvatidae	Valvata	Valvata
Gastéropodes	Viviparidae	Viviparus	Viviparus
Hétéroptères	Corixidae	NA	Corixidae
Hétéroptères	Gerridae	Gerris	Gerris
Hétéroptères	Naucoridae	Aphelocheirus	Aphelocheirus
Hétéroptères	Naucoridae	Naucoris	Naucoris
Hétéroptères	Nepidae	Nepa	Nepa
Hirudiné	Erpobdellidae	Erpobdella	Erpobdella
Hirudiné	Erpobdellidae	NA	Erpobdellidae
Hirudiné	Glossiphoniidae	NA	Glossiphoniidae
Hirudiné	Glossiphoniidae	Helobdella	Helobdella
Hirudiné	Glossiphoniidae	Hemiclepsis	Hemiclepsis
Hirudiné	Glossiphoniidae	Placobdella	Placobdella catenigera
Hirudiné	Piscicolidae	Piscicola	Piscicola geometra
Hirudiné	Salifidae	Barbronia	Barbronia weberi
Lépidoptères	Crambidae	NA	Crambidae
Mégaloptères	Sialidae	Sialis	Sialis
Odonates	Calopterygidae	Calopteryx	Calopteryx
Odonates	Coenagrionidae	Coenagrion	Coenagrion
Odonates	Coenagrionidae	NA	Coenagrionidae
Odonates	Gomphidae	Gomphus	Gomphus
Odonates	Gomphidae	NA	Gomphidae
Odonates	Libellulidae	NA	Libellulidae
Odonates	NA	NA	Odonates
Odonates	Platycnemididae	NA	Platycnemididae
Oligochètes	NA	NA	Oligochètes
Oligochètes	Tubificidae	Branchiura	Branchiura sowerbyi
Planaires	Dendrocoelidae	Dendrocoelum	Dendrocoelum
Planaires	Dugesiiidae	Dugesia	Dugesia
Planaires	Dugesiiidae	Dugesia	Dugesia tigrina
Planaires	Dugesiiidae	NA	Dugesiidae
Planaires	Planariidae	Planaria	Planaria torva
Planaires	Planariidae	Polycelis	Polycelis nigra
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra	Leuctra
Plécoptères	Nemouridae	Nemoura	Nemoura
Plécoptères	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	Taeniopteryx
Polychètes	Ampharetidae	Hypania	Hypania invalida
Polychètes	Sabellidae	Manayunkia	Manayunkia caspica
Trichoptères	Ecnomidae	Ecnomus	Ecnomus

Ordre	Famille	Genre	NomLatinTAXREF
Trichoptères	Hydropsychidae	Cheumatopsyche	Cheumatopsyche lepida
Trichoptères	Hydropsychidae	Hydropsyche	Hydropsyche
Trichoptères	Hydroptilidae	NA	Hydroptilidae
Trichoptères	Hydroptilidae	Hydroptila	Hydroptila
Trichoptères	Hydroptilidae	Orthotrichia	Orthotrichia
Trichoptères	Leptoceridae	NA	Leptoceridae
Trichoptères	Limnephilidae	NA	Limnephilidae
Trichoptères	Polycentropodidae	NA	Polycentropodidae
Trichoptères	Psychomyiidae	Lype	Lype
Trichoptères	Psychomyiidae	Paduniella	Paduniella
Trichoptères	Psychomyiidae	Psychomyia	Psychomyia pusilla
Trichoptères	Psychomyiidae	Tinodes	Tinodes
Indéterminé aquatique	NA	NA	Indéterminé aquatique

Annexe XI : Liste faunistique taxonomique de référence des invertébrés. Sites de Cruas-Meyse et du Tricastin. Période 2004-2021 (138 taxons). La famille Chironomidae est détaillée en sous-familles et tribu.

Ordre	Famille	Genre	NomLatinTAXREF
Bivalves	Corbiculidae	Corbicula	Corbicula
Bivalves	Dreissenidae	Dreissena	Dreissena polymorpha
Bivalves	Dreissenidae	Dreissena	Dreissena rostriformis
Bivalves	Sphaeriidae	Pisidium	Pisidium
Bivalves	Sphaeriidae	Sphaerium	Sphaerium
Bivalves	Unionidae	Anodonta	Anodonta
Cnidaires	Hydridae	Hydra	Hydra
Coléoptères	Dryopidae	NA	Dryopidae
Coléoptères	Dytiscidae	NA	Dytiscidae
Coléoptères	Elmidae	Esolus	Esolus
Coléoptères	Elmidae	Elmis	Elmis
Coléoptères	Elmidae	Limnius	Limnius
Coléoptères	Elmidae	Macronychus	Macronychus
Coléoptères	Elmidae	Oulimnius	Oulimnius
Coléoptères	Elmidae	Potamophilus	Potamophilus
Coléoptères	Elmidae	Riolus	Riolus
Coléoptères	Elmidae	Stenelmis	Stenelmis
Coléoptères	Haliplidae	NA	Haliplidae
Coléoptères	Haliplidae	Haliplus	Haliplus
Coléoptères	Hydrophilidae	NA	Hydrophilidae
Crustacés	Asellidae	Asellus	Asellus
Crustacés	Atyidae	Atyaephyra	Atyaephyra desmarestii
Crustacés	Cambaridae	Orconectes	Orconectes limosus
Crustacés	Corophiidae	Corophium	Corophium
Crustacés	Crangonyctidae	Crangonyx	Crangonyx
Crustacés	Gammaridae	Echinogammarus	Echinogammarus
Crustacés	Gammaridae	NA	Gammaridae
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus fossarum
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus pulex
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus roeseli
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	Gammarus tigrinus
Crustacés	Janiridae	Jaera	Jaera istri
Crustacés	Mysidae	Hemimysis	Hemimysis anomala
Crustacés	Mysidae	Limnomysis	Limnomysis benedeni
Crustacés	Niphargidae	Niphargus	Niphargus
Crustacés	Pontogammaridae	Dikerogammarus	Dikerogammarus villosus

Ordre	Famille	Genre	NomLatinTAXREF
Diptères	Anthomyidae	NA	Anthomyidae
Diptères	Athericidae	NA	Athericidae
Diptères	Ceratopogonidae	NA	Ceratopogonidae
Diptères	Chironomidae	NA	Chironomidae
Diptères	Chironomidae	NA	Chironomini
Diptères	Chironomidae	NA	Chironomus
Diptères	Chironomidae	NA	Chironomus thummi
Diptères	Chironomidae	NA	Corynoneurinae
Diptères	Chironomidae	NA	Orthocladiinae
Diptères	Chironomidae	NA	Prodiamesa
Diptères	Chironomidae	NA	Tanypodinae
Diptères	Chironomidae	NA	Tanytarsini
Diptères	Dolichopodidae	NA	Dolichopodidae
Diptères	Empididae	NA	Empididae
Diptères	Ephydriidae	NA	Ephydriidae
Diptères	Limoniidae	NA	Limoniidae
Diptères	Rhagionidae	NA	Rhagionidae
Diptères	Scatophagidae	NA	Scatophagidae
Diptères	Sciomyzidae	NA	Sciomyzidae
Diptères	Simuliidae	NA	Simuliidae
Diptères	Stratiomyidae	NA	Stratiomyidae
Diptères	Tabanidae	NA	Tabanidae
Diptères	Tipulidae	NA	Tipulidae
Ephéméroptères	Baetidae	Baetis	Baetis
Ephéméroptères	Baetidae	NA	Baetidae
Ephéméroptères	Baetidae	Cloeon	Cloeon
Ephéméroptères	Caenidae	Caenis	Caenis
Ephéméroptères	Ephemerellidae	Ephemerella	Ephemerella
Ephéméroptères	Ephemeridae	Ephemera	Ephemera
Ephéméroptères	Heptageniidae	Ecdyonurus	Ecdyonurus
Ephéméroptères	Heptageniidae	Heptagenia	Heptagenia
Ephéméroptères	Polymitarcyidae	Ephoron	Ephoron
Gastéropodes	Acroloxidae	Acroloxus	Acroloxus lacustris
Gastéropodes	Ancylidae	Ancylus	Ancylus fluviatilis
Gastéropodes	Bithyniidae	Bithynia	Bithynia
Gastéropodes	Bythinellidae	Bythinella	Bythinella
Gastéropodes	Ferrissiidae	Ferrissia	Ferrissia
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus	Potamopyrgus
Gastéropodes	Lithoglyphidae	Lithoglyphus	Lithoglyphus naticoides
Gastéropodes	Lymnaeidae	NA	Lymnaeidae
Gastéropodes	Lymnaeidae	Lymnaea	Lymnaea
Gastéropodes	Lymnaeidae	Radix	Radix
Gastéropodes	Neritidae	Theodoxus	Theodoxus fluviatilis
Gastéropodes	Physidae	Physidae	Physidae
Gastéropodes	Planorbidae	NA	Planorbidae
Gastéropodes	Planorbidae	Gyraulus	Gyraulus
Gastéropodes	Valvatidae	Valvata	Valvata
Gastéropodes	Viviparidae	Viviparus	Viviparus
Hétéroptères	Corixidae	NA	Corixidae
Hétéroptères	Gerridae	Gerris	Gerris
Hétéroptères	Naucoridae	Aphelocheirus	Aphelocheirus
Hétéroptères	Naucoridae	Naucoris	Naucoris
Hétéroptères	Nepidae	Nepa	Nepa
Hirudinés	Erpobdellidae	Erpobdella	Erpobdella
Hirudinés	Erpobdellidae	NA	Erpobdellidae
Hirudinés	Glossiphoniidae	NA	Glossiphoniidae
Hirudinés	Glossiphoniidae	Helobdella	Helobdella
Hirudinés	Glossiphoniidae	Hemiclepsis	Hemiclepsis
Hirudinés	Glossiphoniidae	Placobdella	Placobdella catenigera

Ordre	Famille	Genre	NomLatinTAXREF
Hirudinés	Piscicolidae	Piscicola	Piscicola geometra
Hirudinés	Salifidae	Barbronia	Barbronia weberi
Hydracariens	NA	NA	Hydracariens
Lépidoptères	Crambidae	NA	Crambidae
Mégaloptères	Sialidae	Sialis	Sialis
Nématodes	NA	NA	Nématodes
Nemertiens	NA	NA	Nemertiens
Odonates	Calopterygidae	Calopteryx	Calopteryx
Odonates	Coenagrionidae	Coenagrion	Coenagrion
Odonates	Coenagrionidae	NA	Coenagrionidae
Odonates	Gomphidae	Gomphus	Gomphus
Odonates	Gomphidae	NA	Gomphidae
Odonates	Libellulidae	NA	Libellulidae
Odonates	NA	NA	Odonates
Odonates	Platycnemididae	NA	Platycnemididae
Oligochètes	NA	NA	Oligochètes
Oligochètes	Tubificidae	Branchiura	Branchiura sowerbyi
Planaires	Dendrocoelidae	Dendrocoelum	Dendrocoelum
Planaires	Dugesiiidae	Dugesia	Dugesia
Planaires	Dugesiiidae	Dugesia	Dugesia tigrina
Planaires	Dugesiiidae	NA	Dugesiiidae
Planaires	Planariidae	Planaria	Planaria torva
Planaires	Planariidae	Polycelis	Polycelis nigra
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra	Leuctra
Plécoptères	Nemouridae	Nemoura	Nemoura
Plécoptères	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	Taeniopteryx
Polychètes	Ampharetidae	Hypania	Hypania invalida
Polychètes	Sabellidae	Manayunkia	Manayunkia caspica
Trichoptères	Ecnomidae	Ecnomus	Ecnomus
Trichoptères	Hydropsychidae	Cheumatopsyche	Cheumatopsyche lepida
Trichoptères	Hydropsychidae	Hydropsyche	Hydropsyche
Trichoptères	Hydroptilidae	NA	Hydroptilidae
Trichoptères	Hydroptilidae	Hydroptila	Hydroptila
Trichoptères	Hydroptilidae	Orthotrichia	Orthotrichia
Trichoptères	Leptoceridae	NA	Leptoceridae
Trichoptères	Limnephilidae	NA	Limnephilidae
Trichoptères	Polycentropodidae	NA	Polycentropodidae
Trichoptères	Psychomyiidae	Lype	Lype
Trichoptères	Psychomyiidae	Paduniella	Paduniella
Trichoptères	Psychomyiidae	Psychomyia	Psychomyia pusilla
Trichoptères	Psychomyiidae	Tinodes	Tinodes
Indéterminé aquatique	NA	NA	Indéterminé aquatique

Annexe XII : Liste des effectifs absolus et relatifs cumulés des 79 familles de macroinvertébrés sur l'ensemble de la chronique (1982-2021) pour l'ensemble des échantillons (SA, HER et SED) du site de Cruas-Meyse.

Ordre	Famille	Effectif	Pourcentage	Ordre	Famille	Effectif	Pourcentage
Bivalves	Sphaeriidae	3 111	0.61	Diptères	Chironomidae	159766	31.12
Bivalves	Corbiculidae	1 428	0.28	Oligochètes	Oligochètes	149440	29.11
Bivalves	Dreissenidae	1 256	0.24	Crustacés	Pontogammaridae	77 930	15.18
Bivalves	Unionidae	2	0.00	Crustacés	Gammaridae	26 978	5.25
Coléoptères	Elmidae	293	0.06	Polychètes	Ampharetidae	17405	3.39
Coléoptères	Dryopidae	13	0.00	Crustacés	Janiridae	11 336	2.21
Coléoptères	Haliplidae	11	0.00	Crustacés	Mysidae	10 379	2.02
Coléoptères	Dytiscidae	2	0.00	Crustacés	Atyidae	9 249	1.80
Coléoptères	Hydrophilidae	1	0.00	Trichoptères	Hydropsychidae	6807	1.33
Crustacés	Pontogammaridae	77 930	15.18	Crustacés	Corophiidae	6 543	1.27
Crustacés	Gammaridae	26 978	5.25	Gastéropodes	Hydrobiidae	6168	1.20
Crustacés	Janiridae	11 336	2.21	Gastéropodes	Neritidae	4069	0.79
Crustacés	Mysidae	10 379	2.02	Bivalves	Sphaeriidae	3 111	0.61
Crustacés	Atyidae	9 249	1.80	Crustacés	Asellidae	2 918	0.57
Crustacés	Corophiidae	6 543	1.27	Oligochètes	Tubificidae	2870	0.56
Crustacés	Asellidae	2 918	0.57	Gastéropodes	Lymnaeidae	2220	0.43
Crustacés	Cambaridae	28	0.01	Gastéropodes	Ancylidae	1695	0.33
Crustacés	Crangonyctidae	3	0.00	Gastéropodes	Physidae	1469	0.29
Crustacés	Niphargidae	3	0.00	Bivalves	Corbiculidae	1 428	0.28
Diptères	Chironomidae	159 766	31.12	Bivalves	Dreissenidae	1 256	0.24
Diptères	Ceratopogonidae	35	0.01	Ephéméroptères	Caenidae	1006	0.20
Diptères	Simuliidae	32	0.01	Gastéropodes	Valvatidae	917	0.18
Diptères	Empididae	18	0.00	Planaires	Dugesidae	904	0.18
Diptères	Tabanidae	6	0.00	Gastéropodes	Lithoglyphidae	858	0.17
Diptères	Tipulidae	5	0.00	Gastéropodes	Ferrissiidae	811	0.16
Diptères	Ephyridae	4	0.00	Hirudinés	Erpobdellidae	724	0.14
Diptères	Anthomyiidae	4	0.00	Hirudinés	Glossiphoniidae	675	0.13
Diptères	Limoniidae	3	0.00	Lépidoptères	Crambidae	594	0.12
Diptères	Dolichopodidae	2	0.00	Ephéméroptères	Baetidae	429	0.08
Diptères	Athericidae	2	0.00	Odonates	Coenagrionidae	395	0.08
Diptères	Rhagionidae	1	0.00	Hirudinés	Piscicolidae	370	0.07
Diptères	Scatophagidae	1	0.00	Gastéropodes	Bithyniidae	341	0.07
Ephéméroptères	Caenidae	1006	0.20	Trichoptères	Ecnomidae	308	0.06
Ephéméroptères	Baetidae	429	0.08	Coléoptères	Elmidae	293	0.06
Ephéméroptères	Heptageniidae	143	0.03	Trichoptères	Leptoceridae	227	0.04
Ephéméroptères	Ephemeridae	78	0.02	Trichoptères	Hydroptilidae	212	0.04
Ephéméroptères	Ephemerellidae	5	0.00	Trichoptères	Psychomyiidae	194	0.04
Ephéméroptères	Polymitarcyidae	2	0.00	Planaires	Planariidae	146	0.03
Gastéropodes	Hydrobiidae	6 168	1.20	Ephéméroptères	Heptageniidae	143	0.03
Gastéropodes	Neritidae	4 069	0.79	Gastéropodes	Planorbidae	117	0.02
Gastéropodes	Lymnaeidae	2 220	0.43	Planaires	Dendrocoelidae	114	0.02
Gastéropodes	Ancylidae	1 695	0.33	Gastéropodes	Acroloxidae	94	0.02
Gastéropodes	Physidae	1 469	0.29	Ephéméroptères	Ephemeridae	78	0.02
Gastéropodes	Valvatidae	917	0.18	Trichoptères	Polycentropodidae	71	0.01
Gastéropodes	Lithoglyphidae	858	0.17	Odonates	Calopterygidae	61	0.01
Gastéropodes	Ferrissiidae	811	0.16	Diptères	Ceratopogonidae	35	0.01
Gastéropodes	Bithyniidae	341	0.07	Hétéroptères	Corixidae	34	0.01
Gastéropodes	Planorbidae	117	0.02	Diptères	Simuliidae	32	0.01
Gastéropodes	Acroloxidae	94	0.02	Crustacés	Cambaridae	28	0.01
Gastéropodes	Bythinellidae	7	0.00	Odonates	Libellulidae	28	0.01
Gastéropodes	Viviparidae	1	0.00	Diptères	Empididae	18	0.00
Hétéroptères	Corixidae	34	0.01	Coléoptères	Dryopidae	13	0.00
Hétéroptères	Nepidae	1	0.00	Coléoptères	Haliplidae	11	0.00
Hétéroptères	Gerridae	1	0.00	Odonates	Gomphidae	9	0.00
Hirudinés	Erpobdellidae	724	0.14	Plécoptères	Leuctridae	8	0.00
Hirudinés	Glossiphoniidae	675	0.13	Gastéropodes	Bythinellidae	7	0.00

Hirudinés	Piscicolidae	370	0.07
Lépidoptères	Crambidae	594	0.12
Mégaloptères	Sialidae	1	0.00
Odonates	Coenagrionidae	395	0.08
Odonates	Calopterygidae	61	0.01
Odonates	Libellulidae	28	0.01
Odonates	Gomphidae	9	0.00
Odonates	Platycnemididae	4	0.00
Oligochètes	Oligochètes	149 440	29.11
Oligochètes	Tubificidae	2870	0.56
Planaires	Dugesidae	904	0.18
Planaires	Planariidae	146	0.03
Planaires	Dendrocoelidae	114	0.02
Plécoptères	Leuctridae	8	0.00
Plécoptères	Taeniopterygidae	2	0.00
Polychètes	Ampharetidae	17 405	3.39
Trichoptères	Hydropsychidae	6807	1.33
Trichoptères	Ecnomidae	308	0.06
Trichoptères	Leptoceridae	227	0.04
Trichoptères	Hydroptilidae	212	0.04
Trichoptères	Psychomyiidae	194	0.04
Trichoptères	Polycentropodidae	71	0.01
Trichoptères	Limnephilidae	4	0.00
Diptères	Tabanidae	6	0.00
Diptères	Tipulidae	5	0.00
Ephéméroptères	Ephemerellidae	5	0.00
Diptères	Ephydriidae	4	0.00
Diptères	Anthomyiidae	4	0.00
Odonates	Platycnemididae	4	0.00
Trichoptères	Limnephilidae	4	0.00
Crustacés	Crangonyctidae	3	0.00
Crustacés	Niphargidae	3	0.00
Diptères	Limoniidae	3	0.00
Bivalves	Unionidae	2	0.00
Coléoptères	Dytiscidae	2	0.00
Diptères	Dolichopodidae	2	0.00
Diptères	Athericidae	2	0.00
Ephéméroptères	Polymitarcyidae	2	0.00
Plécoptères	Taeniopterygidae	2	0.00
Coléoptères	Hydrophilidae	1	0.00
Diptères	Rhagionidae	1	0.00
Diptères	Scatophagidae	1	0.00
Gastéropodes	Viviparidae	1	0.00
Hétéroptères	Nepidae	1	0.00
Hétéroptères	Gerridae	1	0.00
Mégaloptères	Sialidae	1	0.00

Annexe XIII : Tableau standard de détermination de l'Indice de Qualité Biologique Globale Adapté / Potentielle (IQBG/P)

LIMITES DE DETERMINATION (taxons)

Groupes faunistiques	Limites pratique (taxons)
Plécoptères Trichoptères	genre genre ou famille (Leptoceridae -Limnephilidae - Sericostomatidae)
Ephéméroptères Coléoptères	genre famille ou genre (<i>in</i> Dryopidae - Elminthidae - Haliplidae - Hydraenidae)
Odonates Mégaloptères Hémiptères Diptères Planipennes	genre ou famille (Coenagrionidae) genre famille ou genre (<i>Aphelocheirus</i>) famille ordre
Collemboles Lépidoptères	ordre ordre
Hydracariens	ordre
Crustacés (macroscopiques) Mollusques	famille genre ou famille (Hydrobiidae -Planorbidae - Unionidae - Valvatidae)
Triclades Oligochètes Hirudinés Nématodes	genre classe famille ou genre (<i>Helobdella</i> - <i>Hemiclepsis</i>) classe

Groupes faunistiques	Diversité taxonomique	Taxons	d>30	30≥d>25	25≥d>19	19≥d>12	d≤12	
Plécoptères	I	1	≥3	20	19	18	17	16
		2	<3	19	18	17	16	15
Sétipalpia Heptageniidae except. <i>Heptagenia</i>	II	1	≥2	18	17	16	15	14
		2	1	17	16	15	14	13
Plécoptères Filipalpia except. Nemouridae	III	1	≥3	16	15	14	13	12
		2	<3	15	14	13	12	11
Trichoptères à fourreaux larvaires	IV	1	≥5	14	13	12	11	10
		2	<5	13	12	11	10	9
Ephéméroptères except. <i>Epeorus Ecdyonurus</i> Nemouridae Elminthidae <i>Heptagenia</i>	V	1	≥6	12	11	10	9	8
		2	<6	11	10	9	8	7
Trichoptères sans fourreaux larvaires <i>Baetis</i> <i>Ephemerella</i>	VI	1	≥5	10	9	8	7	6
		2	<5	9	8	7	6	5
Odonates <i>Sialis</i> Gammaridae Mollusques - <i>Caenis</i> Coléoptères except. Elmidae	VII	1	≥6	8	7	6	5	4
		2	<6	7	6	5	4	3
Chironomidae Oligochètes Hirudinae <i>Asellus</i> <i>Dendrocoelum</i>	VIII	1	≥3	6	5	4	3	2
		2	<3	5	4	3	2	1

Annexe XIV : Liste taxonomique IQB des invertébrés du site de Cruas-Meysses en 2021 et listes des taxons uniques et exotiques/invasifs, pour l'ensemble des stations par campagne (1 : 26 juin, 2 : 11 octobre 2021).

Campagne 1 : 26 juin 2021

Campagne 1 iqb			Amont			Aval			Total	Occ
ordre	famille	tax.IQB	HER	SED	SA	HER	SED	SA		
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra			3				3	1
Trichoptères	Psychomyiidae	Lype		1					1	1
Ephéméroptères	Caenidae	Caenis			3				3	1
	Ephemerellidae	Ephemerella		1					1	1
Coléoptères	Elmidae	Esolus			1				1	1
		Stenelmis			1				1	1
Diptères	Chironomidae	Chironomidae	48	117	5	426	85	2	683	6
	Simuliidae	Simuliidae			2				2	1
Lépidoptères		Lépidoptères				4			4	1
Crustacés	Atyidae	Atyidae	1			1			2	2
	Corophiidae	Corophiidae			29			2	31	2
	Janiridae	Janiridae		1	208			22	231	3
	Mysidae	Mysidae	4			2			6	2
	Pontogammaridae	Pontogammaridae	440	3	208	226		246	1123	5
Hirudinés	Piscicolidae	Piscicolidae				1			1	1
Oligochètes		Oligochètes		216	4	15	682	3	920	5
Polychètes	Ampharetidae	Hypania invalida		1				7	8	2
Mollusques	Corbiculidae	Corbicula					14		14	1
	Hydrobiidae	Hydrobiidae		1		3		2	6	3
	Neritidae	Theodoxus	13		51	164		46	274	4
	Sphaeriidae	Pisidium					7		7	1
	Valvatidae	Valvatidae				7			7	1
Effectif			506	341	515	849	788	330	3329	
Richesse taxonomique			5	8	11	10	4	8	22	

Campagne 1 uniques			Amont			Aval			Total	Occ
ordre	famille	NomLatin	HER	SED	SA	HER	SED	SA		
Trichoptères	Psychomyiidae	Lype		1					1	1
Ephéméroptères	Ephemerellidae	Ephemerella		1					1	1
Coléoptères	Elmidae	Esolus			1				1	1
		Stenelmis			1				1	1
Lépidoptères	Lépidoptères	Crambidae				1			1	1
Crustacés	Atyidae	Atyaephyra desmarestii	1			1			2	2
	Janiridae	Jaera istri		1					1	1
Hirudinés	Piscicolidae	Piscicola geometra				1			1	1

Campagne 1 iqb			Amont			Aval			Total	Occ
ordre	famille	tax.IQB	HER	SED	SA	HER	SED	SA		
Polychètes	Ampharetidae	<i>Hypania invalida</i>		1					1	1
Mollusques	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>		1					1	1
		Effectif	1	5	2	3			11	
		Richesse taxonomique	1	5	2	3			10	

Campagne 1 invasifs			Amont			Aval			Total	Occ
ordre	famille	NomLatin	HER	SED	SA	HER	SED	SA		
Crustacés	Corophiidae	<i>Corophium</i>			29			2	31	2
	Janiridae	<i>Jaera istri</i>		1	208			22	231	3
	Mysidae	<i>Limnomysis benedeni</i>	4			2			6	2
	Pontogammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	440	3	208	226		246	1123	5
Polychètes	Ampharetidae	<i>Hypania invalida</i>		1				7	8	2
Mollusques	Corbiculidae	<i>Corbicula</i>					14		14	1
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>		1		3		2	6	3
		Effectif	444	6	445	231	14	279	1419	
		Richesse taxonomique	2	4	3	3	1	5	7	

Campagne 2 : 11 octobre 2021

Campagne 2 iqb			Amont			Aval			Total	Occ
ordre	famille	tax.IQB	HER	SED	SA	HER	SED	SA		
Trichoptères	Ecnomidae	Ecnomus						2	2	1
	Hydropsychidae	Cheumatopsyche			2				2	1
Ephéméroptères	Baetidae	Cloeon				2			2	1
	Caenidae	Caenis			55			2	57	2
	Ephemera	Ephemera		1					1	1
	Heptageniidae	Heptagenia			12				12	1
Coléoptères	Elmidae	Esolus			5				5	1
		Stenelmis			1				1	1
Odonates	Calopterygidae	Calopteryx	1						1	1
Diptères	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae			1				1	1
	Chironomidae	Chironomidae	86	88	14	69	166	8	431	6
	Tipulidae	Tipulidae			1				1	1
Lépidoptères		Lépidoptères	2			2		4	2	
Crustacés	Corophiidae	Corophiidae			20			40	60	2
	Janiridae	Janiridae			321			35	356	2
	Mysidae	Mysidae				8			8	1
	Pontogammaridae	Pontogammaridae	1224		255	463		818	2760	4
Hydracariens		Hydracariens			1			1	1	
Oligochètes		Oligochètes	3	993	3	1	799	2	1801	6
Polychètes	Ampharetidae	<i>Hypania invalida</i>						42	42	1
	Sabellidae	<i>Manayunkia caspica</i>		1					1	1
Mollusques	Corbiculidae	<i>Corbicula</i>			8		9	4	21	3

	Dreissenidae	Dreissena			1				1	1
	Ferrissiidae	Ferrissia	1			1			2	2
	Hydrobiidae	Hydrobiidae		23	2		7	11	43	4
	Lymnaeidae	Radix				8			8	1
	Neritidae	Theodoxus	10		170	62		663	905	4
	Physidae	Physidae				2			2	1
	Valvatidae	Valvatidae					1		1	1
Effectif			1327	1106	872	618	982	1627	6532	
Richesse taxonomique			7	5	17	10	5	11	29	

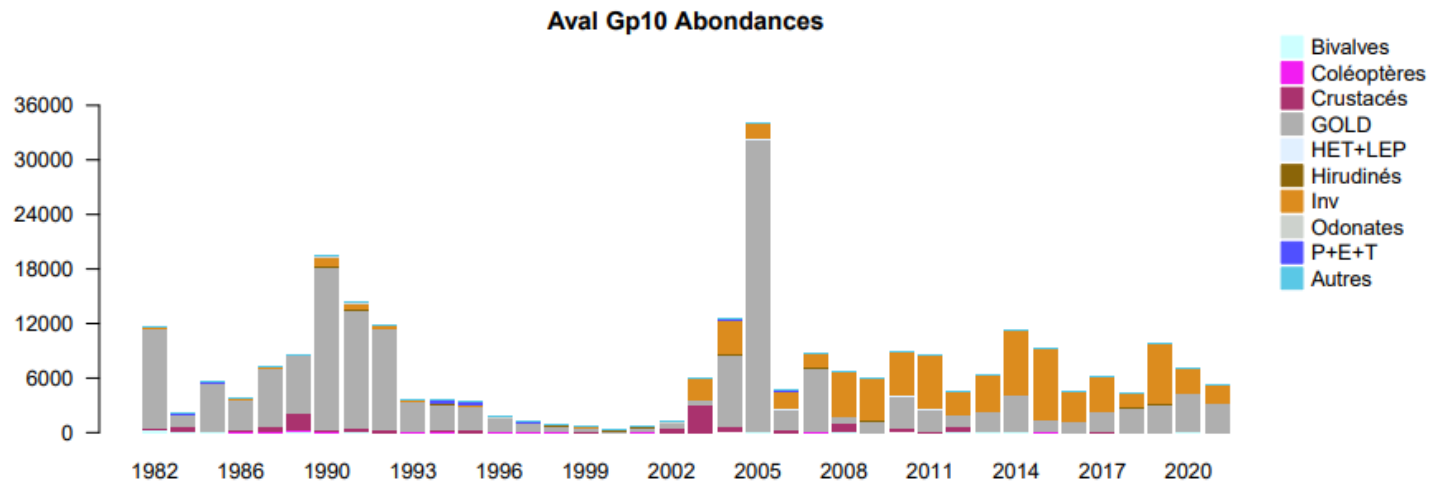
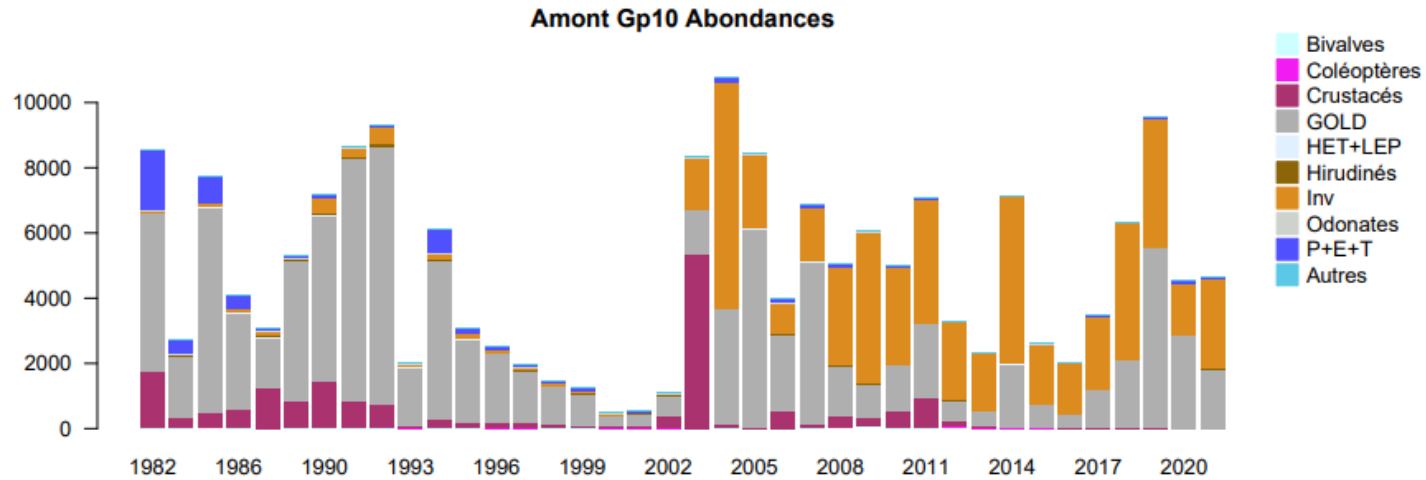
Campagne 2 uniques			Amont			Aval				
ordre	famille	NomLatin	HER	SED	SA	HER	SED	SA	Total	Occ
Ephéméroptères	Ephemeraidae	Ephemera glaucops		1					1	1
Coléoptères	Elmidae	Stenelmis			1				1	1
Odonates	Calopterygidae	Calopteryx	1						1	1
Diptères	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae			1				1	1
	Tipulidae	Tipulidae			1				1	1
Lépidoptères	Lépidoptères	Acentria	1						1	1
		Crambidae	1						1	1
Hydracariens		Hydracariens			1				1	1
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes				1			1	1
Polychètes	Sabellidae	Manayunkia caspica		1					1	1
Mollusques	Dreissenidae	Dreissena			1				1	1
	Ferrissiidae	Ferrissia	1			1			2	2
	Valvatidae	Valvata					1		1	1
Effectif			4	2	5	2	1		14	
Richesse taxonomique			4	2	5	2	1		13	

Campagne 1 invasifs			Amont			Aval				
ordre	famille	NomLatin	HER	SED	SA	HER	SED	SA	Total	Occ
Crustacés	Corophiidae	Corophium			20			40	60	2
	Janiridae	Jaera istri			321			35	356	2
	Mysidae	Limnomysis benedeni				8			8	1
	Pontogammaridae	Dikerogammarus villosus	1224		255	463		818	2760	4
Polychètes	Ampharetidae	Hypania invalida						42	42	1
	Sabellidae	Manayunkia caspica		1					1	1
Mollusques	Corbiculidae	Corbicula			8		9	4	21	3
	Hydrobiidae	Potamopyrgus		23	2		7	11	43	4
Effectif			1224	24	606	471	16	950	3291	
Richesse taxonomique			1	2	5	2	2	6	8	

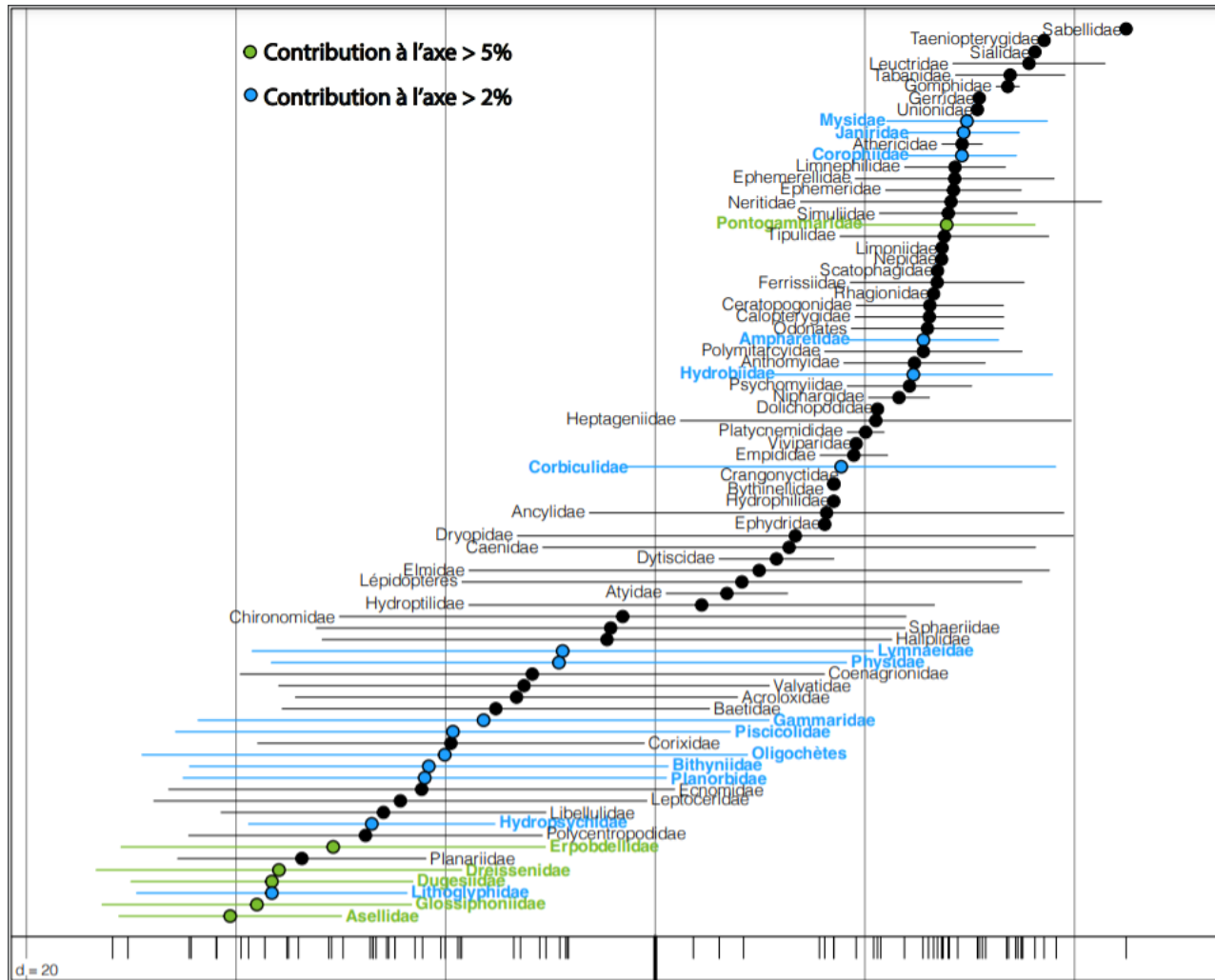
Annexe XV : Tableau IBGN AFNOR NF T 90-350 pour le calcul des notes IBG.

<i>Classe de variété</i>		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<i>Taxons</i>	Σt	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	G1	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
<i>Chloroperlidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Perlodidae</i> <i>Taeniopterygidae</i>	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
<i>Capniidae</i> <i>Brachycentridae</i> <i>Odontoceridae</i> <i>Philopotamidae</i>	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
<i>Leuctridae</i> <i>Glossosomatidae</i> <i>Beraeidae</i> <i>Goeridae</i> <i>Leptophlebiidae</i>	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
<i>Nemouridae</i> <i>Lepidostomatidae</i> <i>Sericostomatidae</i> <i>Ephemeridae</i>	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
<i>Hydroptilidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Polymitarcidae</i> <i>Potamanthidae</i>	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
<i>Leptoceridae</i> <i>Polycentropodidae</i> <i>Psychomyiidae</i> <i>Rhyacophilidae</i>	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
<i>Limnephilidae (1)</i> <i>Hydropsychidae</i> <i>Ephemerellidae (1)</i> <i>Aphelocheiridae</i>	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
<i>Baetidae (1)</i> <i>Caenidae (1)</i> <i>Elmidae (1)</i> <i>Gammaridae (1)</i> <i>Mollusques</i>	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
<i>Chironomidae (1)</i> <i>Asellidae (1)</i> <i>Achètes</i> <i>Oligochètes (1)</i>	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
(1) Taxons représentés par au moins 10 individus - les autres par au moins 3 individus.															

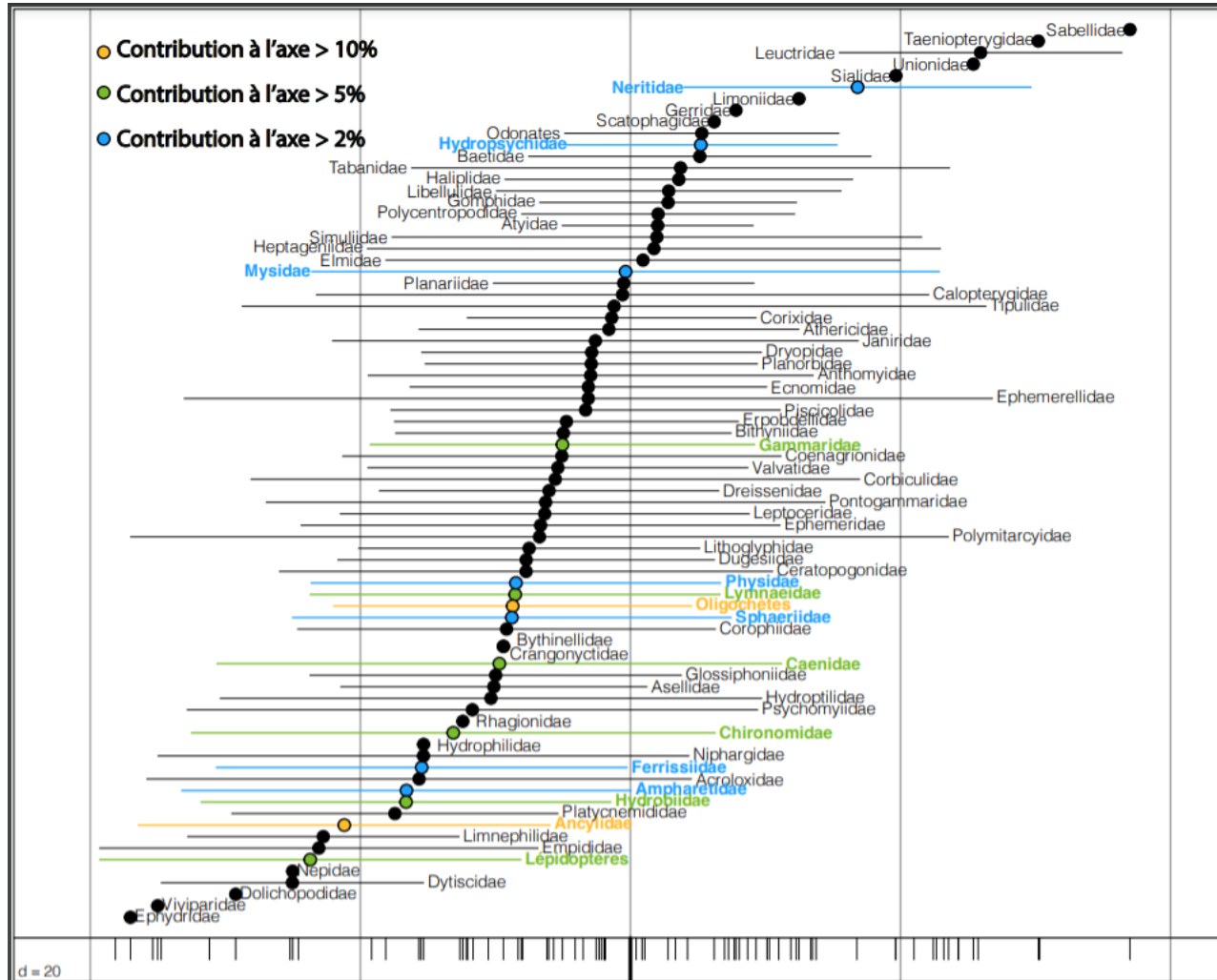
Annexe XVI : Evolution des abondances des 10 groupes faunistiques sur la chronique 1982-2021. GOLD = Gastéropodes, Oligochètes, Diptères (non exogènes) ; (HET + LEP = Héétéroptères + Lépidoptères ; Inv = Invasifs = Crustacés, Mollusques, Achètes et Polychètes principalement ; P+E+T = Pléécoptères + Ephéméroptères + Trichoptères ; Autres = autres groupes que ceux déjà décrits).



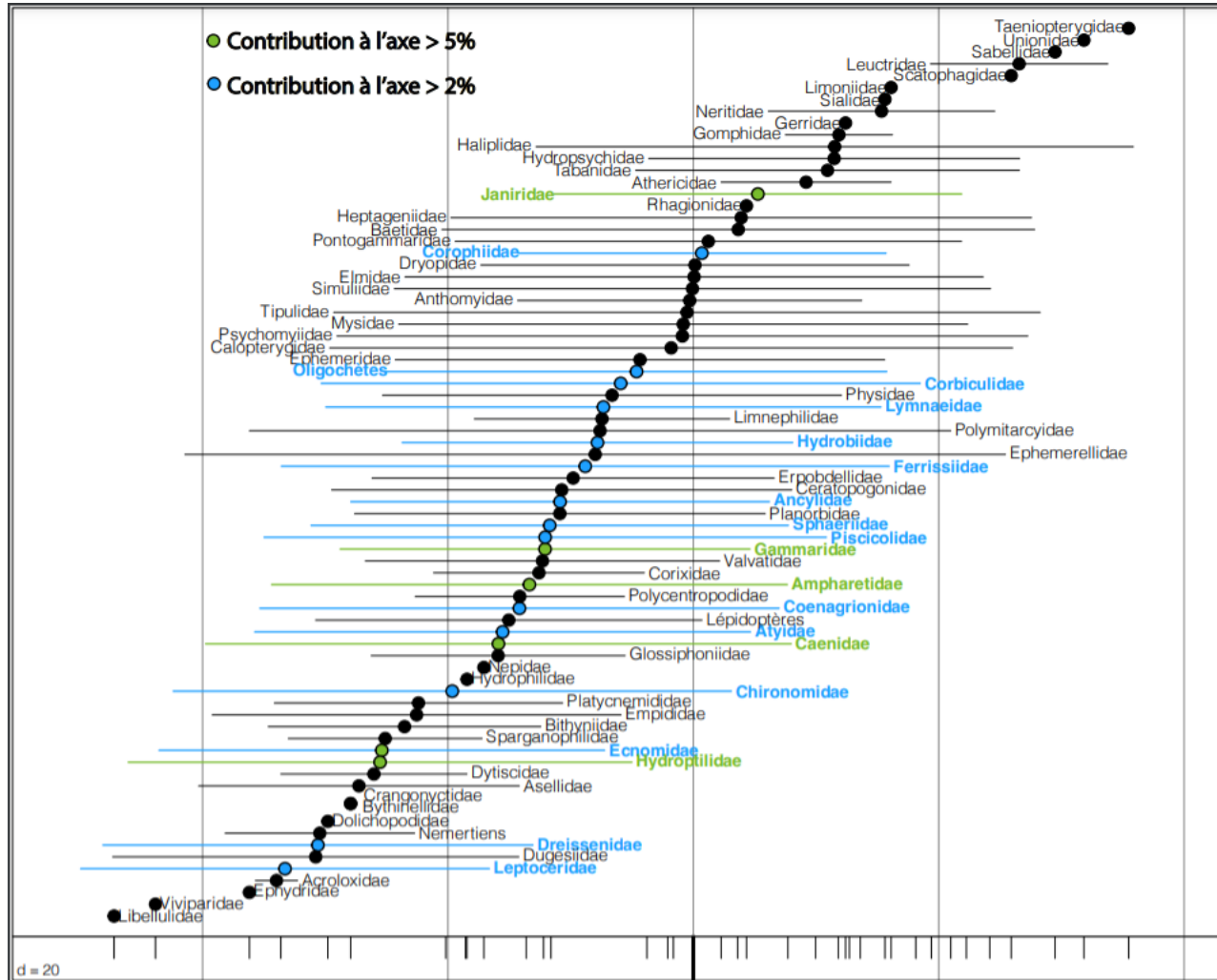
Annexe XVII : ACPn inter-années (1982-2021) du tableau de la macrofaune benthique au niveau « familles ». Ordination des 78 taxons sur le premier axe de l'ACPn inter-années avec mise en couleur des taxons ayant une forte contribution à la constitution de cet axe (en vert supérieur à 5% et en bleu supérieur à 2%).



Annexe XVIII : ACPn inter-années (1982-2021) du tableau de la macrofaune benthique au niveau « familles ». Ordination des 78 taxons sur le deuxième axe de l'ACPn inter-années avec mise en couleur des taxons ayant une forte contribution à la constitution de cet axe (en orange supérieur à 10%, en vert supérieur à 5% et en bleu supérieur à 2%).



Annexe XIX : ACPn inter-années (2004-2021) du tableau de la macrofaune benthique au niveau « familles ». Ordination des 76 taxons sur le premier axe de l'ACPn inter-années avec mise en couleur des taxons ayant une forte contribution à la constitution de cet axe (en vert supérieur à 5% et en bleu supérieur à 2%).



12.5. La faune piscicole

Annexe XXI : Résultats des pêches électriques (LCR). Effectifs bruts.

Ordre / Famille	nom commun	CODE	8 avril		avril	27 mai		mai	8 septembre		sept.	2 novembre		nov.	TOTAL
			CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		
Anguilliformes / Anguillidae															
	Anguille	ANG	4	7	11	6	1	7	11	1	12	1		1	31
Cypriniformes / Acheilognathidae															
	Bouvière	BOU	1	37	38	2	4	6		6	6		5	5	55
Cypriniformes / Cyprinidae															
	Barbeau fluviatile	BAF	8		8	10	4	14	7	9	16	1	2	3	41
	Carassin argenté	CAG		1	1		10	10		3	3		2	2	16
	Carpe commune	CCO					1	1							1
Cypriniformes / Gobionidae															
	Goujon asiatique	PSR	6	141	147	1	40	41	7	91	98	2	53	55	341
	Goujon	GOU	16	5	21	7	21	28	67	11	78	20	6	26	153
Cypriniformes / Leuciscidae															
	Ablette	ABL	59	26	85	402	144	546	34	93	127	327	157	484	1242
	Spirilin	SPI	54	1	55	69		69	104		104	70		70	298
	Chevaine	CHE	80	29	109	23	16	39	34	72	106	15	8	23	277
	Gardon	GAR	3	6	9	2	31	33	19	20	39	2	6	8	89
	Hotu	HOT				1	63	64	4	1	5		6	6	75
	Brème bordelière	BRB		3	3		14	14	4	38	42				59
	Vairon du Languedoc	VAI	2	4	6		2	2							8
	Blageon	BLN	2		2										2
	Rotengle	ROT		1	1									1	2
	Ide mélanote	IDE								1	1			1	1
Cypriniformes / Nemacheilidae															
	Loche franche	LOF	1		1	1	2	3	3		3				7
Gasterosteiformes / Gasterosteidae															
	Epinoche	EPI							1	3	4	1		1	5
Perciformes / Centrarchidae															
	Perche soleil	PES					1	1				1		1	2
	Achigan à grande bouche	BBG								1	1				1
Perciformes / Percidae															
	Grémille	GRE	2	3	5		1	1		1	1				7
	Perche commune	PER					1	1	1		1				2
Scorpaeniformes / Cottidae															
	Chabot	CHA							2		2				2
Siluriformes / Siluridae															
	Silure	SIL				2	1	3	1	1	2	1		1	6
Total			238	264	502	526	357	883	299	352	651	441	246	687	2723
Richesse spécifique			13	13	16	12	18	19	15	16	20	11	10	15	25
Durée de la pêche (min)			33	31		27	29		28	26		30	29		

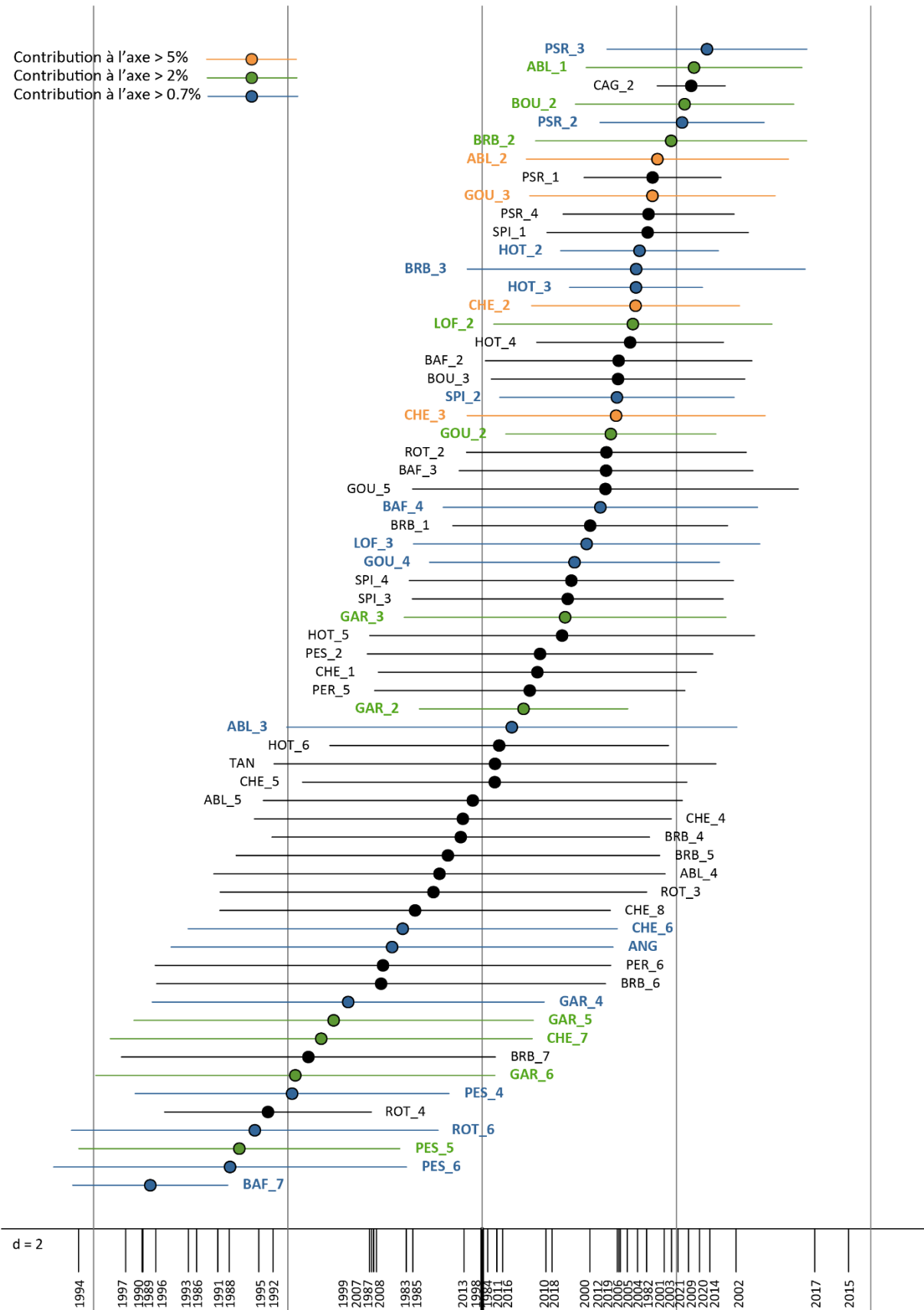
Annexe XXII : Résultats des pêches électriques (LCR). Les effectifs sont corrigés pour 20 minutes de pêche

Ordre / Famille	nom commun	CODE	8 avril		avril	27 mai		mai	8 septembre		sept.	2 novembre		nov.	TOTAL
			CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		
Anguilliformes / Anguillidae															
	Anguille	ANG	2.4	4.5	3.5	4.4	0.7	2.6	7.9	0.8	4.3	0.7		0.3	2.7
Cypriniformes / Acheilognathidae															
	Bouvière	BOU	0.6	23.9	12.2	1.5	2.8	2.1		4.6	2.3		3.4	1.7	4.6
Cypriniformes / Cyprinidae															
	Barbeau fluviatile	BAF	4.8		2.4	7.4	2.8	5.1	5	6.9	6	0.7	1.4	1	3.6
	Carassin argenté	CAG		0.6	0.3		6.9	3.4		2.3	1.2		1.4	0.7	1.4
	Carpe commune	CCO					0.7	0.3							< 0.1
Cypriniformes / Gobionidae															
	Goujon asiatique	PSR	3.6	91	47.3	0.7	27.6	14.2	5	70	37.5	1.3	36.6	18.9	29.5
	Goujon	GOU	9.7	3.2	6.5	5.2	14.5	9.8	47.9	8.5	28.2	13.3	4.1	8.7	13.3
Cypriniformes / Leuciscidae															
	Ablette	ABL	35.8	16.8	26.3	297.8	99.3	198.5	24.3	71.5	47.9	218	108.3	163.1	109
	Spirilin	SPI	32.7	0.6	16.7	51.1		25.6	74.3		37.1	46.7		23.3	25.7
	Chevaine	CHE	48.5	18.7	33.6	17	11	14	24.3	55.4	39.8	10	5.5	7.8	23.8
	Gardon	GAR	1.8	3.9	2.8	1.5	21.4	11.4	13.6	15.4	14.5	1.3	4.1	2.7	7.9
	Hotu	HOT				0.7	43.4	22.1	2.9	0.8	1.8		4.1	2.1	6.5
	Brème bordelière	BRB		1.9	1		9.7	4.8	2.9	29.2	16				5.5
	Vairon du Languedoc	VAI	1.2	2.6	1.9		1.4	0.7							0.6
	Blageon	BLN	1.2		0.6										0.2
	Rotengle	ROT		0.6	0.3										0.2
	Ide mélanote	IDE								0.8	0.4		0.7	0.3	0.2
Cypriniformes / Nemacheilidae															
	Loche franche	LOF	0.6		0.3	0.7	1.4	1.1	2.1		1.1				0.6
Gasterosteiformes / Gasterosteidae															
	Epinuche	EPI							0.7	2.3	1.5	0.7		0.3	0.5
Perciformes / Centrarchidae															
	Perche soleil	PES					0.7	0.3				0.7		0.3	0.2
	Achigan à grande bouche	BBG								0.8	0.4				< 0.1
Perciformes / Percidae															
	Grémille	GRE	1.2	1.9	1.6		0.7	0.3		0.8	0.4				0.6
	Perche commune	PER					0.7	0.3	0.7		0.4				0.2
Scorpaeniformes / Cottidae															
	Chabot	CHA							1.4		0.7				0.2
Siluriformes / Siluridae															
	Silure	SIL				1.5	0.7	1.1	0.7	0.8	0.7	0.7		0.3	0.5
Total			144.2	170.3	157.3	389.6	246.2	317.9	213.6	270.8	242.2	294	169.7	231.8	237.3

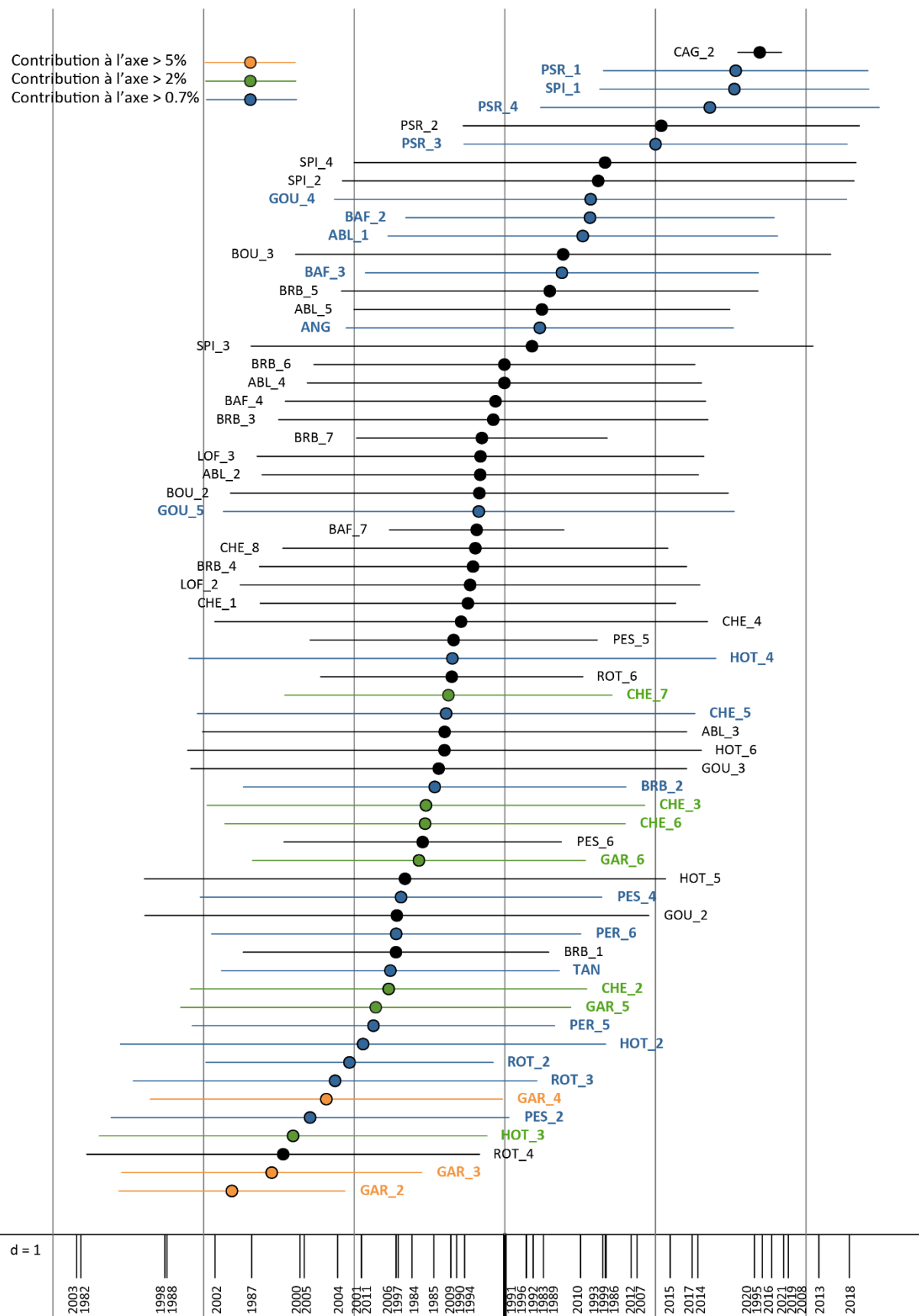
Annexe XXIII : Résultats des pêches électriques (LCR). Abondances relatives.

Ordre / Famille	nom commun	CODE	8 avril		avril	27 mai		mai	8 septembre		sept.	2 novembre		nov.	TOTAL
			CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		CAMT	CAVL		
Anguilliformes / Anguillidae															
	Anguille	ANG	1.7	2.7	2.2	1.1	0.3	0.8	3.7	0.3	1.8	0.2		0.1	1.1
Cypriniformes / Acheilognathidae															
	Bouvière	BOU	0.4	14	7.8	0.4	1.1	0.7		1.7	1		2	0.7	1.9
Cypriniformes / Cyprinidae															
	Barbeau fluviatile	BAF	3.4		1.5	1.9	1.1	1.6	2.3	2.6	2.5	0.2	0.8	0.4	1.5
	Carassin argenté	CAG		0.4	0.2		2.8	1.1		0.9	0.5		0.8	0.3	0.6
	Carpe commune	CCO					0.3	0.1							< 0.1
Cypriniformes / Gobionidae															
	Goujon asiatique	PSR	2.5	53.4	30.1	0.2	11.2	4.5	2.3	25.8	15.5	0.5	21.5	8.2	12.4
	Goujon	GOU	6.7	1.9	4.1	1.3	5.9	3.1	22.4	3.1	11.6	4.5	2.4	3.8	5.6
Cypriniformes / Leuciscidae															
	Ablette	ABL	24.8	9.8	16.7	76.4	40.3	62.5	11.4	26.4	19.8	74.1	63.8	70.4	45.9
	Spirilin	SPI	22.7	0.4	10.6	13.1		8	34.8		15.3	15.9		10.1	10.8
	Chevaine	CHE	33.6	11	21.4	4.4	4.5	4.4	11.4	20.5	16.4	3.4	3.3	3.3	10
	Gardon	GAR	1.3	2.3	1.8	0.4	8.7	3.6	6.4	5.7	6	0.5	2.4	1.2	3.3
	Hotu	HOT				0.2	17.6	7	1.3	0.3	0.7		2.4	0.9	2.7
	Brème bordelière	BRB		1.1	0.6		3.9	1.5	1.3	10.8	6.6				2.3
	Vairon du Languedoc	VAI	0.8	1.5	1.2		0.6	0.2							0.3
	Blageon	BLN	0.8		0.4										< 0.1
	Rotengle	IDE								0.3	0.2				< 0.1
	Ide mélanote	ROT		0.4	0.2								0.4	0.1	< 0.1
Cypriniformes / Nemacheilidae															
	Loche franche	LOF	0.4		0.2	0.2	0.6	0.3	1		0.4				0.3
Gasterosteiformes / Gasterosteidae															
	Epinuche	EPI							0.3	0.9	0.6	0.2		0.1	0.2
Perciformes / Centrarchidae															
	Perche soleil	BBG								0.3	0.2				< 0.1
	Achigan à grande bouche	PES					0.3	0.1				0.2		0.1	< 0.1
Perciformes / Percidae															
	Grémille	GRE	0.8	1.1	1		0.3	0.1		0.3	0.2				0.2
	Perche commune	PER					0.3	0.1	0.3		0.1				< 0.1
Scorpaeniformes / Cottidae															
	Chabot	CHA							0.7		0.3				< 0.1
Siluriformes / Siluridae															
	Silure	SIL				0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2		0.1	0.2

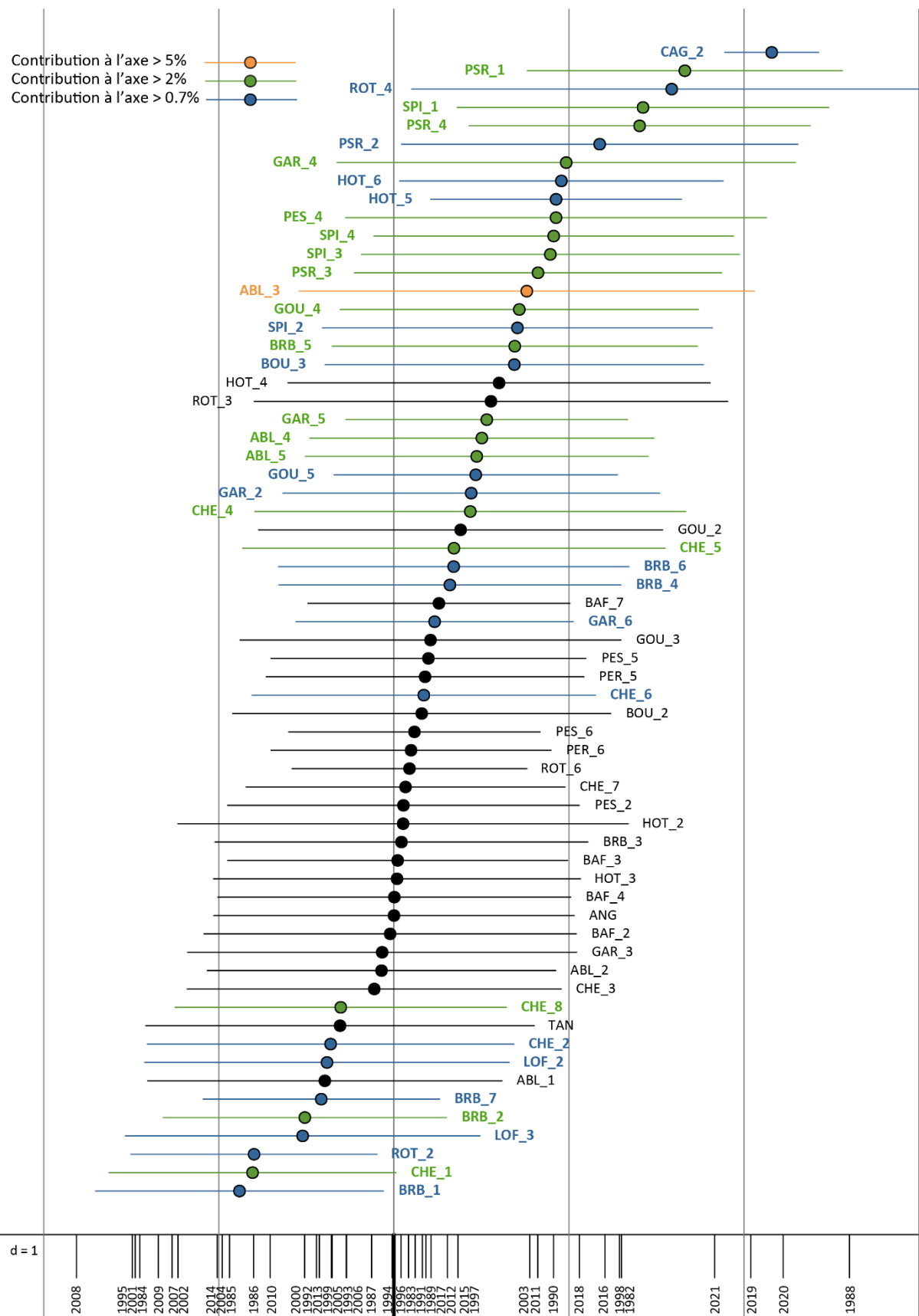
Annexe XXIV : Scores numériques de chaque année biologique sur l'axe 1 de l'ACP inter-années biologiques (indiquées en bas). Distribution temporelle moyenne des effectifs (+ écart-type) des 63 taxons sur 144 dont la contribution à l'un des 3 premiers axes factoriels est supérieure à 0.7%.



Annexe XXV : Scores numériques de chaque année biologique sur l'axe 2 de l'ACP inter-années biologiques (indiquées en bas). Distribution temporelle moyenne des effectifs (+ écart-type) des 63 taxons sur 144 dont la contribution à l'un des 3 premiers axes factoriels est supérieure à 0.7%.



Annexe XXVI : Scores numériques de chaque année biologique sur l'axe 3 de l'ACP inter-années biologiques (indiquées en bas). Distribution temporelle moyenne des effectifs (+ écart-type) des 63 taxons sur 144 dont la contribution à l'un des 3 premiers axes factoriels est supérieure à 0.7%.



Annexe XXVII : Résultats des pêches par EPA de 2016 à 2021 dans les stations Amont et Aval de la retenue de Montélimar. Effectifs des espèces sur la base de 100 EPA par station.

code	Cruas Amont						Cruas Aval					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ABL	92	614	44	25	27	354	32	216	3	23	18	50
ANG	17	17	17	28	31	3	40	17	29	29	33	4
BAF	54	75	22	22	9	8	6	73	18	21	10	2
BLE			2	1				1	5		4	
BLN	7	24	2		2	1						
BOU	61	240	115	12	7		14	16	16	29	1	
BRB	109	363	161	13	31	1	55	484	8	28	39	2
BRO							1					
CAG		7	1		1			1	6	1		2
CCO		1		1	1			8		1	6	
CHA		1				1						
CHE	405	707	160	174	147	35	61	281	32	40	44	49
EPI		1			1							2
GAR	3	100	11	14	15	9	1	156	1	7	15	
GOU	253	32	112	12	31	61	40	22	17	18	21	7
GRE	1		1		1		23				3	
HOT	3	8	13	2	12	6		2				1
LOF	40	127	9	2	9	1	6	5	1	1		
PER	2					2	1					
PES	10	1	2	1			64	10	4	1	1	
PSR	11	17	20	22	10	2	4	241	75	117	44	26
ROT	2	1					2		2			1
SAN												1
SIL	5	7	5				5	1	2			1
SPI	212	56	113	27	68	173	6	58	12	8	7	10
TAN							5					
TOX				1								
VAI	1	68			1			1				
NUL	11	0	16	20	13	31	15	2	22	27	21	49
Effectif total	1288	2467	810	357	404	637	366	1593	231	324	246	158
Richesse	19	21	18	16	18	14	18	18	16	14	14	14

Annexe XXVIII : Liste des espèces intervenant dans le calcul des différentes métriques de l'IPR.

Familie	nom commun	code espèce	Métriques basées sur les occurrences			Métriques basées sur les abondances			
			NEL	NER	NET	DIT	DIO	DII	DTI
ANGUILLIFORMES									
Anguillidae	anguille	ANG			1				
CYPRINIFORMES								1	1
Acheilognathidae	bouvière	BOU			1				1
Cyprinidae	barbeau fluviatile	BAF	1	1	1				
	barbeau méridional	BAM	1	1	1				1
	carassins	CAS			1				1
	carpe	CCO			1		1		1
Gobionidae	goujon	GOU			1				
Leuciscidae	ablette	ABL			1				
	brèmes	BBB			1	1	1		1
	blageon	BLN		1	1	1	1		1
	chevaine	CHE			1				1
	gardon	GAR			1	1	1		1
	hotu	HOT	1	1	1	1	1		1
	rotengle	ROT			1				1
	spirilin	SPI	1	1	1		1		1
	toxostome	TOX	1	1	1			1	1
	vairon	VAI	1		1		1		1
	vandoise	VAN		1	1				1
Nemacheilidae	loche franche	LOF			1				
Tincidae	tanche	TAN			1				
ESOCIFORMES									
Esocidae	brochet	BRO			1				1
GADIFORMES									
Lotidae	lote	LOT		1	1				1
GASTEROSTEIFORMES									
Gasterosteidae	épineche	EPI			1	1	1		1
	épinochette	EPT			1		1		1
PERCIFORMES									
Centrarchidae	perche soleil	PES			1			1	1
Percidae	grémille	GRE			1			1	1
	perche	PER			1				1
	sandre	SAN			1				1
PETROMYZONTIFORMES									
Petromyzontidae	lamproie de Planer	LPP	1		1				1
SALMONIFORMES									
Salmonidae	ombre commun	OBR	1	1	1			1	1
	saumon	SAT	1	1	1			1	1
	truite	TRF	1	1	1			1	1
SCORPAENIFORMES									
Cottidae	chabot	CHA	1	1	1			1	1
SILURIFORMES									
Ictaluridae	poisson-chat	PCH	1		1			1	1

NEL : nombre d'espèces lithophiles ; NER : Nombre d'espèces rhéophiles, NTE : Nombre total d'espèces.

DIT : Densité d'individus tolérants ; DIO : Densité d'individus omnivores ; DII : Densité d'individus invertivores ; DTI : Densité totale d'individus.

Annexe XXIX : Liste des espèces et des guildes fonctionnelles intervenant dans le calcul des différentes métriques de l'IPR+.

Famille	nom commun	CODE	EauO2. O2INTOL	HabGlob. HINTOL	HabRepro. RHPAR	EauGeneral. TOL	EauTemp. STTHER	HabRepro. LIPAR	Troph. OMNI	EauGeneral. INTOL	Hab. LIMNO
Anguilliformes / Anguillidae											
	Anguille	ANG	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cypriniformes / Acheilognathidae											
	Bouvière	BOU	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Cypriniformes / Cyprinidae											
	Barbeau fluviatile	BAF	0	1	1	0	0	0	1	1	0
	Carassin argenté	CAG	0	0	0	1	0	1	1	0	1
	Carpe commune	CCO	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Cypriniformes / Gobionidae											
	Goujon	GOU	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	Goujon asiatique	PSR	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Cypriniformes / Leuciscidae											
	Ablette	ABL	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	Hotu	HOT	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	Chevaine	CHE	0	0	1	1	0	0	1	0	0
	Gardon	GAR	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	Spirilin	SPI	1	1	1	0	1	0	0	1	0
	Brème bordelière	BRB	0	0	0	1	0	1	1	0	1
	Toxostome	TOX	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	Vairon	VAI	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Blageon	BLN	1	1	1	0	0	0	0	1	0
	Ide mélanote	IDE	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cypriniformes / Nemacheilidae											
	Loche franche	LOF	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cyprinodontiformes / Poeciliidae											
	Gambusie	GAM	0	0	0	1	0	1	0	0	1
Gasterosteiformes / Gasterosteidae											
	Epinoche	EPI	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Perciformes / Centrarchidae											
	Perche soleil	PES	0	0	0	1	0	1	0	0	1
Perciformes / Percidae											
	Perche commune	PER	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Siluriformes / Siluridae											
	Silure	SIL	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Annexe XXX : Ecart à l'attendu²⁸ en conditions de référence pour les 10 métriques prises en compte dans le calcul de l'IPR+.

	Cruas Amont						Cruas Aval					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ric.brute.EauGeneral.TOL	-0.5	-0.5	-1.5	-2.5	-2.5	-4.5	0.7	-0.3	-1.3	-2.3	-0.3	-1.3
ric.brute.EauTemp.STTHER	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ric.brute.HabRepro.LIPAR	-8.9	-8.9	-9.9	-9.9	-9.9	-11.9	-9.3	-9.3	-9.3	-11.3	-11.3	-10.3
ric.brute.Troph.OMNI	-2.8	-1.8	-2.8	-2.8	-2.8	-4.8	-3.5	-2.5	-3.5	-3.5	-2.5	-3.5
ric.offset.EauGeneral.INTOL	2.3	2.2	1.5	0.9	1.7	2.1	0.4	0.5	0.6	0.9	0.6	0.9
ric.offset.EauO2.O2INTOL	1.8	2.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
ric.offset.Hab.LIMNO	-9.1	-10.1	-8.1	-6.0	-8.1	-7.0	-7.9	-7.8	-7.8	-6.6	-7.8	-7.6
abond.offset.EauO2.O2INTOL	169.6	50.6	81.8	13.0	52.3	148.2	-7.8	-2.2	3.3	-4.3	-2.3	4.0
abond.offset.HabGlob.HINTOL	264.1	263.3	217.3	40.6	73.0	151.1	10.3	56.6	32.9	39.5	3.0	2.9
abond.offset.HabRepro.RHPAR	666.7	508.1	235.4	149.8	179.4	130.9	32.2	61.7	24.4	10.6	23.8	30.6

²⁸ Les valeurs de ce tableau correspondent à l'opération suivante : [valeur observée - valeur prédite en conditions de référence]. Une valeur négative (en bleu) indique une métrique observée inférieure à l'attendu, et une valeur positive (en rouge) indique une métrique observée supérieure à l'attendu.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR (2004): Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN): NF T 90-350. - Association Française de Normalisation, pp. 16.
- AFNOR (2011): Qualité de l'eau. Détermination de l'indice poissons rivière (IPR): NF T 90-344. - Association Française de Normalisation, pp. 18.
- AFNOR (2016): Qualité de l'eau - Échantillonnage, traitement et analyse de diatomées benthiques en cours d'eau et canaux - Qualité de l'eau - Échantillonnage, traitement et analyse de Diatomées benthiques en cours d'eau et canaux: NF T90-354. - Association Française de Normalisation.
- AL-SHORBAJI, F.N., GOZLAN, R.E., ROCHE, B., BRITTON, R.J. & ANDREOU, D. (2015): The alternate role of direct and environmental transmission in fungal infectious disease in wildlife: threats for biodiversity conservation. - *Scientific Reports* **5**: 10368.
- ALLARDI, J., DUGUET, C. & LEYNAUD, G. (1975): Etude du peuplement ichtyologique d'un milieu fluvial réchauffé artificiellement. - In: WELCOMME, R.L. (Ed.), Symposium on the methodology for the survey, monitoring and appraisal of fishery resources in lakes and large rivers. EIFAC Technical Paper, FAO, Rome, pp. 209-227.
- AUSTIN, A., LANG, S. & POMEROY, M. (1981): Simple methods for sampling periphyton with observations on sampler design criteria. - *Hydrobiologia* **85**: 33-47.
- BELLIARD, J., DITCHE, J.M., ROSET, N. & DEMBSKI, S. (2012): Guide pratique de mise en oeuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. Onema, 31 p.
- BIGGS, B.J.F., STEVENSON, R.J. & LOWE, R.L. (1998): A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. - *Arch. Hydrobiol.* **143**: 21-56.
- BLÖSCHL, G., HALL, J., PARAJKA, J., PERDIGÃO, R.A.P., MERZ, B., ARHEIMER, B., ARONICA, G.T., BILIBASHI, A., BONACCI, O., BORGA, M., ČANJEVAC, I., CASTELLARIN, A., CHIRICO, G.B., CLAPS, P., FIALA, K., FROLOVA, N., GORBACHOVA, L., GÜL, A., HANNAFORD, J., HARRIGAN, S., KIREEVA, M., KISS, A., KJELDSSEN, T.R., KOHNOVÁ, S., KOSKELA, J.J., LEDVINKA, O., MACDONALD, N., MAVROVA-GUIRGUINOVA, M., MEDIERO, L., MERZ, R., MOLNAR, P., MONTANARI, A., MURPHY, C., OSUCH, M., OVCHARUK, V., RADEVSKI, I., ROGGER, M., SALINAS, J.L., SAUQUET, E., ŠRAJ, M., SZOLGAY, J., VIGLIONE, A., VOLPI, E., WILSON, D., ZAIMI, K. & ŽIVKOVIĆ, N. (2017): Changing climate shifts timing of European floods. - *Science* **357**: 588-590.
- BOURELLY, P. (1981): Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Tome 2. Les algues jaunes et brunes, Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. - Editions N. Boubée, Paris.
- BOURELLY, P. (1985): Les algues d'eau douce : initiation à la systématique. Tome 3. Les algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. - Editions N. Boubée, Paris.
- BOURELLY, P. (1990): Les algues d'eau douce : initiation à la systématique. Tome 1. Les algues vertes. - Editions N. Boubée, Paris.
- BRITTON, J.R., CUCHEROUSSET, J., DAVIES, G.D., GODARD, M.J. & COPP, G.H. (2010): Non-native fishes and climate change: predicting species responses to warming temperatures in a temperate region. - *Freshwat. Biol.* **55**: 1130-1141.
- CARREL, G., LIZEE, M.-H., MARCHANDISE, A., FAYOLLE-SANNA, S., BOUCARD, E. & ARCHAMBAUD, G. (2018): Etude hydro-écologique et chimique du Rhône. CNPE de Cruas-Meysses. Synthèse décennale 2007 - 2016. Irstea Aix-en-Provence, UR RECOVER, Equipe FRESHCO, 200 p.
- CARREL, G., OLIVIER, J.-M., POIREL, A. & BREIL, P. (2003): Analyse des réponses biologiques à la variabilité climatique par l'examen de chroniques temporelles. Variabilité inter-annuelle de la reproduction des poissons cyprinidae dans le Rhône à l'aval de Lyon : rôle de la température. - In: PONT, D. (Ed.), Conséquences potentielles du changement climatique sur les biocénoses aquatiques et riveraines françaises. Rapport final MEDD - GICC Aquabio, Paris.

- CATTANEO, F., CARREL, G., LAMOUREUX, N. & BREIL, P. (2001): Relationship between hydrology and cyprinid reproductive success in the Lower Rhône at Montélimar, France. - Arch. Hydrobiol. **151**: 427-450.
- CEMAGREF (1982): Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Cemagref, Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture, Lyon, 217 p.
- COMTE, L., BUISSON, L., DAUFRESNE, M. & GRENOUILLET, G. (2013): Climate-induced changes in the distribution of freshwater fish: observed and predicted trends. - Freshwat. Biol. **58**: 625-639.
- COOKE, W.B. (1956): Colonization of artificial bare areas by microorganisms. - Botanical Review **22**: 613-638.
- CTGREF (1976a): Etude écologique du Rhône. Etudes biologiques et écologiques des sites d'implantation de centrales thermiques. 1ère partie : Caractéristiques mésologiques. Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts (CTGREF), Division "Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture", Paris, 49 p.
- CTGREF (1976b): Etude écologique du Rhône. Etudes biologiques et écologiques des sites d'implantation de centrales thermiques. 2ème partie : Les peuplements. Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts (CTGREF), Division "Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture", Paris, 38 p.
- CTGREF (1977): Etude écologique du Rhône : sites de Bugey, Chavanay et Tricastin. Centre Technique du Génie Rural, des Eaux et Forêts, Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture, Antony, 17 + 102 p.
- CTGREF (1980): Etude écologique du Rhône. Sites de Cruas et Aramon. Etat de référence. Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts (CTGREF), Divisions "Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture", Antony, Aix-en-Provence, 78 p.
- DAGET, J. (1976): Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie, VIII. - Masson, Paris, 172 p.
- DELAIGUE, O., CARREL, G. & PONT, D. (2007): Influence de la température sur la croissance des juvéniles de poissons Cyprinidae. Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, France, 44 p.
- DEVAUX, A., BONY, S., PLENET, S., SAGNES, P., SEGURA, S., SUAIRE, R., NOVAK, M., GILLES, A. & OLIVIER, J.-M. (2015): Field evidence of reproduction impairment through sperm DNA damage in the fish nase (*Chondrostoma nasus*) in anthropized hydrosystems. - Aquatic Toxicology **169**: 113-122.
- DEVIN, S., PISCART, C., BEISEL, J.-N. & MORETEAU, J.-C. (2004): Life history traits of the invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda) in the Moselle River, France. - Internat. Rev. Hydrobiol. **89**: 21-34.
- DUDGEON, D. (2019): Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. - Current Biology **29**: R960-R967.
- EEA (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. - EEA Report No 1/2017. European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark, 424 p.
- ERCAN, D., ANDREOU, D., SANA, S., ÖNTAŞ, C., BABA, E., TOP, N., KARAKUŞ, U., TARKAN, A.S. & GOZLAN, R.E. (2015): Evidence of threat to European economy and biodiversity following the introduction of an alien pathogen on the fungal–animal boundary. - Emerging Microbes & Infections **4**.
- EUR-Lex (2000): L327 - Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. - Official Journal of the European Communities **43**: 1-73.
- FAURE, J.-P. & TANZILLI, J.-C. (2016): L'installation du silure dans le bassin du Rhône : bilan de trois décennies de suivi de l'espèce. Fédération du Rhône et de la Métropole de Lyon pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 49 p.
- FLOTEMERSCH, J.E., STRIBLING, J.B., HUGHES, R.M., REYNOLDS, L., PAUL, M.J. & WOLTER, C. (2011): Site length for biological assessment of boatable rivers. - River Res. Applic. **27**: 520-535.
- FLOURY, M. (2013): Analyse des tendances d'évolution de peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un contexte de réchauffement climatique des eaux, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 275 p.

- FRONTIER, S. (Ed.) (1983): Stratégie d'échantillonnage en écologie. - Masson, Presses de l'Université Laval - Québec, Paris, 494 pp.
- FRUGET, J.-F. & BEISEL, J.-N. (2016): Quatre nouvelles espèces d'invertébrés exotiques observées sur le Rhône. - <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/quatre-nouvelles-especes-dinvertebres-exotiques-observees-sur-le-rhone/> - Centre de Ressources Espèces Exotiques Envahissantes.
- FRUGET, J.-F., JÉZÉQUEL, C., ARCHAMBAUD, G., DESSAIX, J. & ROGER, M.-C. (2015): Long-term effects of global and local changes on benthic macroinvertebrate communities in multi-stressed large rivers: the example of the Rhône River during the last 30 years. - *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* **416**: 29.
- GALLARDO, B. & ALDRIDGE, D.C. (2012): Priority setting for invasive species management: risk assessment of Ponto-Caspian invasive species into Great Britain. - *Ecol. Appl.* **23**: 352-364.
- GARGOMINY, O., TERCERIE, S., RÉGNIER, C., RAMAGE, T., DUPONT, P., DASZKIEWICZ, P. & PONCET, L. (2019): TAXREF v13, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en oeuvre et diffusion. - Rapport Patrinat. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 63 p.
- GRENOUILLET, G., HUGUENY, B., CARREL, G., OLIVIER, J.M. & PONT, D. (2001): Large-scale synchrony and inter-annual variability in roach recruitment in the Rhône River: the relative role of climatic factors and density-dependent processes. - *Freshwat. Biol.* **46**: 11-26.
- HOARE, D.J., KAUSE, J., PEUHKURI, N. & GODIN, J.-G.J. (2000): Body size and shoaling in fish. - *J. Fish Biol.* **57**: 1351-1366.
- HOEGH-GULDBERG, O., JACOB, D., TAYLOR, M., GUILLÉN BOLAÑOS, T., BINDI, M., BROWN, S., CAMILLONI, I.A., DIEDHIOU, A., DJALANTE, R., EBI, K., ENGELBRECHT, F., GUIOT, J., HIJIOKA, Y., MEHROTRA, S., HOPE, C.W., PAYNE, A.J., PÖRTNER, H.-O., SENEVIRATNE, S.I., THOMAS, A., WARREN, R. & ZHOU, G. (2019): The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5°C. - *Science* **365**: eaaw6974.
- HUET, M. (1954): Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. - *Trav. Stat. Rech. Groenendaal* **16**: 1-13.
- IORGULESCU, I., BÜTLER, R. & SCHLAEPFER, R. (2003): Integration of economic and ecological considerations into ecosystem-based management of mountain forests. -, International Research Course, The formulation of integrated management plans (IMPs) for mountain forests, Bardonecchia (Italy), 30.06.-05.07.2002, pp. 73-86.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1999): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota. Part 1: Chroococcales. - *Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg & Berlin*, 548 p.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (2007): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/2: Cyanoprokaryota Bd. 2 / Part 2: Oscillatoriales. - *Springer Spektrum, Heidelberg & Berlin*, 759 p.
- KONEČNÁ, M., JURAJDA, P. & REICHARD, M. (2009): River discharge drives recruitment success of the European bitterling *Rhodeus amarus* in a regulated river in central Europe. - *J. Fish Biol.* **74**: 1642-1650.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 02/1: Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae. - *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York*, 876 p.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1988): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 02/2: Bacillariophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. - *VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart*, 596 p.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991a): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 02/3: Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. - *VEB Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena*, 576 p.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991b): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 02/4: Bacillariophyceae, 4. Teil: Achnanthaceae. - *VEB Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena*, 437 p.

- KUCZYNSKI, L., CHEVALIER, M., LAFFAILLE, P., LEGRAND, M. & GRENOUILLET, G. (2017): Indirect effect of temperature on fish population abundances through phenological changes. - *PLoS ONE* **12**: e0175735.
- LARROUDE, S., MASSEI, N., REYES-MARCHANT, P., DELATTRE, C. & HUMBERT, J.F. (2013): Dramatic changes in a phytoplankton community in response to local and global pressures: a 24-year survey of the river Loire (France). - *Glob. Change Biol.* **19**: 1620-1631.
- LECOINTE, C., COSTE, M. & PRYGIEL, J. (1993): "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. - *Hydrobiologia* **269**: 509-513.
- LOCK, M.A. (1993): Attached microbial communities in rivers. - In: FORD, T.E. (Ed.), *Aquatic microbiology: an ecological approach*. Blackwell, Oxford, pp. 113–138.
- LUCEY, W.P., AUSTIN, A. & DENISEGER, J. (1987): Concept and design of a substrata container for sampling periphyton. - *Wat. Res.* **21**: 395-402.
- MACNEIL, C., BOETS, P., LOCK, K. & GOETHALS, P.L.M. (2013): Potential effects of the invasive 'killer shrimp' (*Dikerogammarus villosus*) on macroinvertebrate assemblages and biomonitoring indices. - *Freshwat. Biol.* **58**: 171-182.
- MAIRE, A., THIERRY, E., VIECHTBAUER, W. & DAUFRESNE, M. (2019): Poleward shift in large-river fish communities detected with a novel meta-analysis framework. - *Freshwat. Biol.* **64**: 1143-1156.
- MANN, R.H.K. (1973): Observations on the age, growth, reproduction and food roach *Rutilus rutilus* (L.), in two rivers in southern England. - *J. Fish Biol.* **5**: 707-736.
- MANN, R.H.K. (1976): Observation on the age, growth, reproduction and food of the chub *Squalius cephalus* (L.) in the River Stour, Dorset. - *J. Fish Biol.* **8**: 265-288.
- MANN, R.H.K. (1991): Growth and production. - In: WINFIELD, I.J. & NELSON, J.S. (Eds), *Cyprinid Fishes. Systematics, biology and exploitation*. Fish and fisheries Series 3. Chapman & Hall, London, pp. 456-482.
- MARZIN, A., DELAIGUE, O., LOGEZ, M., BELLIARD, J. & PONT, D. (2014): Uncertainty associated with river health assessment in a varying environment: The case of a predictive fish-based index in France. - *Ecol. Indic.* **43**: 195-204.
- MATHERON, C. & RIVOALLAN, D. (2021): Suivi de la pêche de L'alose feinte de Méditerranée (*Alosa agone*) sur le bassin du Rhône. Campagne 2020. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, 36 p.
- MEEM (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.
- MORICE, C.P., KENNEDY, J.J., RAYNER, N.A., WINN, J.P., HOGAN, E., KILLICK, R.E., DUNN, R.J.H., OSBORN, T.J., JONES, P.D. & SIMPSON, I.R. (2021): An updated assessment of near-surface temperature change from 1850: The HadCRUT5 data set. - *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* **126**: e2019JD032361.
- MULHOLLAND, P.J., STEINMAN, A.D., PALUMBO, A.V., ELWOOD, J.W. & KIRSCHTEL, D.B. (1991): Role of nutrient cycling and herbivory in regulating periphyton communities in laboratory streams. - *Ecology* **72**: 966-982.
- MÜLLER, R. & MENG, J.H. (1986): Factors governing the growth rate of roach *Rutilus rutilus* (L.) in pre-alpine Lake Sarnen. - *Aquatic Sciences - Research Across Boundaries* **48**: 135-144.
- NELVA, A., PERSAT, H. & CHESSEL, D. (1979): Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. - *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série D* **289**: 1295-1298.
- OTJACQUES, W., DE LAENDER, F. & KESTEMONT, P. (2016): Discerning the causes of a decline in a common European fish, the roach (*Rutilus rutilus* L.): A modelling approach. - *Ecol. Model.* **322**: 92-100.

- OTJACQUES, W., LATLI, A., BERNARD, B., OVIDIO, M., DEPIEREUX, E. & KESTEMONT, P. (2015): Recent decline of roach *Rutilus rutilus* stock in a large river ecosystem in relation with its population dynamics. - *Fundamental and Applied Limnology - Archiv für Hydrobiologie* **187**: 151-163.
- PARDE, M. (1933): *Fleuves et rivières*. - Armand Colin, Paris.
- PERSAT, H. & OLIVIER, J.M. (1991): The point abundance sampling, a fishing strategy for large rivers: short presentation of the concept, its appliance, and some results. - In: PENAZ, M. (Ed.), *Biological monitoring of large rivers*. Czech Academy of Sciences, Brno & Gabčíkovo, Czechoslovakia, pp. 104-113.
- PISCART, C. & BOLLACHE, L. (2012): Crustacés amphipodes de surface : gammares d'eau douce. Collection "Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales de France". - *Association Française de Limnologie* 122 p.
- POIREL, A., CARREL, G. & OLIVIER, J.M. (2001): Illustration de la complémentarité des chroniques environnementales dans l'étude d'un hydrosystème fluvial : régime thermique et peuplements piscicoles du Rhône., Scientifiques & décideurs. Agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Lyon, France - Web: http://www.eaurmc.fr/lyon-fleuves-2001/page_html/p_somme_alelier4.html.
- PONT, D., DELAIGUE, O., BELLARD, J., MARZIN, A. & LOGEZ, M. (2013): Programme IPR+. Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE. Version V.2.0 de l'indicateur. Irstea, Onema, 208 p.
- POULET, N., BEAULATON, L. & DEMBSKI, S. (2011): Time trends in fish populations in metropolitan France: insights from national monitoring data. - *J. Fish Biol.* **79**: 1436–1452.
- PRYGIEL, J. & COSTE, M. (2000): Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T 90-354. - Agence de l'eau Artois Picardie, Douai, 340 p.
- RIFFLART, R., CARREL, G., LE COARER, Y. & NGUYEN THE FONTEZ, B. (2009): Spatio-temporal patterns of fish assemblages in a large regulated alluvial river. - *Freshwat. Biol.* **54**: 1544-1559.
- ROUX, A.L. (1969): L'extension de l'aire de répartition géographique de *Gammarus roeseli* en France. Nouvelles données. - *Annls Limnol.* **5**: 123-127.
- SANTOS, R., POULET, N. & BESNARD, A. (2021): Life-history traits correlate with temporal trends in freshwater fish populations for common European species. - *Freshwat. Biol.* **66**: 317-331.
- STEVENSON, R.J., BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L. (1996): *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems*. A volume in *Aquatic Ecology. Aquatic Ecology Series*. - Academic Press, San Diego, 753 p.
- TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2010): *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. - CNRS Editions, 592 p.
- TOMANOVA, S., TEDESCO, P.A., ROSET, N., BERREBI DIT THOMAS, R. & BELLARD, J. (2013): Systematic point sampling of fish communities in medium- and large-sized rivers: sampling procedure and effort. - *Fish. Mgmt Ecol.* **20**: 533-543.
- USSEGLIO-POLATERA, P., WASSON, J.G. & ARCHAIMBAULT, V. (2009): Appui scientifique à la Mise en oeuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Protocole expérimental d'échantillonnage des « macroinvertébrés » en cours d'eau profond, 19 p.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. - *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen* **9**: 1-38.
- UTERMÖHL, v.H. (1931): Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Plankton.(Mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons.) Mit 4 Abbildungen im Text. - *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* **5**: 567-596.
- VAN DAMME, D., BOGUTSKAYA, N., HOFFMANN, R.C. & SMITH, C. (2007): The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. - *Fish and Fisheries* **8**: 79-106.
- VERNEAUX, J., FAESSEL, B. & MALESIEUX, G. (1976): Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. I. Utilisation de substrats artificiels

standards. II. Echantillonnage différentiel et identification des habitats prospectés. III. Interprétation des analyses faunistiques : l'Indice de Qualité Biologique Globale (I.Q.B.G.) - l'Indice de Qualité Biologique Potentielle (I.Q.B.P.). CTGREF, Paris, Besançon, 14 p.

WOŁOWSKI, K. & HINDÁK, F. (2005): Atlas of Euglenophytes. - Cracow: VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, 136 p.

ZAMPIERI, M., SCOCCIMARRO, E., GUALDI, S. & NAVARRA, A. (2015): Observed shift towards earlier spring discharge in the main Alpine rivers. - *Sci. Total Environ.* **503–504**: 222-232.



Centre Provence Alpes Côte d'Azur

UMR RECOVER

Equipe FRESHCO

3275 Route Cézanne - CS 40061

13182 Aix-en-Provence Cedex 5

Tél. : +33 (4) 42 66 99 10

Rejoignez-nous sur :



www.inrae.fr/centres/provence-alpes-cote-dazur

**Institut national de recherche pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**

INRAE
la science pour la vie, l'humain, la terre