



RAPPORT DE SYNTHÈSE 2021

-

SUIVI PISCICOLE, THERMIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DU PETIT RHIN



Rédaction : Sophie LOUIS

Relecture et compléments : Ywen NAMOKEL

Version finale du 10/12/2021

*Dossier suivi par : S. LOUIS, Chargée de projets
sophie.l@peche68.fr*

Partenaires techniques et financiers :



Référence à citer :

FDAAPPMA68, 2021. *Rapport de synthèse 2021 - Suivi piscicole, thermique et physico-chimique du Petit-Rhin entre Village-Neuf et Kembs.* 39p. LOUIS S.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. CONTEXTE.....	2
3. MATÉRIELS ET MÉTHODES	4
1. Suivi piscicole.....	4
a) Principe de la pêche électrique	4
b) Méthode de la pêche par points	4
c) La biométrie.....	5
d) Méthode d'analyse des résultats	5
2. Suivi thermique	8
a) Principe et objectif	8
b) Le matériel et sa mise en place	8
c) Méthodes d'analyse des résultats.....	8
3. Suivi physico-chimique	9
4. RÉSULTATS.....	9
1. Analyse biologique	9
a) Description de la campagne 2021	9
b) Physico-Chimie	10
c) Inventaire biologique 2021	11
2. Analyse thermique	25
a) Evolution des températures journalières sur l'année écoulée	25
b) Croisement des températures moyennes journalières avec les débits moyens journaliers	26
c) Températures minimales et maximales instantanées en lien avec la température moyenne des 30 jours les plus chauds	27
d) Optimum thermique de la Truite fario et du Barbeau fluviatile en lien avec le régime du Petit Rhin	29

e) Comparaison interannuelle.....	31
5. Conclusion et perspectives.....	32
BIBLIOGRAPHIE.....	34
ANNEXES.....	37

Liste des Figures

FIGURE 1 : CARTOGRAPHIE DE L'EMPLACEMENT DES STATIONS DE SUIVI DES PEUPEMENTS PISCICOLES	2
FIGURE 2 : CARTOGRAPHIE DE L'EMPLACEMENT DES SONDES THERMIQUES ETUDIEES.....	3
FIGURE 3 : EXEMPLE D'HABITATS POUR LES POINTS COMPLEMENTAIRES DU PETIT RHIN.....	4
FIGURE 4 : SCHEMA DE PROSPECTION EN PROTOCOLE DE PECHE PAR POINTS.....	5
FIGURE 5 : CLASSES DE QUALITE DE L'INDICE PATHOLOGIQUE GLOBAL.....	7
FIGURE 6 : PROPORTION DES FACIES D'ECOULEMENT ET DES POSITIONNEMENTS SUR LES 80 POINTS ECHANTILLONNES.....	12
FIGURE 7 : PROPORTION DES INDIVIDUS SAINS ET ATTEINTS DE PATHOLOGIES AU SEIN DU PEUPEMENT INVENTORIE SUR LE PETIT RHIN	14
FIGURE 8 : PROPORTION EN POURCENTAGE DES EFFECTIFS DES ESPECES PRESENTES, DE GAUCHE A DROITE, SUR LES POINTS REPRESENTATIFS ET SUR LES POINTS COMPLEMENTAIRES.....	14
FIGURE 9 : PROPORTION EN POURCENTAGE DE LA BIOMASSE SUR L'ENSEMBLE DES POINTS	16
FIGURE 10 : REPARTITION EN CLASSE DE TAILLE DES EFFECTIFS DE BARBEAU FLUVIATILE	18
FIGURE 11 : REPARTITION EN CLASSE DE TAILLE DES EFFECTIFS D'ABLETTE, DE CHEVESNE, DE GOBIE A TACHE NOIRE, DE LOCHE FRANCHE ET DE GOUJON ASIATIQUE	19
FIGURE 12 : COMPARATIF DES PROBABILITES DE PRESENCE THEORIQUES ET DES EFFECTIFS OBSERVES	20
FIGURE 13 : METRIQUES D'ABONDANCE ET D'OCCURRENCE OBSERVEES ET THEORIQUES	20
FIGURE 14 : MESURES OBSERVEES ET THEORIQUES POUR L'IPR+.....	21
FIGURE 15 : PROPORTION PAR ESPECE POUR LES POINTS COMPLEMENTAIRES EN FONCTION DE L'ANNEE	22
FIGURE 16 : PROPORTION PAR ESPECE POUR LES POINTS REPRESENTATIFS EN FONCTION DE L'ANNEE	22
FIGURE 17 : PROPORTION PAR ESPECE POUR L'ENSEMBLE DES POINTS EN FONCTION DE L'ANNEE	23
FIGURE 18 : PROPORTION DES ESPECES INDESIRABLES SUR LA STATION DE SUIVI DU PETIT RHIN DE 2017 A 2021.....	23
FIGURE 19 : CARTOGRAPHIE DES PROPORTIONS DES DENSITES RELATIVES OBTENUES EN 2021 EN IND/100M ² 24	

FIGURE 20 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES SUR LES QUATRE STATIONS ETUDIEES MISES EN RELATION AVEC LES DEBITS RELEVES SUR LE RHIN A BALE	26
FIGURE 21 : TEMPERATURES MINIMALES ET MAXIMALES INSTANTANEEES MISES EN RELATION AVEC LA TEMPERATURE MOYENNE DES 30 JOURS CONSECUTIFS LES PLUS CHAUDS	27
FIGURE 22 : CARTOGRAPHIES DES TEMPERATURES MM30J, INSTANTANEEES MAX. ET MIN	28
FIGURE 23 : REPARTITION DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES EN FONCTION DU PREFERENDUM THERMIQUE DE LA TRUITE FARIO	29
FIGURE 24 : REPARTITION DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES EN FONCTION DU PREFERENDUM THERMIQUE DU BARBEAU FLUVIATILE	30
FIGURE 25 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES SUR LA STATION MEDIANE DU PETIT RHIN D’AVRIL A AVRIL POUR LES ANNEES 2017 A 2021	31

Liste des Tableaux

TABLEAU I : DESCRIPTIF DE L’OPERATION 2021.....	9
TABLEAU II : RESULTATS DES RELEVES DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DU PETIT RHIN	10
TABLEAU III : FACIES D’ECOULEMENT ET POSITIONNEMENT DES POINTS ECHANTILLONNES	11
TABLEAU IV : LISTE FAUNISTIQUE DES ESPECES ECHANTILLONNEES.....	12
TABLEAU V : EFFECTIF ET PROPORTION DES ESPECES PRESENTES SUR LES DIFFERENTS POINTS EFFECTUES	15
TABLEAU VI : DENSITES PAR ESPECES EN FONCTION DES POINTS REPRESENTATIFS ET COMPLEMENTAIRES	17

1. INTRODUCTION

Le Rhin, long de ses 1 233 km, est un des principaux fleuves français et représente une des voies navigables les plus fréquentées au monde (Doridant, 2021). Historiquement, le « Rhin sauvage » s'écoulait en tresses et transportait d'importantes quantités de sédiment, modifiant sans cesse son profil et alimentant de nombreuses zones humides (L'Observatoire du Rhin, 2015). Ses débordements sont réguliers et, afin de protéger les populations en place contre les inondations mais aussi le paludisme, des travaux de rectification ont vu le jour en 1817 selon le plan de Tulla, avec un lit mineur contenu dans des rives fixes distantes de 200 à 250 m, accompagnées, sur certains secteurs, de digues de hautes-eaux (Tricard et Bravard, 1991). L'objectif était que le Rhin soit contenu dans un seul bras et qu'il creuse son lit de lui-même, ce qui a conduit à :

- Une réduction de son cours de 32 km entre Bâle et Lauterbourg ;
- Un abaissement important du niveau moyen de la nappe phréatique ;
- Une exhumation de la barre rocheuse d'Istein, empêchant la navigation sur ce secteur ;
- Une topographie du lit irrégulière entraînant des alternances de seuils et de mouille, rendant la navigation très difficile.

Ces problèmes ont engendré la « régularisation » du Rhin entre 1906 et 1950 pour garantir la navigation sur le fleuve, notamment pour augmenter l'activité du port de Strasbourg avec la mise en place d'épis rocheux et de seuils au sein d'un chenal où sont concentrées les basses eaux du Rhin (Encyclopédie B&S Editions, 2010). Cependant, cette installation ne permet toujours pas de rejoindre Bâle, toujours isolée par la barre d'Istein. Ainsi débute la canalisation du Rhin avec la création du Grand Canal d'Alsace qui vit le jour en 1928. C'est ce dernier qui donne naissance à l'île du Rhin, bande de terre de 51 km de long et de quelques centaines de mètres de large où les peuplements ont évolué naturellement et font aujourd'hui partie de la Réserve Naturelle de la Petite Camargue Alsacienne (PCA) (Conservatoire des Sites Alsaciens, 2017).

C'est dans ce cadre qu'Electricité de France (EDF), en 2013, a entrepris d'engager des travaux de renaturation écologique sur un ancien champ de maïs avec la restauration d'un bras de rivière sur plus de 7 km afin de reconstituer un ensemble de milieux naturels, humides et secs qui permettront le maintien ou le retour de certaines espèces d'amphibiens, d'oiseaux ou encore piscicoles (EDF, 2016).

Afin de suivre l'évolution des peuplements piscicoles au sein de ce nouveau bras, EDF a mandaté la Fédération du Haut-Rhin pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique dans le cadre de leur partenariat formalisé aujourd'hui par la Convention-cadre nationale du 16 décembre 2019 signée entre EDF Hydro et la Fédération Nationale pour la Pêche en France (*Convention EDF – Fédération 2020*). Cette dernière a pour objectif, la promotion du loisir pêche, la sensibilisation du public et la réduction des impacts et risques sur les milieux aquatiques principalement autour des ouvrages EDF.

Ainsi, depuis 2017, un suivi de l'ichtyofaune est mis en place chaque année, accompagné d'un suivi de température des eaux du Vieux Rhin et du bras renaturé. Un prélèvement d'eau est réalisé depuis 2020 afin d'analyser plusieurs paramètres physico-chimiques. L'année 2021 a permis de réitérer ces différentes opérations et de rendre compte de l'évolution du site ainsi que de proposer quelques pistes de réflexions en termes d'aménagements en vue de favoriser l'implantation d'espèces piscicoles autochtones.

2. CONTEXTE

Le « Petit-Rhin » est le nom donné à l'ancien bras du Rhin aujourd'hui renaturé, un des projets phare d'EDF Hydro-Est. A travers cette renaturation, EDF permet aujourd'hui de recréer une liaison piscicole jusque-là perdue entre le Grand Canal d'Alsace et le Vieux-Rhin. Le bras est alimenté par le Vieux-Rhin via la centrale hydroélectrique de Kembs avec un débit constant de 7 m³/s. En plus de la FDAAPPMA68, d'autres structures réalisent des inventaires biologiques sur ce bras. Actuellement, c'est le bureau d'études SAGE Environnement qui procède à ces opérations. Le placement des stations a été défini en lien avec EDF et les stations attribuées à chacun des partenaires (Figure 1).

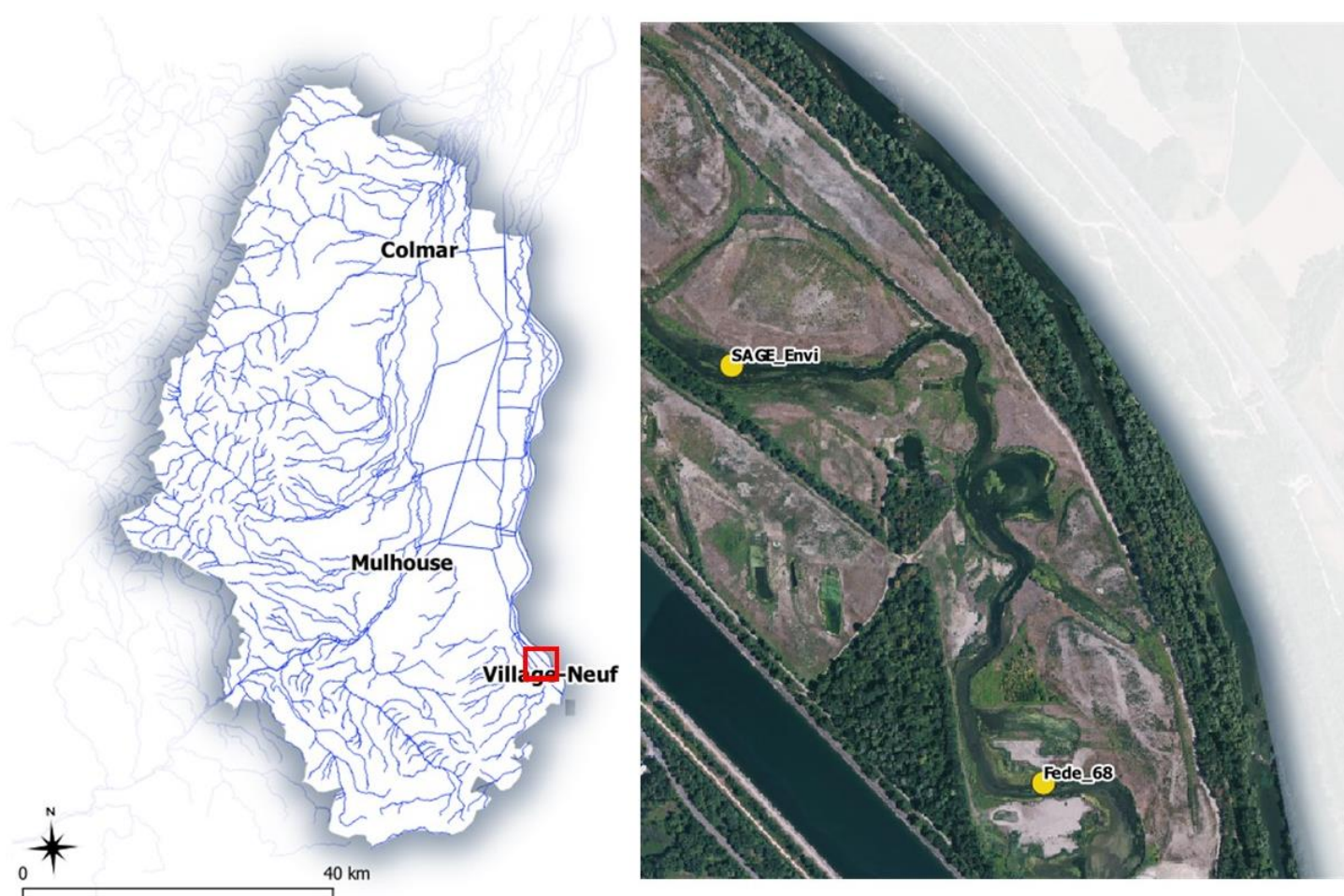


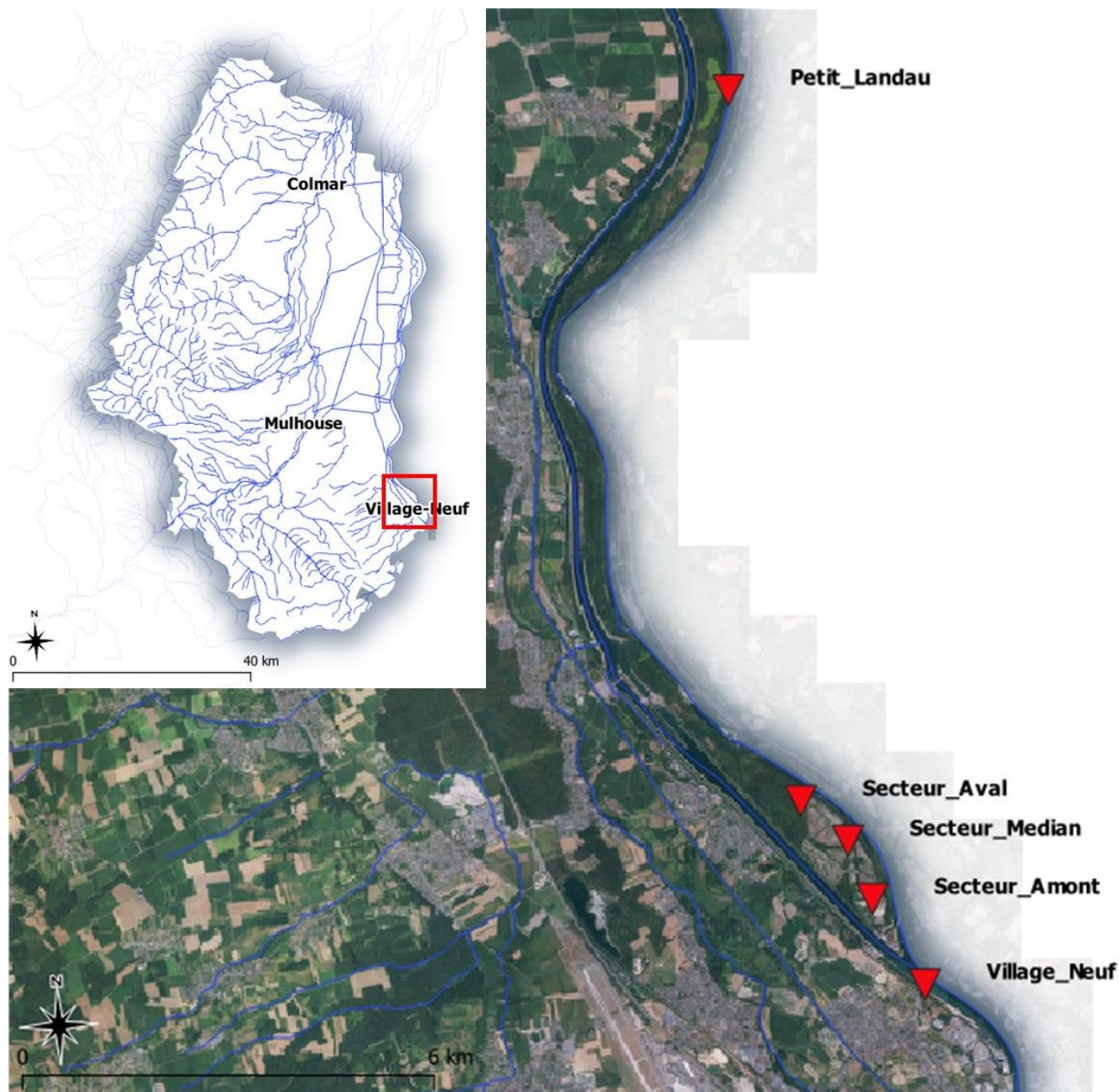
Figure 1 : Cartographie de l'emplacement des stations de suivi des peuplements piscicoles

En termes de description stationnelle, les hydrophytes sont principalement présentes sur la rive gauche et le substrat majoritaire sur la station reste le gravier/galet. La station s'étend sur 215 m, séparée pour un atterrissement de gravier végétalisé au milieu du chenal. La pêche a eu lieu le lundi 20 septembre au matin avec 4 agents de la FDAAPPMA68, 1 agent de la PCA et 4 agents de la Brigade Verte.

En complément de l'inventaire biologique, des éléments permettant de décrire les principales caractéristiques de la station ont été relevés ainsi que les données environnementales, identiques aux années antérieures.

Enfin, plusieurs enregistreurs sont placés pour permettre un suivi thermique de petit Landau à Village-neuf (figure 2) à raison de :

- 2 situées sur le Vieux-Rhin, en amont et en aval du Petit Rhin ;
- 3 autres au sein du bras renaturé.



3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Suivi piscicole

a) Principe de la pêche électrique

Étant donné leur position élevée dans la chaîne trophique, leur caractère ubiquiste, leur durée de vie et leur biologie, les poissons constituent un compartiment biologique très intégrateur et sont d'excellents bioindicateurs. Leur présence, ou leur absence, nous renseigne sur l'état ou l'évolution des masses d'eau.

A l'instar des années précédentes, le matériel utilisé pour la pêche électrique est un groupe fixe EFKO FEG 8000. Le groupe génère un champ électrique dans l'eau d'une intensité de 2 ampères et de 600 Volts et circule grâce à un pôle négatif appelé « cathode », constitué d'une tresse de cuivre et un pôle positif, « l'anode », qui viendra fermer le circuit lorsqu'elle sera plongée dans l'eau. L'ichtyofaune réagit à ce stimulus par une électrotaxie aussi appelée « nage forcée », qui l'attire vers l'anode, la rendant capturable à l'épuisette.

b) Méthode de la pêche par points

D'un point de vue général, les protocoles d'échantillonnage des poissons à l'électricité sont encadrés par les normes NF EN 14011 (2003), NF T 90-344 (Afnor, 2011) et NF T 90-383 (Afnor, 2012) et sont également détaillés dans le « Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité » (Belliard et al., 2012).

Le protocole déployé ici est celui de la pêche dite par points, inspirée de la méthode des Échantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA) (Nelva et al., 1979 ; Persat et Copp, 1990). Elle peut se pratiquer entièrement à pied, en bateau, ou en conjuguant ces deux modes de déplacement. Dans notre cas, la station permet une prospection à pied.

Différents rôles sont nécessaires pour la mise en œuvre de la pêche, le premier étant le porteur d'anode. Celle-ci est plongée dans l'eau, le manipulateur, statique, doit la maintenir pendant 30 secondes et effectuer des mouvements circulaires sur un rayon d'1m. Deux épuisettes sont disposées en aval de l'anode, pour la capture des individus, suivies de deux personnes portant un bac contenant de l'eau fraîche pour les transporter. Lorsque ce dernier commence à contenir plusieurs individus, ceux-ci sont mis dans un vivier.

Les points sont divisés en deux catégories : les points **représentatifs** et les points **complémentaires**. Les points représentatifs, dans notre cas, sont composés de 75 unités d'échantillonnage (dans le cas d'une largeur mouillée inférieure à 50m). Les points complémentaires varient entre 0 et 10 points et se situent sur les habitats atypiques de la station (souche, hydrophytes, racine etc.) (Figure 3).



Figure 3 : Exemple d'habitats pour les points complémentaires du Petit Rhin

Les points représentatifs doivent être effectués au hasard avec une distance inter-points de minimum 4 m et en avançant en zig-zag de l'aval vers l'amont. A chaque point, sont relevés le faciès d'écoulement, la profondeur, la position sur la station (chenal ou berge) et la présence/absence de poissons capturés (Figure 4).

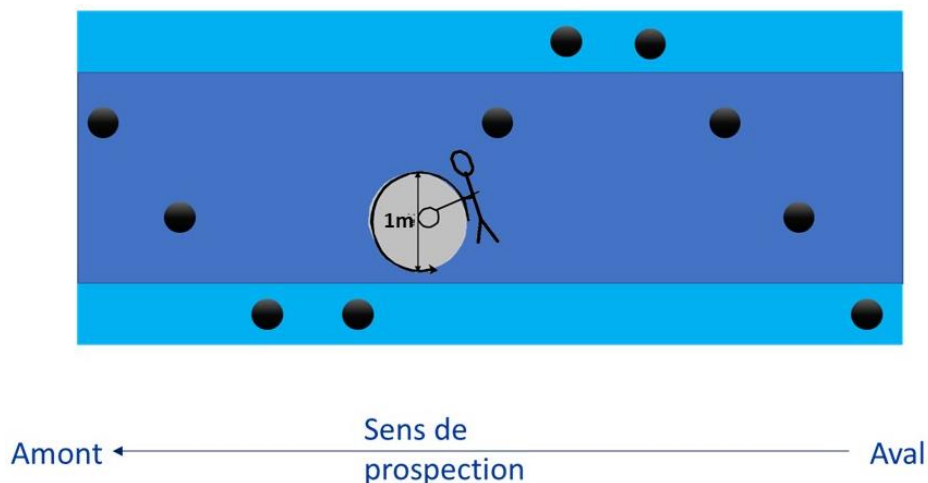


Figure 4 : Schéma de prospection en protocole de pêche par points

c) La biométrie

Cette phase de chantier consiste à trier, identifier et mesurer (taille et poids) les individus capturés. Les poissons sont ainsi répartis par espèce et par classe de taille (grand, moyen, petit) dans des bacs où l'eau est régulièrement renouvelée. Dans ce cas-ci, la méthode utilisée pour comptabiliser et mesurer les individus présents en grande quantité est celle dite de « **combinaison des lots S et L** ».

Elle permet de s'affranchir d'une mesure individuelle systématique pour les effectifs par espèce importants (Belliard *et al.*, 2012) :

- Lot S : sous-échantillon de 30 individus représentatifs de l'échantillon à traiter. Les individus sont mesurés et pesés individuellement pour reconstituer, par modélisation, la structure du lot L correspondant ;
- Lot L : groupe homogène d'une cinquantaine de poissons ou plus de la même espèce (amplitude maximale de taille de 30 mm pour les petits individus et de 500 mm pour les grands). Le lot L est dénombré et pesé ensemble et doit être rattaché au lot S correspondant. L'effectif du lot L inclut la totalité des poissons, soit également ceux du lot S auquel il est rattaché.

En complément, l'état pathologique des individus est renseigné pour rendre compte de l'état sanitaire des populations de poissons au sein du Petit Rhin. L'ensemble des individus prélevés sont relâchés à la fin de l'opération, exceptés ceux faisant partie des espèces susceptibles de créer des déséquilibres biologiques (Perche soleil, Poisson chat, les espèces d'écrevisses autres que l'écrevisse des torrents, l'écrevisse à pattes blanches, l'écrevisse à pattes rouges et l'écrevisse à pattes grêles en ce qui concerne la liste des poissons et des crustacés).

d) Méthode d'analyse des résultats

Le mode d'acquisition des données, qui est adapté à l'évaluation globale des peuplements sur les grands cours d'eau, conduit à l'obtention de données de nature qualitative et non quantitative. Les densités numériques et pondérales obtenues ne permettent donc pas d'extrapolations statistiques fines mais représentent néanmoins un apport d'information non négligeable.

La donnée récoltée permet également la production de divers indices présentés dans la partie analytique des résultats avec notamment : les listes faunistiques des espèces présentes, les densités numériques et pondérales, les indices de diversités (Shannon, Piéluou etc.), le calcul de l'IPR (Indice Poisson Rivière) et de l'IPR+ présenté ici à titre indicatif. Les deux dernières analyses se baseront uniquement sur les points représentatifs, les résultats de ces captures

étant le plus à l'image de la composition du peuplement. Les données acquises par ce type de protocole permettent leur calcul mais la pertinence de cette évaluation peut être posée au regard du caractère atypique de la station. Un bras renaturé ne saurait être évalué au même titre qu'un cours d'eau « classique » ou que le Rhin attenant mais cette approche permet d'apporter, à titre informatif, un éclairage différent, la production d'indices et d'indicateurs complémentaires et de mieux appréhender l'évolution des peuplements.

❖ IPR et l'IPR+

L'Indice Poisson Rivière (IPR) mesure globalement l'écart entre la composition du peuplement observé sur une station donnée et la composition du peuplement attendu en situation de référence, c'est-à-dire dans des conditions pas ou très peu modifiées par l'homme. La version normalisée de l'IPR tient compte de 7 métriques différentes. La somme de ces dernières donne la valeur de l'IPR. Plus cette valeur sera proche de zéro, plus le peuplement évalué sera conforme au peuplement attendu en situation de référence. Le peuplement dit de référence est entre autres établi à partir de 9 variables environnementales. Tous les détails de cet indice sont consultables sur la notice de présentation et d'utilisation rédigée par l'ONEMA en 2006 (Belliard et Roset, 2006).

L'IPR + est une révision de l'indice IPR permise en capitalisant sur les avancées effectuées à l'occasion des deux programmes européens FAME et EFI+ afin que celui-ci entre dans le cadre de la démarche DCE (Pont *et al.*, 2006 ; Pont *et al.*, 2007 ; Pont *et al.*, 2013). Comme pour l'IPR, un ensemble de données environnementales sont à saisir pour permettre le calcul de l'indice. Si la valeur observée est proche de la valeur théorique, soit sur une situation conforme, la valeur de la métrique sera proche de 1 et, à l'inverse, proche de 0 dans le cas d'une rivière dégradée. Une moyenne est ensuite effectuée sur l'ensemble des métriques retenues pour donner un indice final variant entre 0 et 1 et exprimée en EQR (Ecological Quality Ratio). Les détails de ce programme sont consultables sur l'ouvrage du programme IPR+ rédigé par l'ONEMA en 2013 (Pont *et al.*, 2013).

Il est à souligner que ces **indices sont calculés à titre indicatif**. En effet, ceux-ci sont applicables en cours d'eau, or, la station se trouve sur un hydrosystème aménagé.

❖ Indice Pathologique

L'approche de l'indice pathologique est permise à travers l'application de la méthodologie des codes pathologiques. Diverses lésions peuvent être rencontrées sur les individus (majeures ou mineures).

C'est l'observation et la codification de ces lésions qui permet de renseigner un état de santé global. Le guide de référence utilisé pour la recherche et l'attribution des codes pathologiques est : « La Santé des poissons sauvages : les Codes pathologie, un outil d'évaluation » (Elie et Girard, 2014). Des codes ont été attribués par l'ASPS à chacune de ces lésions ainsi qu'une échelle de quantification. Pour être représentative de l'état du peuplement, l'application des codes doit porter sur un échantillon représentatif.

Des tableaux de référence indiquent le nombre minimum d'individus à analyser selon la taille du peuplement mais en général trois approches sont possibles :

- « Complet » où tous les individus ont été observés ;
- « Echantillon espèce » où un lot minimum de 30 individus par espèce est réalisé ;
- « Echantillon global » où 60 individus pris au hasard dans la totalité des poissons pêchés sont observés.

Comme précisé précédemment, c'est le protocole complet qui a été mis en place.

L'indice pathologique global (IPG) de la population piscicole étudiée est la somme des indices pathologiques (IP) calculés comme suivant :

$$IP = P \times Q$$

Avec : P : prévalence des poissons atteints (nombre de poissons présentant des lésions / nombre de poissons examinés)

Q : intensité lésionnelle de 0 à 4 (estimée par le nombre de lésions ou le pourcentage de recouvrement)

$$IPG = \sum IP$$

L'IPG permet ensuite d'être relié à une classe de qualité définie (Figure 5).

0-0,04	Excellente
0,05-0,20	Bonne
0,21-0,80	Précaire
0,81-1,40	Dégradée
1,41-4,00	Mauvaise

Figure 5 : Classes de qualité de l'indice pathologique global.

❖ Calcul des densités numériques et pondérales

Les densités numériques (nombre d'individus par surface) et les densités pondérales (biomasse par surface) peuvent aussi être calculées. Celles-ci sont dites « relative » (ou brutes). La nature des données produites par le protocole de pêche partielle ne permettant pas d'appliquer les calculs d'effectifs estimés (méthode de Carl & Strub), les données obtenues étant essentiellement qualitatives.

$$\text{Densité relative (pour } 100\text{m}^2) = (N / S) \times 100$$

$$\text{Densité relative (par hectares)} = (N / S) \times 10000$$

$$\text{Biomasse ou densité pondérale relative (pour } 100\text{m}^2) = (P / S) \times 100$$

$$\text{Biomasse ou densité pondérale relative (par hectares)} = (P / S) \times 10000$$

Avec :

N = l'effectif brut

S = la Surface échantillonnée en m², soit pour 75 points, 937,5 m²

P = la biomasse brute

❖ Indices de diversités

Les indices de Shannon et de Pielou, la richesse spécifique et l'abondance sont aussi calculés. Ces indices permettent d'analyser la structure de la population piscicole. L'abondance relative (Pi) est évaluée pour chaque espèce (i), ainsi que la richesse spécifique (S), c'est-à-dire le nombre d'espèces dans le peuplement.

A partir de ces valeurs de richesse spécifique et d'abondance relative, on calcule :

- L'indice de Diversité (H') de Shannon-Weaver (1949) qui informe sur la diversité du peuplement.

- L'indice d'Equitabilité (E) qui nous renseigne sur le degré d'équilibre du peuplement.

$$H' = \sum_i P_i \times \log^2(P_i)$$

$$E = D / \log^2(S)$$

Avec i : le nombre d'espèces présentes P_i : l'abondance relative de l'espèce

S : la richesse spécifique

2. Suivi thermique

a) Principe et objectif

Les cours d'eau haut-rhinois, essentiellement par la forte urbanisation du département, connaissent de nombreuses pressions, en plus du changement climatique où certains scénarii prévoient une augmentation de la température de l'air de 3,6°C pour la région alsacienne (Badort et al., 2017). Or, le facteur thermique est déterminant sur les écosystèmes aquatiques : chez les poissons par exemple, c'est la température de l'eau qui est à l'origine de la répartition des espèces selon le gradient amont-aval. Au-delà de la répartition spatiale, les cycles biologiques de l'ichtyofaune sont également dépendants de la température qui régit les comportements reproducteurs, la phase d'éclosion mais aussi la croissance des individus.

Suivre l'évolution de la température de l'eau permet d'appréhender et de comprendre plus facilement la répartition actuelle des peuplements piscicoles ainsi que mettre en évidence des zones plus impactées par le réchauffement et pouvoir entrevoir des propositions d'actions d'amélioration.

b) Le matériel et sa mise en place

Depuis 2017, des sondes thermiques de type « HOB0 Onset Pendant » sont installées sur le Vieux-Rhin ainsi que sur le bras renaturé. Elles sont fixées sur des racines ou des plots de béton à l'aide de deux attaches distinctes, un rilsan et du fil inox, mis sur différents points d'accroches pour assurer leur immersion et limiter leur emportement lors de crues éventuelles. Elles sont disposées sur une année complète et relèvent la température toutes les deux heures.

Pour étudier les variations du Petit Rhin, 5 sondes sont utilisées : 3 disposées sur la partie renaturée et 2 autres en amont et en aval de ce secteur, sur le Vieux-Rhin.

c) Méthodes d'analyse des résultats

Les sondes ont été posées le 30 septembre 2020 et remplacées le 27 août 2021, soit une analyse de données du 1^{er} octobre 2020 au 26 août 2021. En effet, n'ayant pas relevé les 12 données sur 24h, les jours de pose sont systématiquement retirés de l'analyse. Cette dernière s'articule autour de 4 grands axes :

- **L'étude de l'évolution des températures journalières** qui permet d'avoir une vue globale de ce facteur au cours de l'année écoulée ;
- Le **croisement des débits moyens journaliers avec les températures moyennes journalières**, les débits pouvant justifier certaines variations de températures ;
- L'examen des **minimales et maximales des températures instantanées** mises en lien avec les **températures des 30 jours consécutifs les plus chauds** ;
- L'observation des **optimum thermiques** pour la Truite fario, salmonidé autrefois en abondance sur le Rhin et le Barbeau fluviatile, cyprinidé rhéophile considéré comme l'espèce repère du Petit Rhin.

3. Suivi physico-chimique

La variabilité des paramètres chimiques et écologiques d'une rivière est bien souvent le fruit d'une régulation naturelle dépendant entre autres de l'environnement géomorphologique dans lequel est présent le cours d'eau. Cependant, les activités anthropiques jouent également un rôle dans leur évolution (rejets industriels, agricoles, etc.) et permettent bien souvent d'expliquer la concentration de certains polluants. C'est dans ce contexte qu'est née la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en 2000 qui établit un cadre pour une politique globale communautaire dans le domaine de l'eau en mettant en place un suivi de la qualité des eaux (écologique et chimique) et de fixer des objectifs d'atteinte d'un bon état de l'ensemble des cours d'eau. Elle a été transposée en France via la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de décembre 2006 et, en ce qui concerne l'état chimique, il est évalué à l'aide des Normes de Qualité Environnementale (NQE) pour 41 substances prioritaires comme les pesticides, les métaux lourds ou encore les hydrocarbures. Cet état est ainsi déjà évalué pour le Rhin, en lien avec les données des services de l'Etat comme l'Office Français pour la Biodiversité (OFB). Le Petit Rhin ayant sa source sur le fleuve du même nom l'extrapolation est permise via les résultats disponibles sur le site de l'Agence Rhin-Meuse, le Système d'Information sur l'Eau Rhin Meuse sur la masse d'eau RHIN 1 et la station de Kembs, située en aval du bras renaturé.

En ce qui concerne l'état écologique, en plus du volet biologique via l'étude des populations piscicoles, sont étudiés les paramètres physico-chimiques généraux qui sous-tendent la biologie : la teneur en oxygène, en nitrites, en nitrates, en ammonium et en phosphate ainsi que la température, la conductivité et le pH. Ces trois derniers paramètres et l'oxygène sont relevés sur place à l'aide d'une sonde multi paramètres WTW 3620 IDS tandis que les autres, suite à un prélèvement d'eau, sont déterminés au laboratoire à l'aide des tests VISOCOLOR et d'un spectrophotomètre.

4. RÉSULTATS

1. Analyse biologique

a) Description de la campagne 2021

L'opération s'est déroulée le lundi 20 septembre 2021 au matin à l'aide de 4 agents de la FDAAPMA68 mais aussi d'un agent de la PCA et de 4 agents de la Brigade Verte. Les différentes conditions et actions sont détaillées dans le Tableau I. L'ensemble des données brutes est consultable en Annexe I et II.

Tableau I : Descriptif de l'opération 2021

Renseignements généraux sur la pêche			
Hydrologie :	Moyennes eaux	Heure début opération :	9h
Turbidité :	Nulle	Heure fin opération :	13h
Tendance du débit :	Stable	Durée du chantier :	4h
Longueur station (m) :	215	Nombre de participants :	9
Météorologie :	Nuageux	Chef de chantier :	SL
Renseignements mise en œuvre matériel			
Nombre passage (si D.Lury):		Protocole de pêche :	De Lury
Nombre de points (si EPA) :	75	Tension (U en V) :	600
Nombre anode :	1	Intensité (I en A) :	2
Nombre époussettes :	2	Puissance (W = AxV) :	1200

Moyen de prospection :	A pied	Isolement amont :	non
Matériel utilisé :	Fixe	Isolement aval :	non
Modèle du matériel :	EFKO 8000	Efficacité de pêche :	Bonne

b) Physico-Chimie

La qualité physico-chimique de l'eau du Rhin à Kembs est qualifiée de mauvaise. Les paramètres déclassants sont le Benzo(k)fluoranthène, le Benzo(g,h,i)pérylène, le Benzo(b)fluoranthène, le Benzo(a)pyrène et le sulfonate de perfluotooctane. Ces substances ont cependant toutes eu des relevés qualifiés de « bons » depuis 2017, excepté le dernier qui est mauvais depuis 2018. Ce paramètre représente des particules chimiques utilisées par l'industrie pour doter des matières comme le textile ou le papier d'une résistance à l'eau, aux huiles et aux graisses et des études ont démontré leur effet néfaste sur l'environnement, notamment dû au caractère bio-accumulatif de ces substances (Proposition de directive européenne, 2005).

En ce qui concerne la partie physico-chimique du volet écologique, leur classe de qualité a été déterminée grâce aux bornes détaillées dans l'arrêté du 27 juillet 2018 pour les paramètres référencés. Le cas échéant, les teneurs et leur qualité associée ont été relevées dans le système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-EAU v2, 2003) (Annexe III).

Hormis les phosphates associés à une qualité moyenne, tous les paramètres ont des teneurs dans les normes avec une classification entre « très bon » et « bon ». Cependant, lors d'une attribution de classe de qualité d'un cours d'eau, c'est le paramètre le plus déclassant qui détermine la qualité attribuée, ainsi, sur le Petit Rhin, celle-ci est « moyenne », tout comme en 2020.

Les valeurs relevées sur le site du Petit Rhin sont restées relativement stables au vu de la comparaison des résultats de l'an passé et ceux de 2021 (Tableau II).

Tableau II : Résultats des relevés des paramètres physico-chimiques du Petit Rhin

Mesures physico-chimiques basiques					
	2020	2021		2020	2021
Conductivité (µs/cm) :	246	332		121	123,8
pH :	8,2	8,4	*	10,1	11,2
Température eau (C°) :	21,5	20			
				Saturation O ² (%) :	
				Concentration O ² (mg/L) :	
Mesures physico-chimiques complémentaires					
	2020	2021		2020	2021
Nitrites (NO ₂ -mg/L) :	0,02	0,05		NR	NR
Nitrates (NO ₃ -mg/L) :	8	5	*	0,7	0,7
Ammonium (NH ₄ ⁺ -mg/L) :	<0,1	<0,1		37	21
				Phosphore total (P mg/L) :	
				PO ₄ 3- (mg/L) :	
				Sulfate (SO ₄ -mg/L) :	

Rappel des codes couleurs des classes de qualités associées :

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
----------	-----	-------	----------	---------

La température est le seul facteur connaissant une amélioration, cependant, il faut souligner que ces valeurs étant prises une seule fois par an et à un seul endroit, ces relevés sont davantage à titre informatif. Cela est d'autant plus vrai pour la température qui connaît des amplitudes journalières importantes. Ces valeurs ponctuelles démontrent tout l'intérêt du suivi thermique.

Les sulfates ont diminué et tombent sous le seuil des 28 mg/L indiqués comme valeur maximale pour ne pas impacter l'environnement, ceux-ci n'impacteraient donc pas la qualité globale de ces paramètres généraux.

Le pourcentage d'oxygène apparaît toujours en saturation à plus de 120%. Cette valeur peut s'expliquer par un relevé d'eau relativement proche de la rive gauche qui connaît un développement de la flore aquatique important. Celle-ci rejetant de l'oxygène, sa présence peut en partie expliquer ces résultats.

Les nitrates, nitrites et phosphates sont étroitement liés et jouent un rôle dans les phénomènes d'eutrophisation. Le phosphate est présent naturellement dans les sols mais il est utilisé comme engrais depuis le 20^{ième} siècle, les enrichissant fortement via les activités agricoles. Il était aussi présent dans de nombreux produits ménagers, il se retrouvait régulièrement dans les eaux usées puis, parfois faute de traitement, dans les cours d'eau et leurs sédiments. Ainsi, l'érosion des sols, leur lessivage ou encore des rejets d'eau usée peuvent être à l'origine de ces teneurs sur le Petit Rhin.

Les résultats rejoignent ceux issus du suivi de l'OFB qui donnent également une qualité « moyenne » pour le Vieux-Rhin, cependant, le paramètre déclassant ici n'est pas la teneur en phosphate mais la température de l'eau. Le phosphate serait ainsi plus présent dans le Petit Rhin que dans le Rhin lui-même, il serait intéressant d'axer des recherches sur ce point.

c) Inventaire biologique 2021

❖ Caractéristiques des points échantillonnés

75 points représentatifs ont été échantillonnés ainsi que 5 points complémentaires dont 3 sur l'habitat « racines, souches » et 2 sur l'habitat « herbier ». Les premiers se situaient principalement sur un faciès plat courant (80% des points), à l'instar des points complémentaires (60%) et sont majoritairement situés sur le chenal avec respectivement 52% et 60% des points. Cette proportion dans le positionnement des points représentatifs démontre la bonne application du protocole avec une répartition quasi-équitable sur la station (Tableau III).

Tableau III : Faciès d'écoulement et positionnement des points échantillonnés

		Points représentatifs		Points complémentaires		TOTAL	
FACIES	Faciès Radier	3	4,0%	0	0,0%	3	3,8%
	Faciès Plat Courant	60	80,0%	3	60,0%	63	78,8%
	Faciès Plat Lenthique	8	10,7%	1	20,0%	9	11,3%
	Faciès Profond	4	5,3%	1	20,0%	5	6,3%
	Faciès Annexe	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	TOTAL	75	100,00%	5	100,00%	80	100,00%
Position	Berge RD	18	24,0%	0	0,0%	18	22,5%
	Chenal RD	17	22,7%	2	40,0%	19	23,8%
	Chenal RG	22	29,3%	1	20,0%	23	28,8%
	Berge RG	18	24,0%	2	40,0%	20	25,0%
	TOTAL	75	100,00%	5	100,00%	80	100,00%

Sur les points complémentaires, 100% de ceux-ci ont permis la capture d'individus tandis que sur les points représentatifs, cette proportion est de 85,14%. Ces résultats démontrent toute l'attractivité de ces habitats atypiques pour la faune piscicole et l'importance de les inclure dans le protocole, ils permettent de compléter les données notamment en termes de diversité mais aussi de densité. Les résultats sont présentés avec l'ensemble des points relevés (Figure 6).

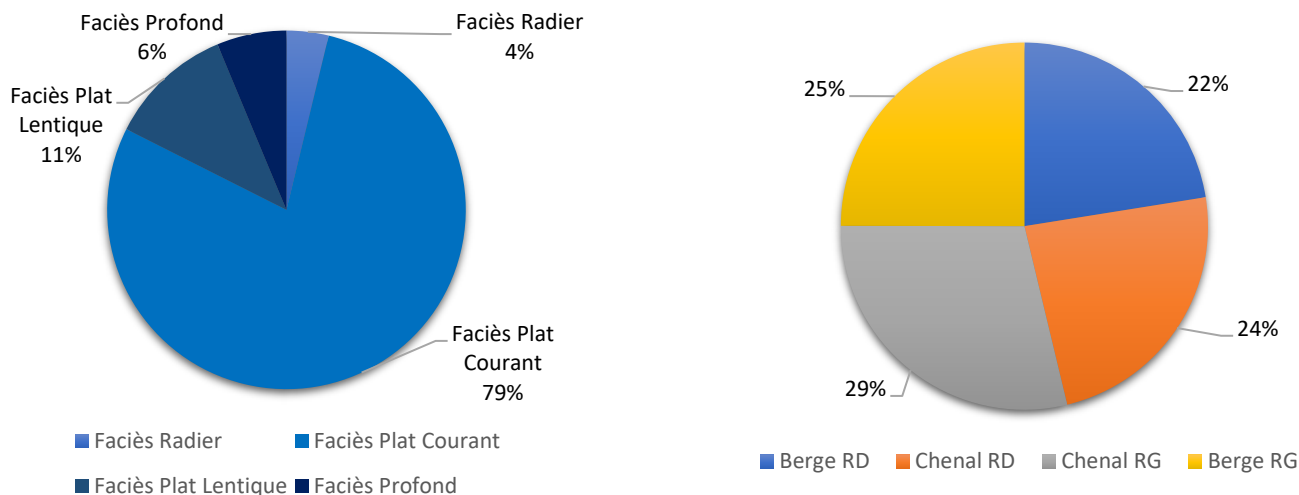


Figure 6 : Proportion des faciès d'écoulement et des positionnements sur les 80 points échantillonnés

❖ Peuplement piscicole inventorié

L'opération de 2021 a permis de recenser 15 espèces dont une de crustacés (Tableau IV). Elle est absente de ce recensement car elle n'a pu être capturée, cependant une **anguille** d'a priori 700 mm a été aperçue sur la partie aval de la station.

Tableau IV : Liste faunistique des espèces échantillonnées

Résultats et liste faunistique						
Code :	Nom vern. :	Nom sci. :	Effectif :	Présence points représentatifs	Présence points complémentaires	Statut
ABL	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	75	1	0	LC***
ASP	Aspe	<i>Aspius aspius</i>	2	1	0	Invasif*
BAF	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	46	1	1	LC***
BRE	Breme	<i>Abramis brama</i>	1	1	0	LC***
CHE	Chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>	91	1	1	LC***
EPI	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	25	1	1	LC***
GAR	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	7	1	0	LC***
GTN	Gobie à tâche noire	<i>Neogobius melanostomus</i>	29	1	1	Invasif*
GDL	Gobie demi-lune	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	50	1	1	Invasif*
HOT	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	8	1	0	LC***
LOF	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	338	1	1	LC***
PER	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	1	0	1	LC***
PSR	Goujon Asiatique	<i>Pseudorasbora parva</i>	44	1	1	Invasif*
VAI	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	2	0	1	DD***
OCL	Ecrevisse américaine	<i>Orconectes limosus</i>	3	1	1	EEE**

Légende :

* Est considérée comme invasive toute espèce ne figurant pas sur la liste des espèces de poissons représentés en France (Arrêté du 17 décembre 1985)

**Espèce Exotique Envahissante

*** Espèce présente sur la Liste Rouge des espèces menacées en France (LC = Préoccupation mineure et DD = Données insuffisantes)

 Espèce d'intérêt communautaire (Annexe II de la Directive Habitat)

Sur les 14 espèces piscicoles, 10 sont représentées sur la Liste Rouge des espèces menacées en France, et 4 sont qualifiées d'« invasives ». Ce dernier terme désigne les espèces non représentées en France, qui n'a pas été mis à jour depuis l'arrêté du 17 décembre 1985. Ces taxons sont également qualifiés en tant qu' « espèce introduite » au sein de la Liste rouge des Poissons menacés en Alsace de 2014.

Si l'effet indésirable des gobies (prises des niches écologiques sur les bords des cours d'eau, ressource trophique, etc.) et de *Pseudorasbora parva* (porteur sain d'un parasite appelé agent Rosette, capable d'infecter de nombreuses espèces) est d'ores et déjà avéré, cette désignation peut se discuter pour l'Aspe, notamment vis-à-vis de son statut d'espèce d'intérêt communautaire. Le cas de cette espèce démontre les difficultés à concilier la réglementation et les connaissances écologiques et biologiques actuelles.

Quant à l'écrevisse américaine, son statut est fixé par l'article R 432-5 du code de l'environnement où elle figure sur la liste des espèces susceptibles de créer des déséquilibres biologiques, notamment parce qu'elle est porteuse saine d'un champignon décimant les populations d'écrevisses autochtones (écrevisse à pattes rouges, écrevisse à pattes blanches et écrevisse des torrents).

La majorité des espèces font partie de la famille des cyprinidés (64% des espèces piscicoles présentes) : l'Ablette, l'Aspe, le Barbeau fluviatile, la Brème, le Chevesne, le Gardon, le Hotu et le Vairon et la plupart d'entre elles sont dites « rhéophile », c'est-à-dire qu'elles affectionnent les zones courantes.

Indice pathologique

Le **calcul de l'indice pathologique** fait apparaître un peuplement piscicole en excellente état sanitaire, avec, sur les 722 individus, seulement deux chevesnes atteints. Le premier présentait une malformation sur la colonne vertébrale, notée ADQ et le second, une absence de nageoire caudale, notée AOQ (Figure 7).

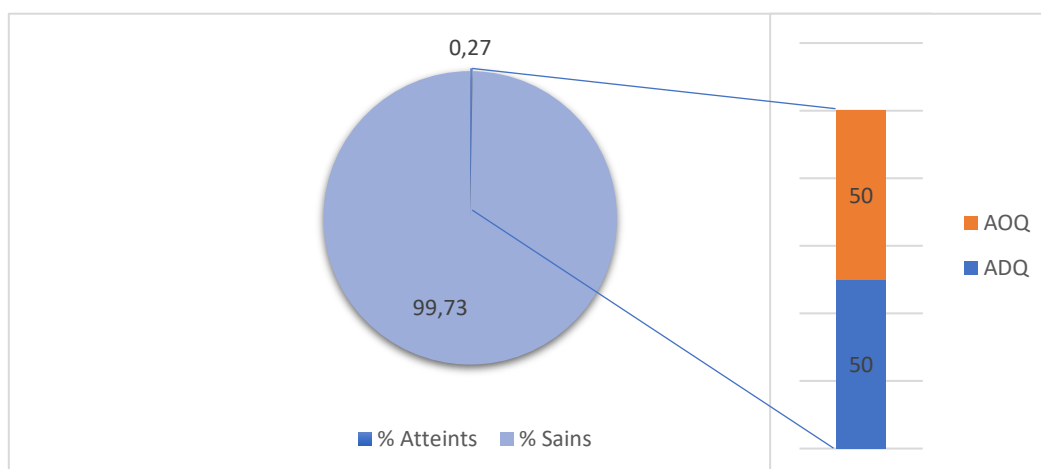


Figure 7 : Proportion des individus sains et atteints de pathologies au sein du peuplement inventorié sur le Petit Rhin

La note globale de l'IpG est de 0,008 avec 0,27% des poissons capturés atteints par une pathologie. La classe de qualité associée à ce peuplement est donc excellente et semble pérenne d'un point de vue de la santé des individus.

Calcul des proportions du peuplement

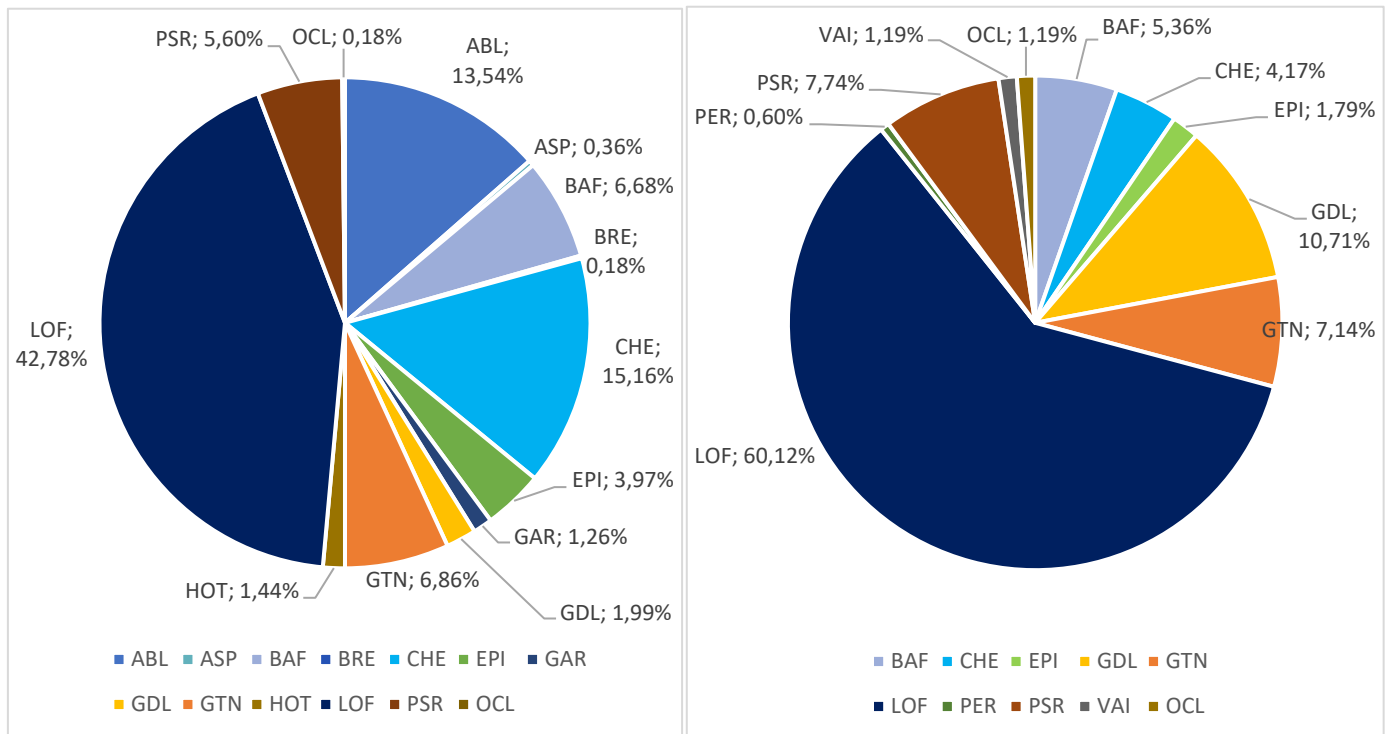


Figure 8 : Proportion en pourcentage des effectifs des espèces présentes, de gauche à droite, sur les points représentatifs et sur les points complémentaires

En termes de **proportion**, l'espèce la plus représentée lors de cet inventaire est la Loche franche, que ce soit sur les points représentatifs ou complémentaire (Figure 8 et Tableau V).

Tableau V : Effectif et proportion des espèces présentes sur les différents points effectués

	Points Représentatifs		Points Complémentaires		Total		Biomasse totale
	Effectif	Effectif (%)	Effectif	Effectif (%)	Effectif	Effectif (%)	g
ABL	75	13,54%	0	0,00%	75	10,39%	119,5
ASP	2	0,36%	0	0,00%	2	0,28%	11
BAF	37	6,68%	9	5,36%	46	6,37%	3130,5
BRE	1	0,18%	0	0,00%	1	0,14%	4
CHE	84	15,16%	7	4,17%	91	12,60%	2708
EPI	22	3,97%	3	1,79%	25	3,46%	22,5
GAR	7	1,26%	0	0,00%	7	0,97%	16
GDL	11	1,99%	18	10,71%	29	4,02%	17
GTN	38	6,86%	12	7,14%	50	6,93%	22
HOT	8	1,44%	0	0,00%	8	1,11%	110,2
LOF	237	42,78%	101	60,12%	338	46,81%	27
PER	0	0,00%	1	0,60%	1	0,14%	540
PSR	31	5,60%	13	7,74%	44	6,09%	7
VAI	0	0,00%	2	1,19%	2	0,28%	37
OCL	1	0,18%	2	1,19%	3	0,42%	1,5
TOTAL	554	100,00%	168	100,00%	722	100,00%	6773,2

La Loche franche représente ainsi 46,81% des captures sur la totalité des points, suivie par le Chevesne à 12,60% et l'Ablette à 10,39%. Les espèces les moins abondantes sont la Perche commune et la Brème à raison d'un seul individu échantillonné, suivi par l'Aspe et le Vairon avec respectivement 2 individus capturés.

Les espèces « invasives » ont une proportion de 17,74%, et sont plus présentes dans les points complémentaires que sur les représentatifs. Toutefois, les habitats « atypiques » ont également permis l'échantillonnage de deux nouvelles espèces, la Perche commune et le Vairon, démontrant tout l'intérêt d'avoir une certaine diversité d'habitats dans un cours d'eau, les conditions environnementales pouvant différer (faciès d'écoulement et ressource trophique notamment).

En termes de biomasse, les deux espèces les plus présentes sont le Barbeau fluviatile et le Chevesne, ce qui s'explique par la capture d'un individu adulte de chaque taxons (respectivement 620 et 621 mm). Afin de ne pas leur apporter de stress supplémentaire et vis-à-vis de leurs tailles, leurs poids ont par ailleurs été estimés, il a ainsi été préférable de les exclure de l'analyse de la biomasse ci-dessous (Figure 9).

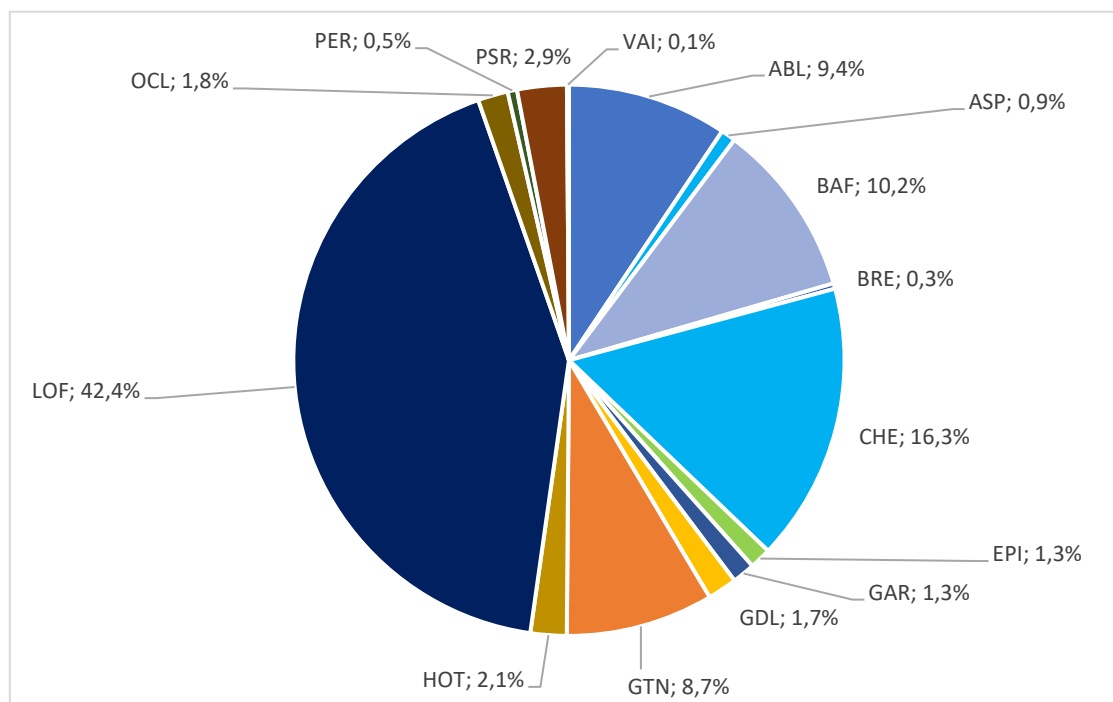


Figure 9 : proportion en pourcentage de la biomasse sur l'ensemble des points

La loche franche reste l'espèce la plus représentée en termes de biomasse avec une proportion de 42,4%, suivies des chevesnes à 16,3%. Ils sont ensuite suivis du Barbeau fluviatile, de l'Ablette, du Gobie à tâche noire puis du Goujon asiatique. La faible biomasse des deux aspes (0,9%) démontre leur petite taille et souligne ainsi que seuls des juvéniles ont été capturés. Les barbeaux fluviatiles, deux fois moins présents en termes d'effectif que les chevesnes, ont seulement 6,1% de différence au niveau de la biomasse, les jeunes barbeaux étaient ainsi plus grands et robustes et que les juvéniles de chevesnes.

Densités du peuplement inventorié

En ce qui concerne les **densités**, exprimées en individus pour 100 m² ou rapportées pour 100 points échantillonnés, sur les points représentatifs, les espèces le plus représentées sont la Loche franche (316 et 25,3), le Chevesne (112 et 9), l'Ablette (100 et 8) et le Gobie à tâche noire (50,7 et 4,1). Pour les points complémentaires, c'est également la Loche franche qui domine (2020 et 161,6) suivie du Gobie demi-lune (360 et 28.8), du Goujon asiatique (260 et 20,8) et du Gobie à tâche noire (240 et 19,2) (Tableau VI).

Tableau VI : Densités par espèces en fonction des points représentatifs et complémentaires

Espèce	REPRESENTATIFS		COMPLEMENTAIRES	
	Effectif pour 100 points (cpue)	Densité (ind./100m ²)	Effectif pour 100 points (cpue)	Densité (n individus / 100m ²)
Ablette	100,0	8,0	0,0	0,0
Aspe	2,7	0,2	0,0	0,0
Barbeau fluviatile	49,3	3,9	180,0	14,4
Breme	1,3	0,1	0,0	0,0
Chevesne	112,0	9,0	140,0	11,2
Epinoche	29,3	2,3	60,0	4,8
Gardon	9,3	0,7	0,0	0,0
Gobie demi-lune	14,7	1,2	360,0	28,8
Gobie à tâche noire	50,7	4,1	240,0	19,2
Hotu	10,7	0,9	0,0	0,0
Loche franche	316,0	25,3	2020,0	161,6
Perche commune	0,0	0,0	20,0	1,6
Pseudorasbora	41,3	3,3	260,0	20,8
Vairon	0,0	0,0	40,0	3,2
Ecrevisse américaine	1,3	0,1	40,0	3,2
TOTAL	738,7	59,1	3360,0	268,8

Les valeurs totales obtenues sont plus élevées pour les points complémentaires que pour les points représentatifs. En effet, si 100 points de prélèvements avaient été effectués en points représentatifs, 737 individus auraient été échantillonnés contre 3 360 sur 100 points situés sur des points complémentaires. Pour la densité d'individus sur 100 m², elle est 4,5 fois plus élevée pour les points complémentaires par rapport aux représentatifs. Ces résultats démontrent que les habitats atypiques d'une station sont souvent bénéfiques pour les populations aquatiques, avec un nombre d'individus conséquent y trouvant refuge et nourriture.

Indice de diversité et d'équitabilité

Les **indices de Shannon (H')** et de **Pielou (J)** ont été calculés sur la base des résultats des points représentatifs et permettent d'établir une valeur de H' de 2,61 et de J de 0,67. Ces résultats traduisent un peuplement hétérogène mais dont les individus ne sont pas répartis équitablement entre les espèces. Cependant, l'indice d'équitabilité étant supérieur à 0, les populations ne sont pas dominées par une seule espèce. Bien souvent, en présence d'espèces invasives, ces indices baissent ou approchent le 0 (ce qui n'est pas le cas ici malgré des densités importantes de plusieurs invasifs).

Classes de taille des espèces majoritaires

Le grand nombre de points représentatifs suffit pour obtenir une représentation assez juste de la répartition des classes de taille des individus par espèce. En tant qu'espèce repère, le Barbeau fluviatile bénéficie de cette analyse à l'instar des espèces le plus représentées, soit la Loche franche, le Chevesne, l'Ablette, le Gobie à tâche noire et le Goujon asiatique. Pour plus de lisibilité, le Chevesne adulte de 621 mm a été exclu du graphique. Comme précisé dans la partie « Matériel et Méthode », les âges estimés à l'aide des classes de taille ne sont qu'estimatifs, seule l'étude des écailles peut se prêter avec précision à cet exercice.

Le Barbeau fluviatile est majoritairement représenté par des individus juvéniles, certains de l'année avec une taille inférieure à 50 mm et allant jusqu'à l'âge de 2+. L'individu de 620 mm a probablement dépassé les 10 années de vie, la taille estimée à 10 ans se situant, en moyenne, entre 308 et 388 mm en fonction du sexe (les mâles sont généralement plus petits que les femelles) (Figure10).

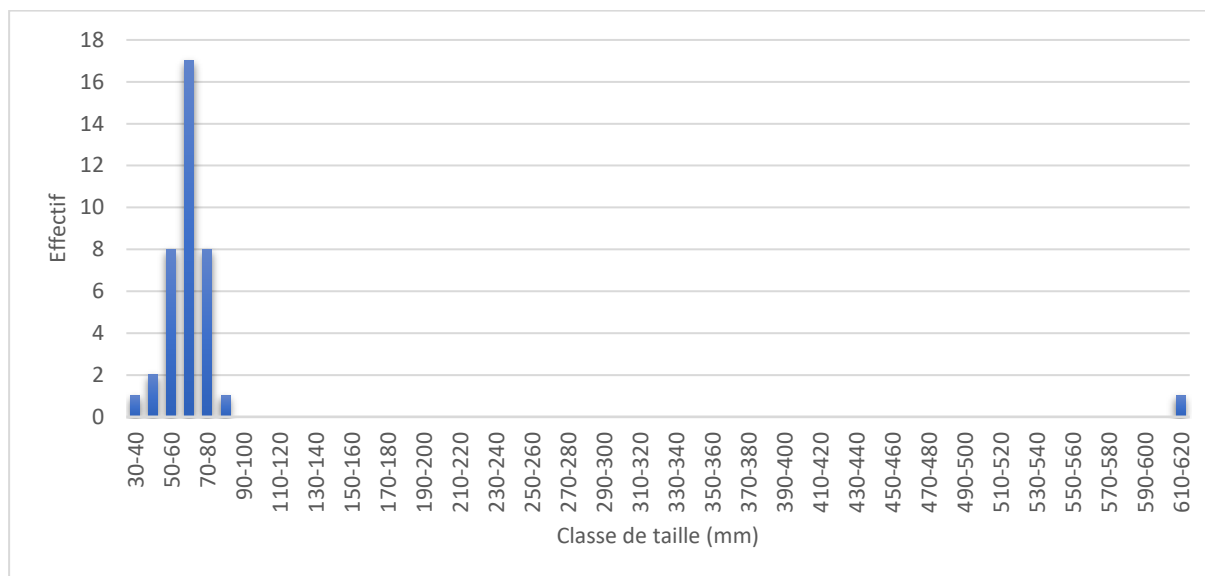


Figure 10 : Répartition en classe de taille des effectifs de Barbeau fluviatile

Les âges ci-dessus sont donnés à titre informatif, une analyse par la taille ne saurait remplacer une étude des écailles, la scalimétrie, qui détermine réellement l'âge des individus. La présence de juvéniles démontrent le potentiel de frayère pour cette espèce sur le Petit Rhin et le succès reproducteur de l'année 2021. Si les adultes étaient peu capturés, cela peut être dû à leur capacité de fuite lors de protocole de pêche partielle ou encore qu'ils proviennent d'autres secteurs.

L'espèce ayant les individus les plus petits est le Gobie à tâche noire avec une taille relevée de 15 mm (Figure 11). Ce résultat s'explique par ses mœurs. En effet, ce poisson se reproduit sur une large période, d'avril à septembre, et la femelle peut pondre jusqu'à 6 fois durant ce laps de temps. Ainsi, une ponte a pu avoir lieu peu de temps avant la pêche. Par ailleurs, cette forte capacité de reproduction est un des facteurs qui en fait une espèce nuisible, tous ces juvéniles devant trouver ressource trophique et niche écologique, au risque d'évincer d'autres espèces.

Pour l'ensemble des espèces mises en lumière ici, le Petit-Rhin semble disposer des zones favorables à leurs différentes exigences pour leur reproduction, des juvéniles étant majoritairement présents quelle que soit l'espèce.

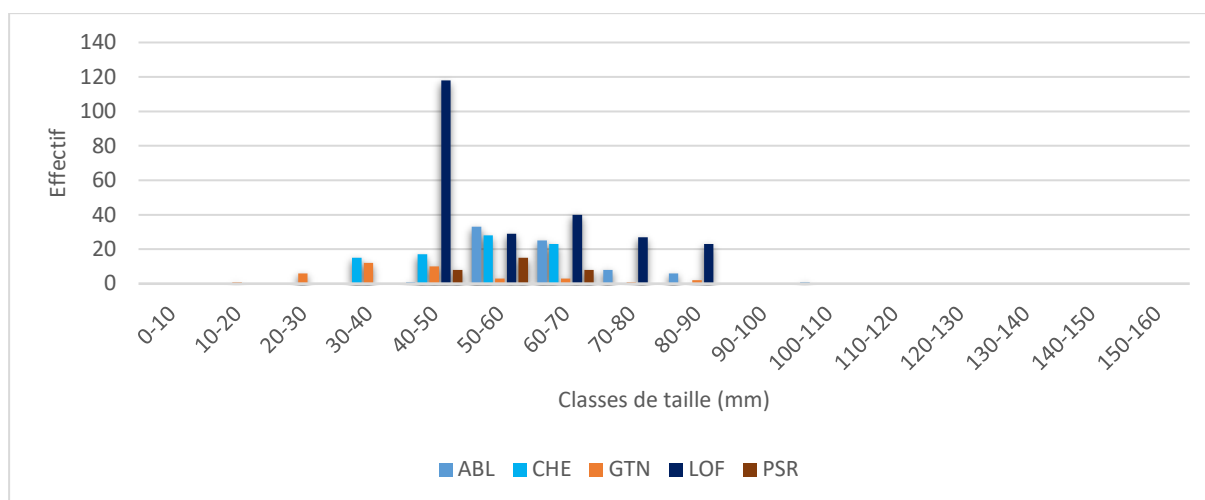


Figure 11 : Répartition en classe de taille des effectifs d’Ablette, de Chevesne, de Gobie à tâche noire, de Loche franche et de Goujon asiatique

Calculs de l’IPR et de l’IPR+

L’IPR et l’IPR+ donnent deux classes de qualité différentes mais, pour rappel, elles sont données à titre indicatif, le bras renaturé n’étant pas un cours d’eau naturel et ayant un débit contrôlé. Les données sont basées uniquement sur les points représentatifs. Le premier de ces indices confère une classe de qualité médiocre tandis que le second, avec un score de 0,59, classe le Petit Rhin en moyen. A titre informatif, en 2020, l’IPR était de 24, soit une classe de qualité moyenne alors que l’IPR+ était de 40, soit une classe de qualité médiocre. Malgré une différence de classification, les valeurs trouvées restent relativement proches et ne dénotent pas d’une amélioration ou d’une dégradation du peuplement piscicole.

IPR		IPR+	
Valeur de l’IPR :	26,31	EQR indice :	0,59
Classe de qualité :	Médiocre	EQR indice eq. type:	0,13
* classes de qualité suivant l’arrêté du 27 juillet 2018 pour l’Alsace		Classe de qualité :	Moyenne

L’IPR a permis de comparer le peuplement actuel au peuplement attendu, encore une fois, donné à titre indicatif. Sur les 25 espèces ayant le plus de probabilités d’être retrouvées, seules 7 ont été capturées (Figure 12). Certaines de ces absences ne sont pas pour autant synonyme de disparition complète de l’espèce sur ce tronçon, comme en témoigne les brochets capturés sur une station plus en aval (voir le paragraphe de comparaison temporelle et géographique) et la Perche commune et le Vairon relevés lors des points complémentaires.

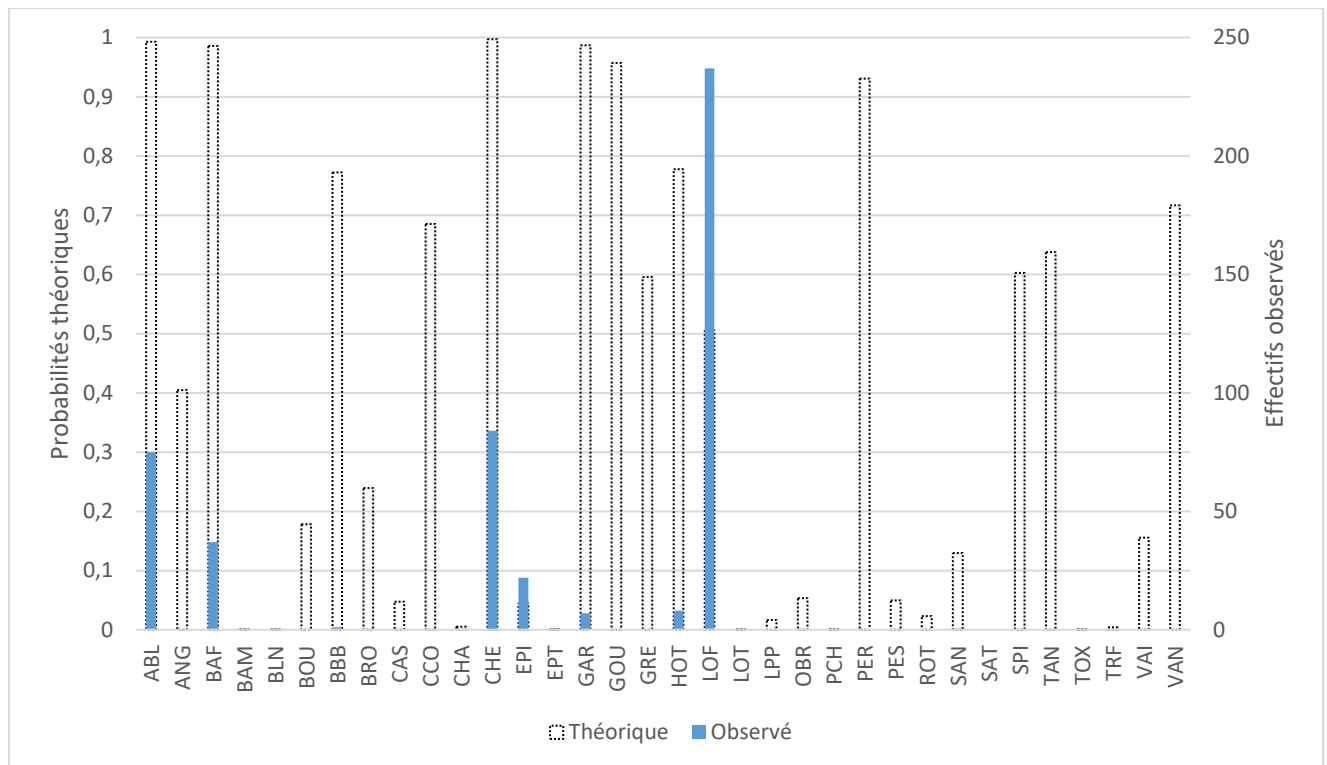
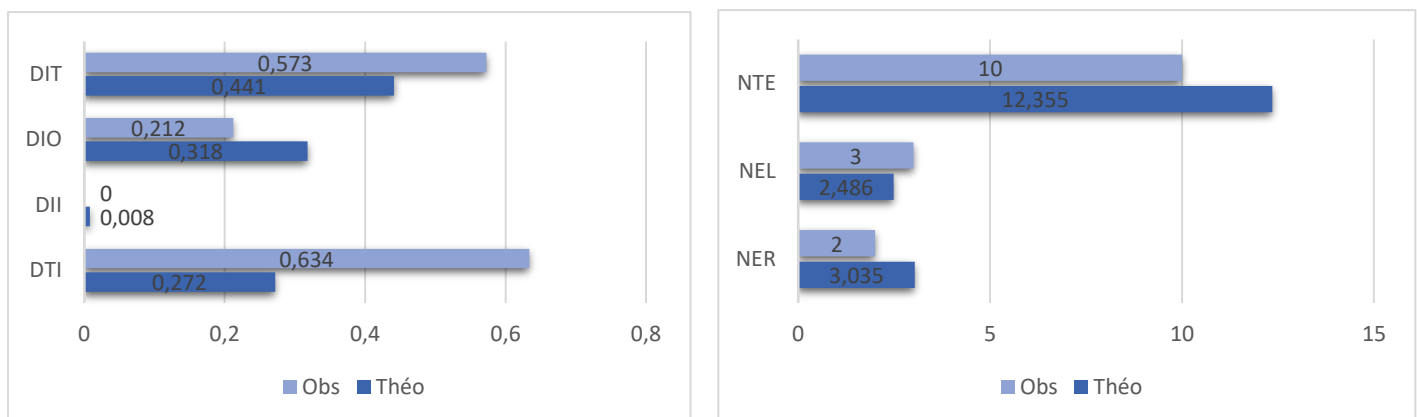


Figure 12 : Comparatif des probabilités de présence théoriques et des effectifs observés

D'autres de ces espèces, comme la Vandoise, étaient présentes les années antérieures, elles peuvent simplement avoir migrées sur des secteurs plus propices. La comparaison des valeurs des métriques d'abondance et d'occurrence théoriques et observées permet d'établir que la densité d'individus tolérants est plus importante en réalité avec une augmentation de 0,132 entre la valeur théorique et réelle (Figure 13).



*Densité d'individus tolérants (DIT)

*Densité d'individus invertivores (DII)

*Densité d'individus omnivores (DIO)

*Densité totale d'individus (DTI)

*Nombre total d'espèces (NTE)

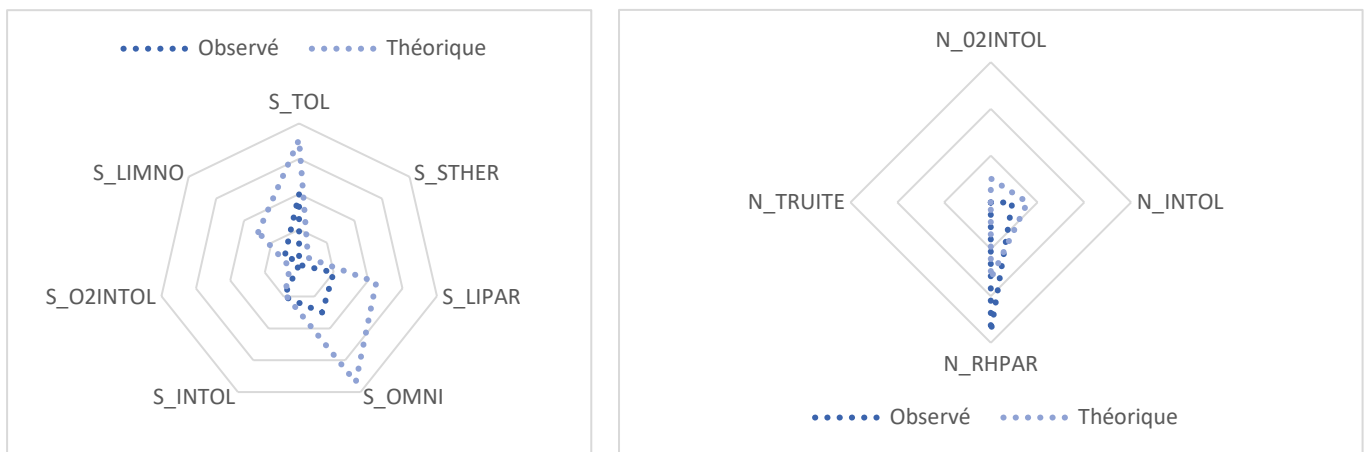
*Nombre d'espèces rhéophiles (NER)

*Nombre d'espèces lithophiles (NEL)

Figure 13 : Métriques d'abondance et d'occurrence observées et théoriques

La plupart des métriques ont des valeurs observées plus importantes que les théoriques, hormis pour le nombre total d'espèce, le nombre d'espèces rhéophiles, le nombre d'individus omnivores et invertivores.

Les métriques de l'IPR+ diffèrent de l'IPR et elles permettent de compléter l'analyse précédente (Figure 14).



- S_TOL (Métrique de richesse de tolérance à la qualité générale de l'eau)
- S_STTHER (Métrique de richesse de tolérance à de faible variation de température)
- S_LIPAR (Métrique de richesse de lieu de ponte préférentiellement en eaux stagnantes)
- S_OMNI (Métrique de richesse de régime alimentaire généraliste)
- S_INTOL (Métrique de richesse d'intolérance à la qualité générale de l'eau)
- S_O2INTOL (Métrique de richesse d'intolérance à de basse concentration en oxygène)
- S_LIMNO (Métrique de richesse du lieu de vie préférentiellement en eaux calmes voir stagnantes)
- N_O2INTOL (Métrique d'abondance d'intolérance à de basse concentration en oxygène)
- N_HINTOL (Métrique d'abondance d'intolérance à la dégradation de l'habitat)
- N_RHPAR (Métrique d'abondance de lieu de ponte préférentiellement en eaux courantes)
- N_TRUITE (Métrique d'abondance en juvéniles de truites de l'année)

Figure 14 : Mesures observées et théoriques pour l'IPR+

Pour les métriques de richesse, les valeurs observées et théoriques sont relativement proches pour la tolérance à de faible variation de température, pour l'intolérance à la qualité générale de l'eau et pour l'intolérance à de basse concentration d'oxygène. Pour les autres métriques, en revanche, les valeurs observées sont inférieures aux valeurs théoriques. Ces dernières décrivent une grande richesse pour des milieux aux eaux calmes voire stagnantes, or, le Petit Rhin présente davantage de faciès de type radier et plat courant, c'est pourquoi les espèces typiques des environnements lenticques attendues sont absentes en réalité.

Quant aux métriques d'abondances, celles concernant les juvéniles de truite présentent des valeurs semblables entre théorique et observé, cette espèce ayant été absente de relevés et le milieu jugé par l'IPR+ non adéquat pour ce salmonidé. Les métriques d'intolérance à de basse concentration en oxygène et à la dégradation de l'habitat sont moins élevées qu'attendues, ce qui indique que les espèces observées lors de la pêche sont plus exigeantes sur les teneurs d'oxygène, donc des poissons appréciant les zones courantes (habitats plus représentatif du Petit Rhin). Cela rejoint le constat sur les métriques de richesses, les données environnementales tendaient à décrire un milieu de plaine aux eaux calmes tandis que le Petit Rhin, en réalité, est plutôt lotique. Cette appréciation est confirmée par la dernière métrique, concernant l'abondance de lieu de ponte préférentiellement en eaux courantes, où la valeur observée est supérieure à la valeur théorique.

❖ Comparatif historique et géographique

Cette station d'inventaire est suivie depuis 2017 avec une opération ayant toujours lieu à la fin de l'été. Lors des premières prospections, la végétation rivulaire était peu développée voire absente, aujourd'hui, elle est relativement abondante avec une strate arbustive bien implantée, que ce soit sur les berges ou sur l'atterrissement au milieu du chenal.

Afin de pouvoir comparer l'évolution du peuplement au sein du bras renaturé, les analyses reposent sur les proportions par espèces et non sur des effectifs bruts. Quelle que soit l'année, il y a toujours eu une ou deux espèces « dominantes » mais celle-ci diffère. Sur les points complémentaires, en 2018, c'est le Barbeau fluviatile qui était le plus représenté avec 52,5% des effectifs, suivi du Gobie à tâche noire à 25,4% et de la Loche franche à 10,2% tandis qu'en 2019, c'est la Vandoise à hauteur de 59,63% suivie du Chevesne (16,97%) et du Gobie à tâche noire (7,80%) (Figure 15). En 2020, c'est cette dernière qui prend le dessus (61,64%) suivie du Chevesne (23,27%) et de la Loche franche (8,8%) Quant à cette année, les 3 taxons principaux sont la Loche franche (60,12%), du Gobie demi-lune (10,71%) et du Goujon asiatique (7,74%).

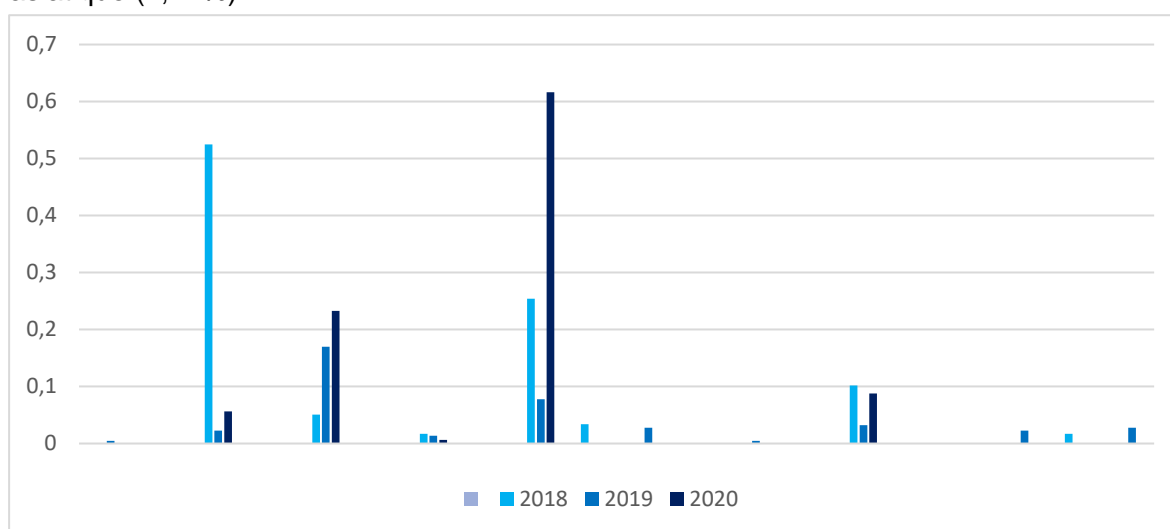


Figure 15 : Proportion par espèce pour les points complémentaires en fonction de l'année

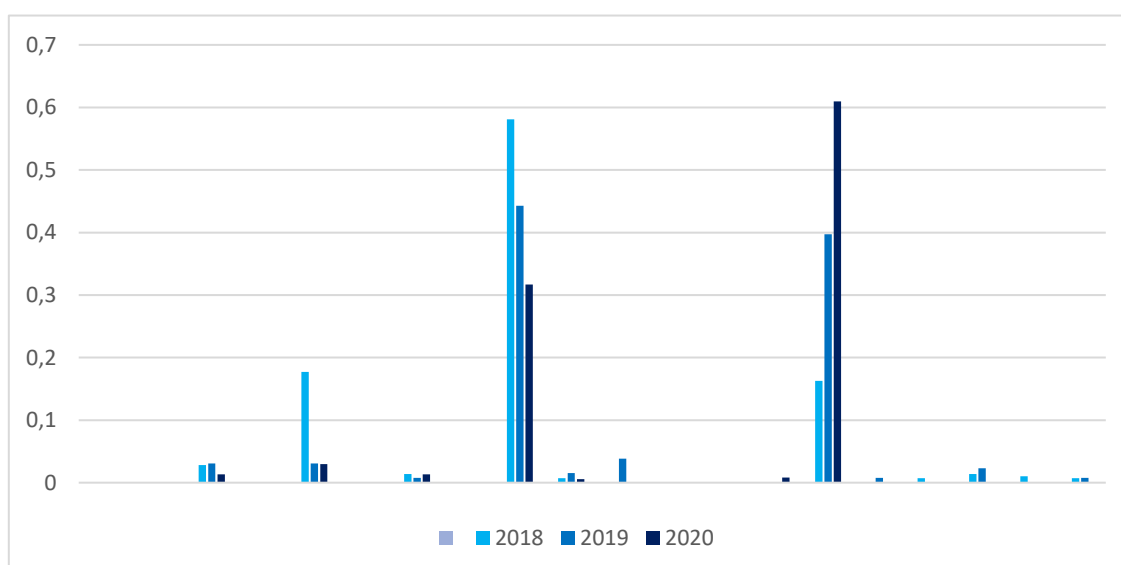


Figure 16 : Proportion par espèce pour les points représentatifs en fonction de l'année

Pour les points représentatifs, c'est le Gobie à tâche noire qui était particulièrement présent les 3 premières années avec des valeurs respectives de 58,10%, 44,27% et 31,7%. Pour 2021 en revanche, l'espèce était retombée à 6,86% (Figure 16). La Loche franche était également bien représentée à raison de 16,3% en 2018, 39,69% en 2019, 60,98% en 2020 et 42,7% en 2021. Le Chevesne est la 3^{ième} espèce en plus grande proportion sur cette station sur les 4 années de suivi.

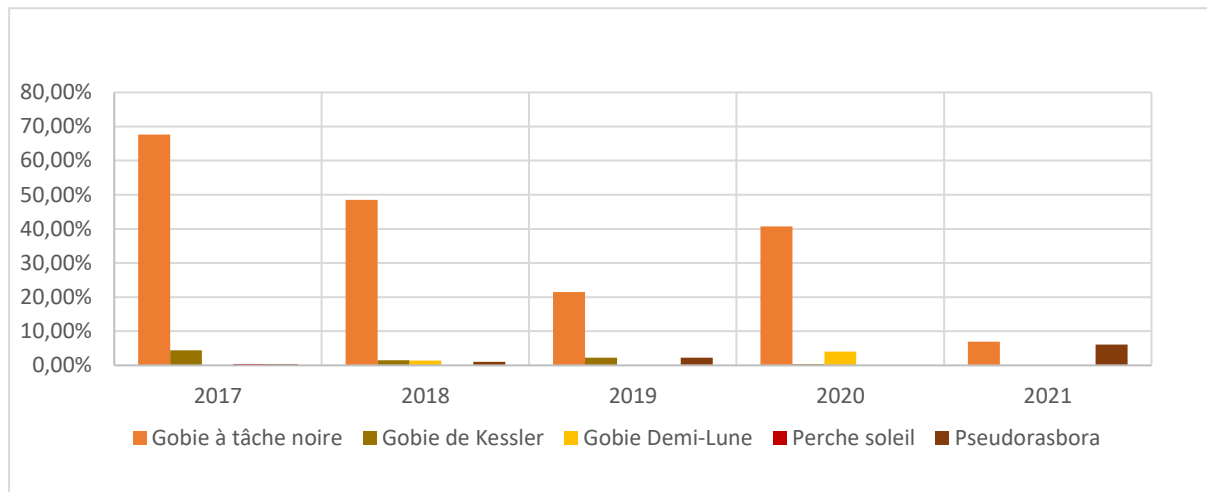


Figure 17 : Proportion par espèce pour l'ensemble des points en fonction de l'année

Le Petit Rhin a évolué, tout comme son peuplement, avec le temps. Le Gobie à tâche noire qui l'a tout d'abord colonisé semble décroître en termes de proportions tandis que la population de Loche franche s'est particulièrement bien implantée et développée sur la zone. Par ailleurs, la richesse spécifique a augmenté, hormis en 2020, puisqu'il y avait 9 espèces représentées en 2017 contre 15 aujourd'hui sur ce secteur (Figure 17).

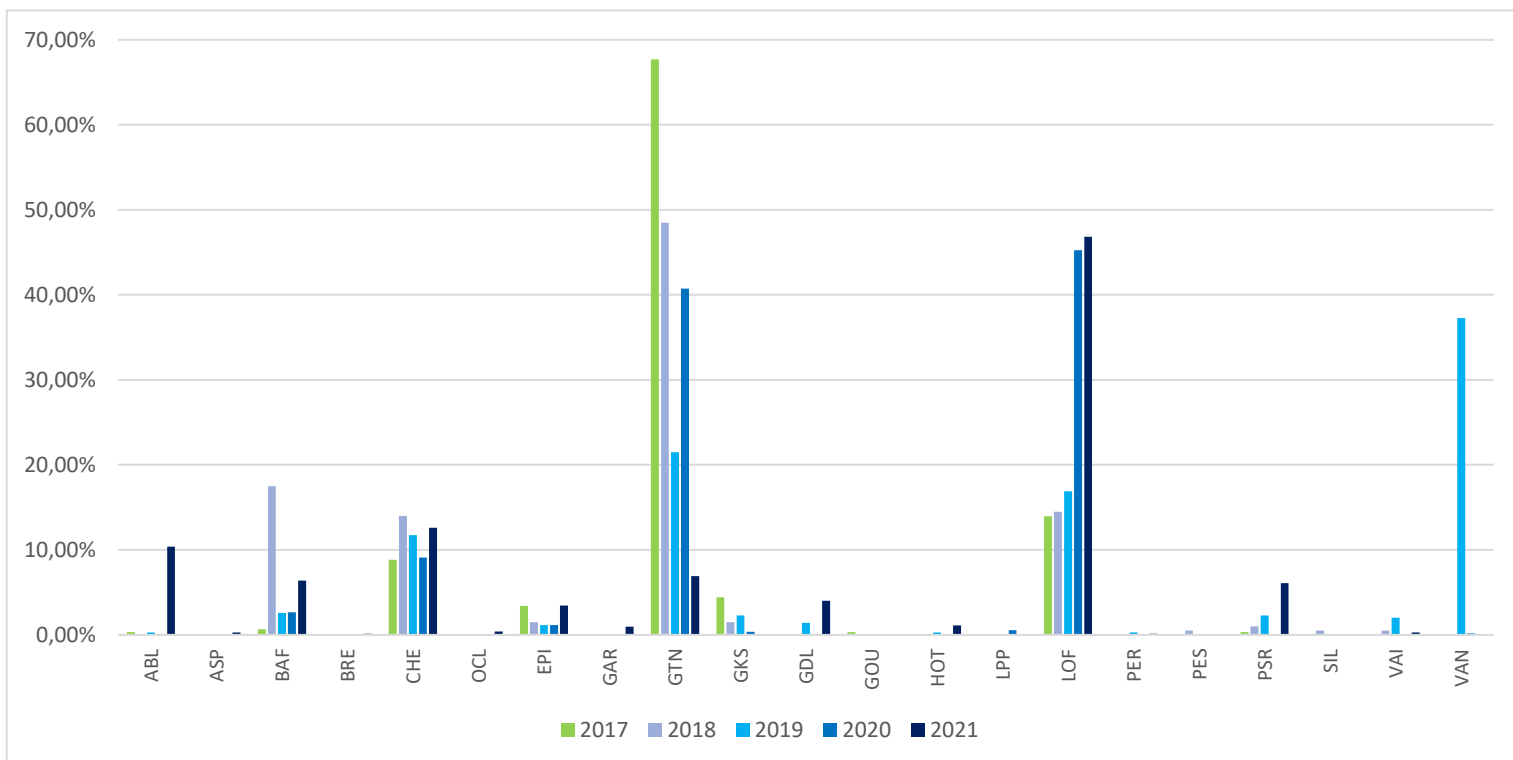


Figure 18 : Proportion des espèces indésirables sur la station de suivi du Petit Rhin de 2017 à 2021

Le Barbeau fluviatile semble avoir délaissé cette zone tandis que le Chevesne apparait comme stable sur la période de suivi. Certaines espèces n'étaient, a priori, que de passage ou ont eu un succès reproducteur particulier sur une année, à l'instar de la Vandoise en 2019 ou de l'Ablette en 2021. Ces résultats, centrés sur les espèces invasives, confirme la baisse en termes de proportions du Gobie à tâche noire sur la station mais il reste le taxon invasif majoritaire, les autres espèces présentes l'étant à de faibles proportions quelle que soit l'année (Figure 18).

La flore aquatique et la ripisylve sont aujourd'hui bien implantée, pour autant, l'écosystème en place peut encore changer, les populations du Rhin étant régulièrement en évolution, elles influencent le bras renaturé, qui apparait comme une zone de refuge ou de reproduction pour plusieurs espèces piscicoles.

En 2021, seule une autre station a été inventoriée sur le Petit Rhin, celle étudiée par le bureau d'étude SAGE Environnement, située plus en aval que celle présentée jusqu'ici. Les résultats sont présentés avec la densité relative en nombre d'individus pour 100 m² par espèce en prenant en compte l'ensemble des points prospectés, le détail des représentatifs et des complémentaires n'apparaissant pas dans les résultats du bureau d'études (Figure 19).

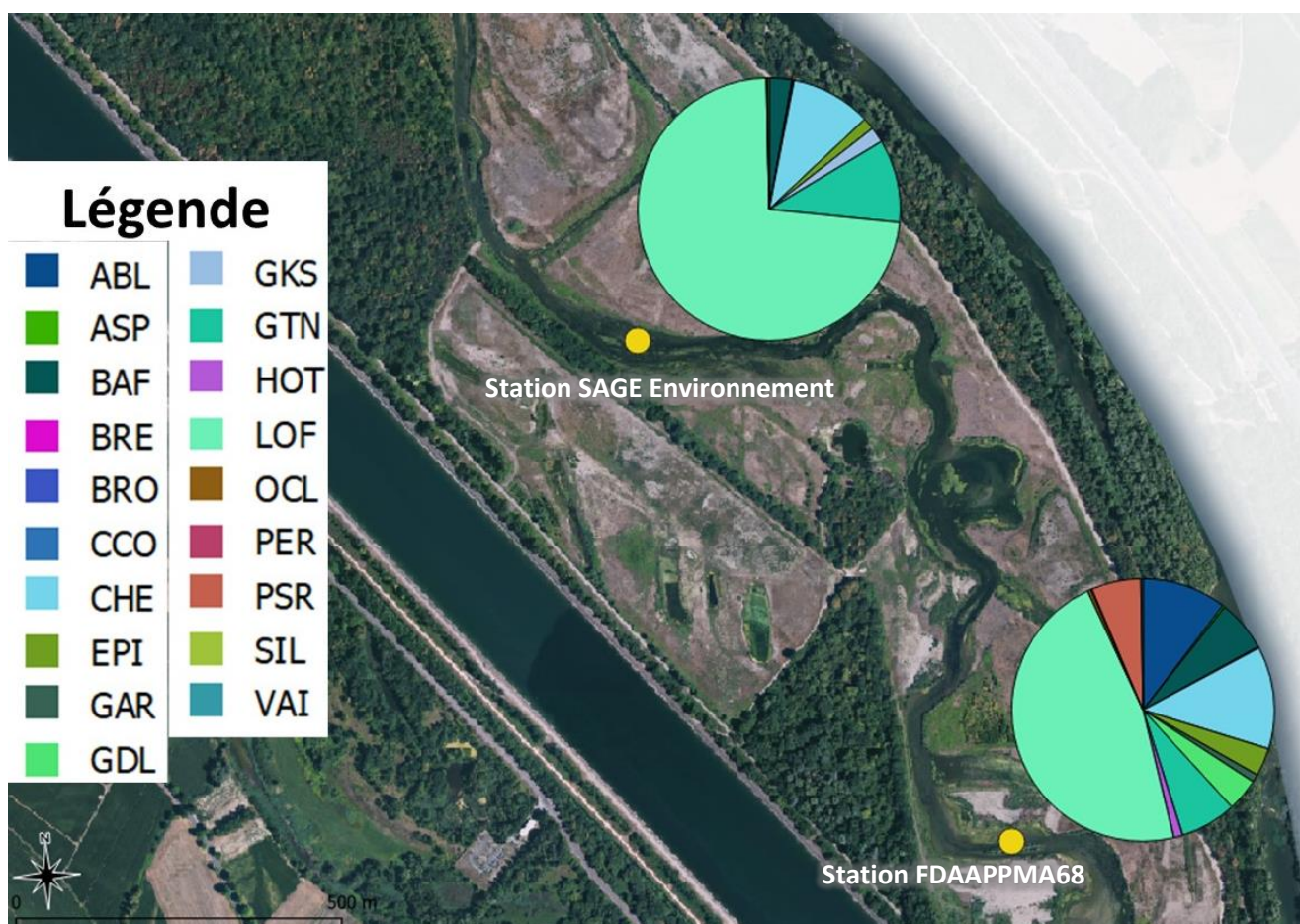


Figure 19 : Cartographie des proportions des densités relatives obtenues en 2021 en ind/100m²

La Loche franche domine sur ces deux stations à raison de 33,8 ind/100 m² (46,81% du peuplement total) en amont et de 118,4 (73,06%) en aval. Le Barbeau fluviatile a une densité équivalente pour les deux stations avec une valeur de 4,6 (2,81% pour la station aval et 6,37% pour l'amont), tout comme l'Épinoche à 2,4 ind/100 m² (1,44% pour la station aval et 3,46% pour l'amont). Le Gobie à tâche noire reste bien présent à raison de 5 ind/100 m² (6,93%)

contre 16 (10,25%) sur la station en aval à l'instar du Chevesne, avec, respectivement, 9,1 (12,60%) et 16,1 ind/100 m² (9,94%).

L'abondance des espèces semble plus importante sur la station amont en proportions plus homogènes. En plus des espèces citées précédemment, l'Ablette, le Goujon asiatique, le Gardon et le Gobie demi-lune sont bien visibles sur le diagramme. Certaines espèces ont une présence anecdotique, comme le Silure ou encore la Perche commune. Les populations observées présentent ainsi des densités différentes mais également une composition différente. En effet, sur la station prospectée par SAGE Environnement, plusieurs espèces ont été recensées alors qu'elles étaient absentes plus en amont en 2021, tels que le Brochet, la Carpe commune, le Gobie de Kessler ou encore le Silure. De même, certaines espèces n'étaient présentes qu'en amont, comme la Brème ou le Hotu. Cette différence peut s'expliquer par la morphologie des stations (les profondeurs sont plus importantes sur la station aval et la zone présente davantage de faciès de type plat lentique).

2. Analyse thermique

Remarque : La sonde thermique située en amont du Petit Rhin sur la commune de Village Neuf est défectueuse et n'est pas exploitée en 2021. Toutefois, sur les résultats antérieurs, le profil thermique de cette station placée sur le Vieux-Rhin se rapprochait fortement de ceux relevés sur le bras renaturé du Rhin.

a) Evolution des températures journalières sur l'année écoulée

Une des premières observations est, qu'au sein du Petit Rhin, où les sondes sont relativement proches géographiquement (moins de 7 km de séparation), la température évolue de manière similaire en termes de profils thermiques.

La station Petit Landau montre une température plus chaude en hiver et plus fraîche en été comparé à celles observées sur le Petit Rhin, cela peut s'expliquer par le volume d'eau. Petit Landau est située sur le Vieux-Rhin avec une profondeur et une largeur telles que la température de l'air influence moins celle de l'eau que sur le Petit Rhin avec une lame d'eau beaucoup moins importante. L'emplacement des sondes a aussi son importance, le secteur Petit Landau constitue une zone relativement sauvage du Rhin et possède de nombreuses sources d'ombrage. Sur la période étudiée, les températures évoluent globalement comme attendu sur la période hivernale avec une baisse d'octobre à mars avant de voir les eaux se réchauffer avant de se stabiliser à la mi-juin (Annexe IV).

La température moyenne journalière la plus basse enregistrée sur Petit Landau est de 5,4°C le 30 janvier contre la journée du 14 février pour le Petit Rhin, avec de l'amont vers l'aval, une valeur de 4°C, 3,7°C et 3,5°C. Il existe ainsi une différence de 14 jours pour le pic de le plus froid entre le Vieux Rhin et le bras renaturé et celui-ci est plus important sur ce dernier.

En ce qui concerne les températures moyennes journalières les plus chaudes, elles sont observées le 19 juin pour le Petit Rhin avec, de l'amont vers l'aval, 21,9°C, 22,6°C et 23°C, démontrant une fois de plus l'influence de la température de l'air. En effet les eaux de l'amont sont plus proches du Rhin, malgré un volume d'eau moins important dans le Petit Rhin, celles-ci mettent un certain temps à subir cet effet, il est ainsi plus visible sur les stations médianes et avals. Ces dernières se refroidissent davantage en hiver et se réchauffent davantage en été, d'où les valeurs relevées. Pour Petit Landau, le pic le plus chaud est observé seulement le 17 août pour une température de 20,3°C.

L'évolution de la température est similaire quelle que soit la station, les hausses et les baisses se succédant aux mêmes périodes. Par exemple, en juillet, une baisse générale des températures est observée. Les stations diffèrent cependant en ce qui concerne l'amplitude

journalière. Si celle-ci est anecdotique sur la station du Petit Landau (maximum de 2°C) et sur celle en amont du Petit Rhin (maximum 1,62°C), elle est plus importante sur les stations médiane et aval (respectivement 4,95°C et 7,2°C). L'amplitude thermique est plus marquée à partir de mars, soit aux périodes où les températures de l'air varient bien plus au cours d'une journée.

b) Croisement des températures moyennes journalières avec les débits moyens journaliers

Les débits sont des facteurs pouvant parfois expliquer les variations de températures, ce sont eux qui déterminent les périodes de hautes eaux (pluies, fontes des neiges etc.) qui sont associées à une baisse des températures ou encore les périodes d'étiage engendrant une augmentation de ces dernières.

Pour cette année 2021, le Rhin connaît deux pics de crues importants, un hivernal survenant de la fin janvier à début février avec un débit maximum de 2 557 m³/s et un estival intervenant lors des importantes pluies de juillet avec un pic de 3 418 m³/s. Les pics du printemps et de l'été semblent influencer la température de l'eau qui stoppe son réchauffement tandis que c'est l'inverse qui se produit en hiver. Ainsi, les débits semblent atténuer les effets de la température de l'air sur celle de l'eau (Figure 20).

La sonde de Petit Landau rejoint les observations précédentes en présentant des températures plus clémentes en hiver et plus fraîche en été par rapport à celles situées sur le Petit Rhin. Malgré un écart de valeurs, toutes les sondes présentes le même profil thermique et suivent une évolution similaire au cours de l'année. Ainsi, malgré un débit constant à l'année de 7m³/s, celui-ci ne semble pas pour autant impacter les températures de l'eau au sein du bras renaturé qui restent principalement influencées par celles des eaux du Rhin.

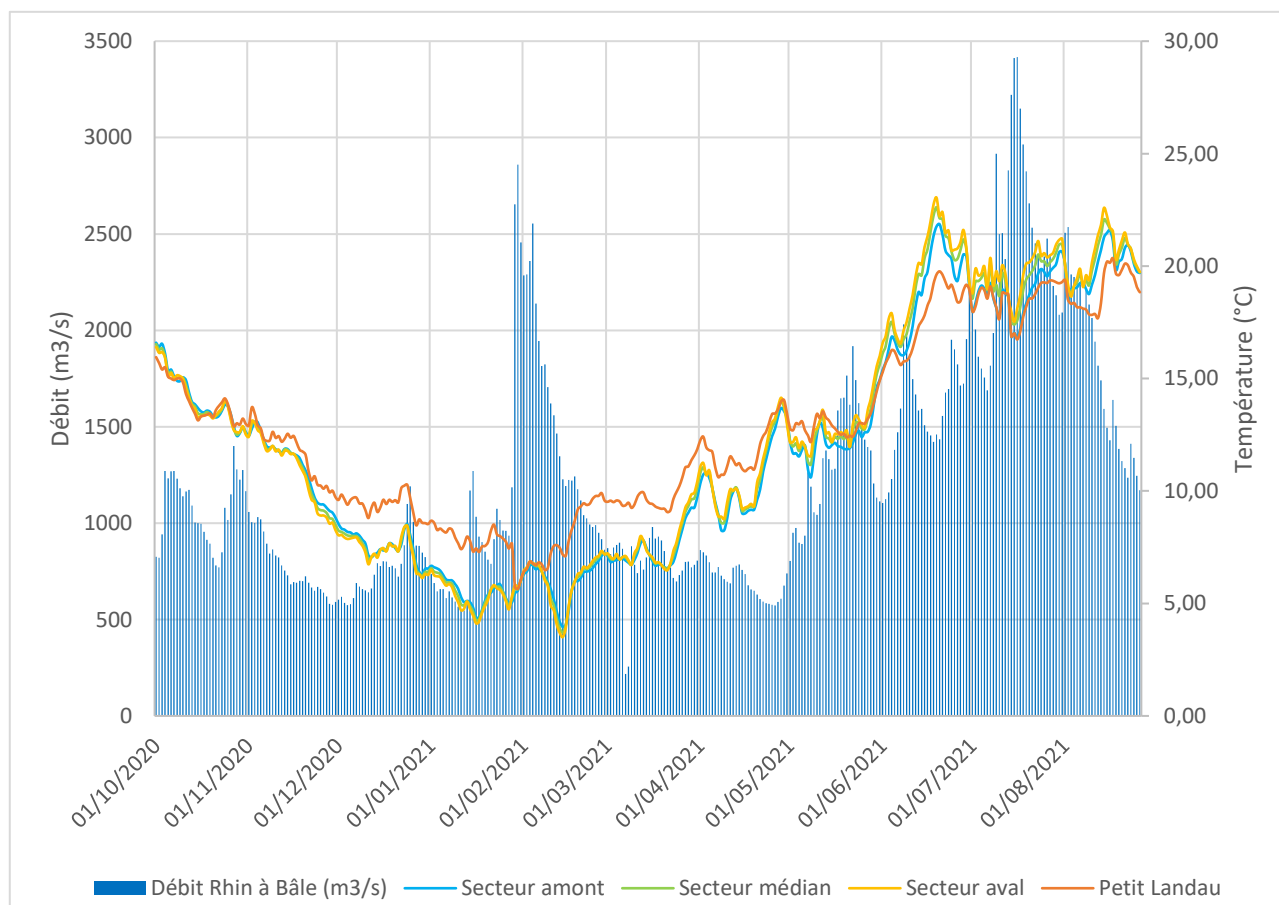


Figure 20 : Evolution des températures moyennes journalières sur les quatre stations étudiées mises en relation avec les débits relevés sur le Rhin à Bâle

c) Températures minimales et maximales instantanées en lien avec la température moyenne des 30 jours les plus chauds

L'étude seule des températures moyennes journalières peut dissimuler certaines périodes de stress thermique sur l'ichtyofaune, celles-ci pouvant présenter des disparités fortes avec les températures instantanées. La figure précédente illustre ce phénomène avec, par exemple, pour la station aval sur le Petit Rhin, des températures moyennes journalières n'excédant jamais les 22°C, or, le graphique ci-dessous montre une température instantanée relevé à 26,59°C le 19/06/21 (Figure 21).

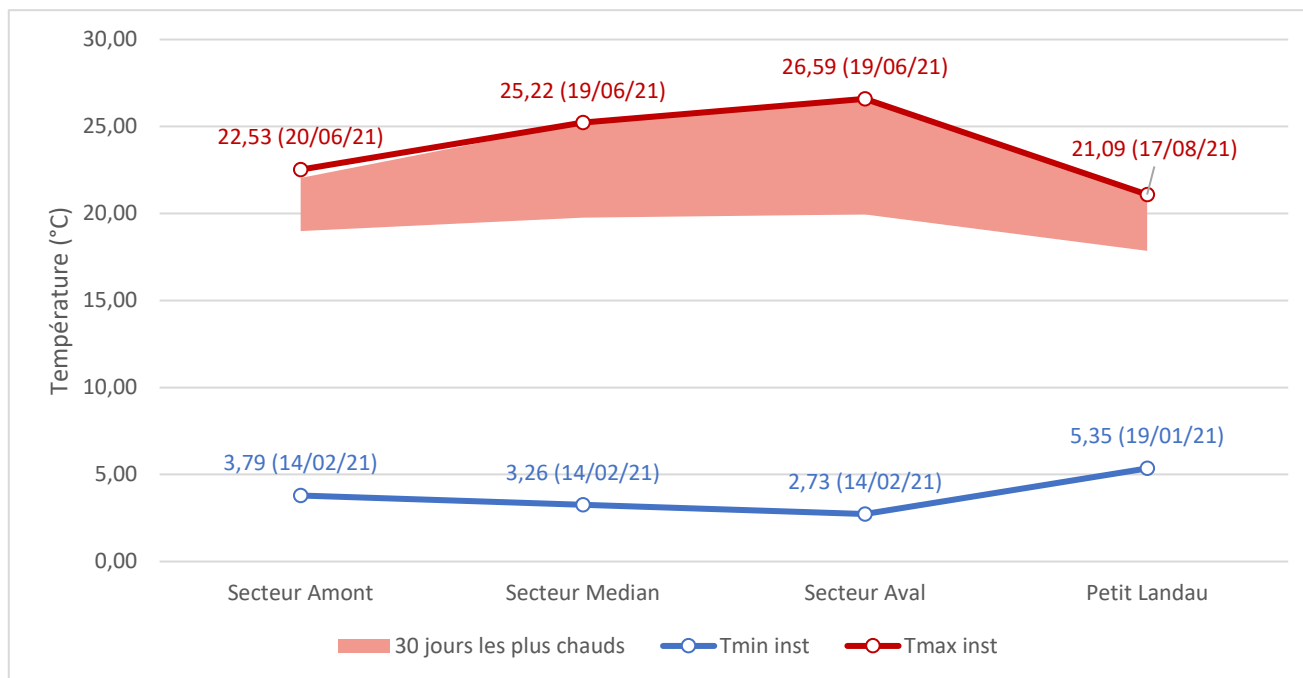


Figure 21 : Températures minimales et maximales instantanées mises en relation avec la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds

La température minimale instantanée la plus extrême est mise en évidence sur la station aval du Petit Rhin avec une valeur de 2,73°C le 14/04/21. Cette date est la même pour les autres extrêmes minimaux du bras renaturé mais avec des valeurs légèrement plus élevées (3,79°C à l'amont et 3,26°C pour le médian). La station Petit Landau connaît des températures plus clémentes avec une valeur minimale instantanée de 5,35°C observée le 19/01/2021 (Figure 22).

En ce qui concerne les extrêmes les plus chauds, c'est à nouveau la station aval du Petit Rhin qui présente la valeur la plus élevée avec un pic à 26,59°C contre 25,22 et 22,53°C, pour, respectivement, la station médiane et la station amont. Ces extrêmes ont été relevés après la mi-juin exceptés sur Petit Landau. C'est seulement à la mi-août qu'a été recensée la température la plus élevée de la période de suivi, avec pour valeur 21,09°C (Figure 22).

La température moyenne des trente jours le plus chauds (TMM30J) connaît moins d'amplitude pour la station amont du Petit Rhin et Petit Landau avec une amplitude aux alentours des 3°C (Figure 22). Celle-ci est plus importante pour les stations médiane et aval du bras renaturé avec une amplitude respective de 5,46 et 6,64°C, dénotant une probable influence plus forte sur ces secteurs de la température de l'air et de la profondeur de l'eau, plus faible au sein du Petit Rhin.

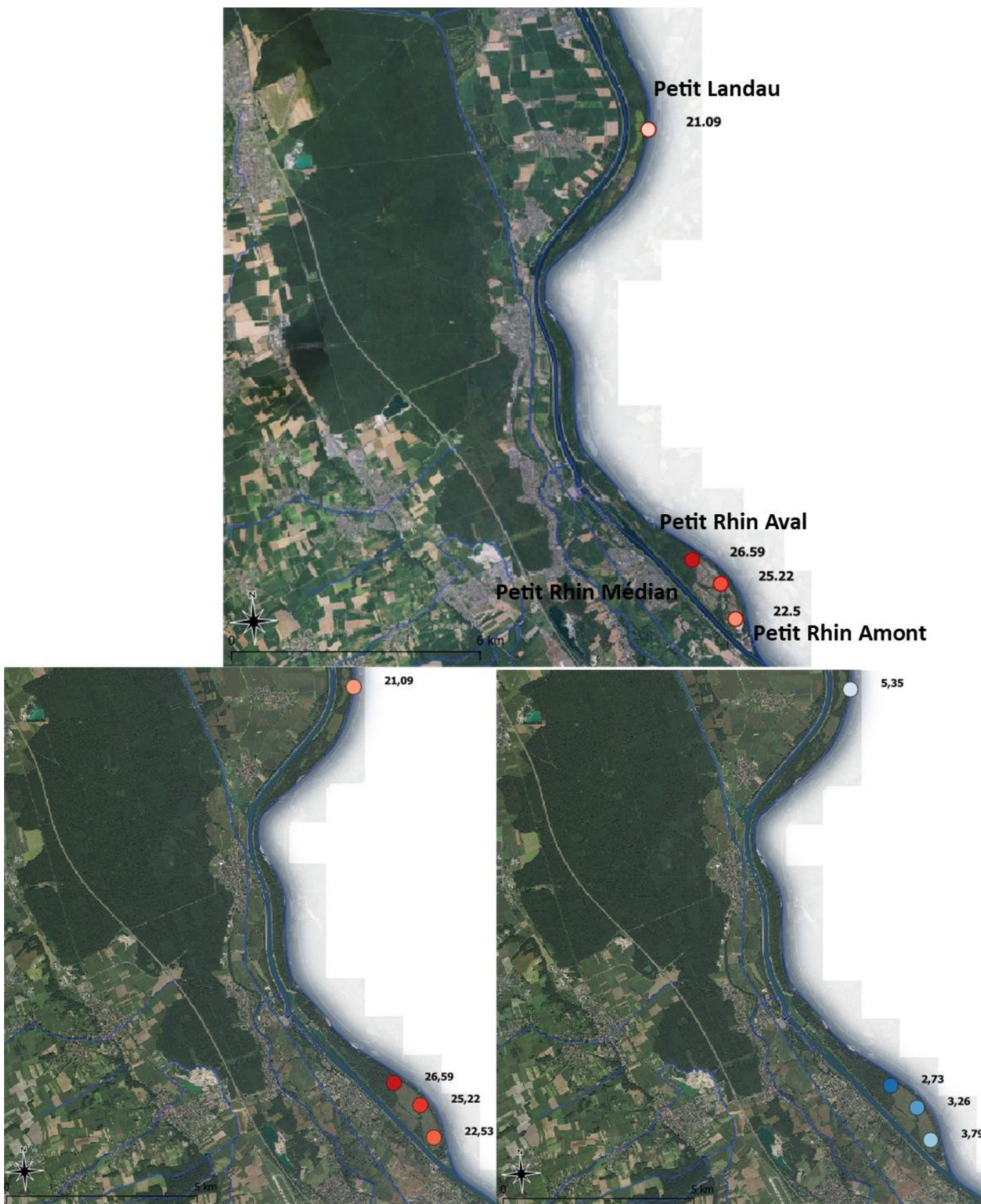


Figure 22 : Cartographies des températures MM30J, instantanées Max. et Min

d) Optimum thermique de la Truite fario et du Barbeau fluviatile en lien avec le régime du Petit Rhin

Un des principaux facteurs régissant les cycles biologiques de l'ichtyofaune est la température et chaque espèce possède son propre préférendum en fonction de ses exigences écologiques (Tissot et Souchon, 2011 ; Elliot et al., 1975-1981-1995 ; Gray, 1928 ; Mccauley et al., 1981 et Alabaster et Llyod, 1980). Pour l'étude du Rhin et de son bras renaturé, ce sont deux espèces qui ont été retenues, la Truite fario pour le passif salmonicole de ce fleuve et le Barbeau fluviatile, cyprinidé rhéophile choisi comme espèce repère sur le Petit Rhin.

Pour la Truite fario, toute classe d'âge confondue, l'optimum thermique se situe entre 4 et 17°C. Au-delà de cette valeur, les premiers signes de stress peuvent apparaître, notamment chez les juvéniles où, sur le long terme, une telle gamme de températures peut diviser la population par 2 voire par 3 (Elliot et al., 1975). Chez les adultes, les changements de comportements peuvent apparaître au-dessus des 19°C, avec, par exemple, un arrêt de la recherche de nourriture. Supérieure à 25°C, la température est létale pour l'ensemble des truites fario. Ces données sont similaires pour le Saumon atlantique, avec un optimum compris entre 7 et 20°C et un seuil de 25°C induisant un arrêt de la migration (Doridant, 2021), ainsi, les résultats ci-dessous peuvent être extrapolés également pour ce salmonidé, espèce migratrice emblématique du Rhin.

Cette année, sur le Vieux-Rhin comme sur le Petit Rhin, cette température extrême n'apparaît pas dans les moyennes journalières, elle n'a, a priori, pas assez duré dans le temps pour avoir un impact négatif sur les populations pouvant se trouver sur ce cours d'eau (Figure 23).

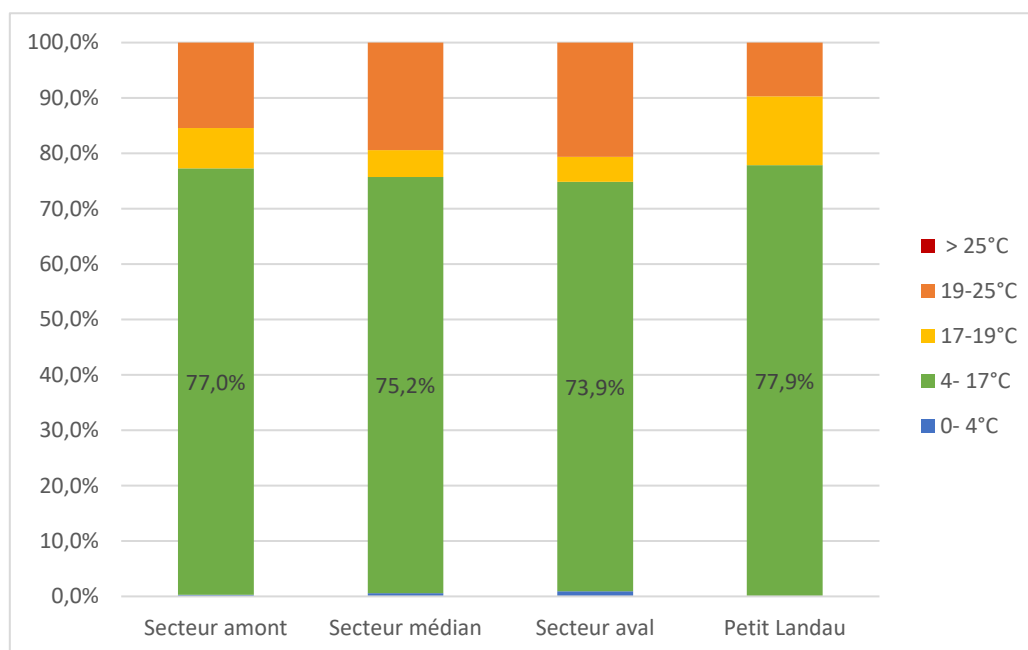


Figure 23 : Répartition des températures moyennes journalières en fonction du préférendum thermique de la Truite fario

Sur la période étudiée, plus de 70% du temps, toute station confondue, la température de l'eau a été favorable au développement de la Truite fario. Les stations les plus « critiques » pour cette espèce sont la médiane et l'aval du Petit Rhin, proche 20% du temps des températures d'inconfort.

En ce qui concerne le Barbeau fluviatile, il est plus tolérant aux températures chaudes mais bien moins aux températures plus froides par rapport à la Truite fario. Son optimum est compris entre 10 et 24°C et les situations de stress aux conséquences physiologiques lourdes interviennent aux alentours des 27°C. La température létale, quant à elle, a pour valeur 32°C (Tissot et Souchon, 2011).

Les stations étudiées apparaissent moins accueillantes pour ce cyprinidé rhéophile que pour les salmonidés, avec des températures régulièrement trop froides pour se développer de façon optimale. En effet, c'est le Vieux-Rhin qui semble davantage remplir ses exigences en termes de températures avec un optimum thermique sur 65,8% de l'année. Cette valeur oscille entre 56,7 et 57,6% au sein du bras renaturé (Figure 24). Cependant, la reproduction de ce poisson intervenant en avril aux alentours des 13 °C et la période froide s'étalant de la fin novembre à la fin mars, le succès ou non du recrutement de cette année pour cette espèce n'est pas à imputer à ce facteur.

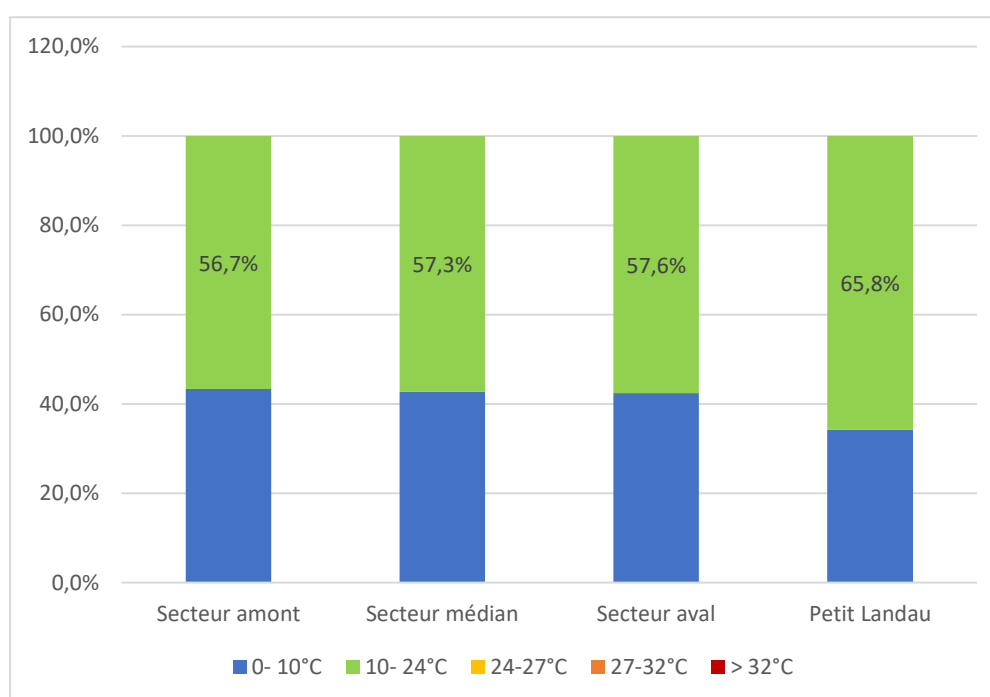


Figure 24 : Répartition des températures moyennes journalières en fonction du préférendum thermique du Barbeau fluviatile

Les populations de Barbeau fluviatile, sur la période étudiée, n'ont pas connu de stress lié à des températures élevées, celles-ci, que ce soit la température moyenne ou l'instantanée, n'ayant pas dépassé les 27°C. Les autres cyprinidés rhéophiles présents sur le bras renaturé tels que les chevesnes ou les hotus, ont, globalement, le même préférendum thermique que le Barbeau fluviatile, ainsi, ces observations peuvent être extrapolables pour ces espèces, éliminant le facteur thermique comme potentiel frein à leur reproduction. Cependant, il peut intervenir pour des situations de stress lors de la période hivernale, notamment pour les juvéniles dont l'optimum minimal se situe à 13°C pour le Barbeau fluviatile, 14 pour le Chevesne et 15 pour le Hotu. Le bras renaturé peut ainsi faire office de nurserie, à condition que des zones favorables à la fraie soit présentes, et les juvéniles, passés l'automne, pourront dévaler et retrouver des zones moins fraîches au sein du Vieux-Rhin.

e) Comparaison interannuelle

Les sondes thermiques ont été installées sur le Petit Rhin en avril 2017 et ont été retirées cette année en août. Ainsi, pour la comparaison interannuelle, les données vont d'avril à avril et s'arrêtent, pour l'année 2021, le 26 août (Figure 25). Pour plus de lisibilité, seule la station médiane est représentée, à raison d'une courbe par an.

En période estivale, la température moyenne maximale peut varier de 19 à 27°C, avec l'année 2021 comme étant la plus fraîche et 2018 la plus chaude. L'été 2021 se démarque ainsi avec, comme vu précédemment, les crues intervenues sur le Rhin en juillet. L'année 2017 a également connu des pics de refroidissement allant jusqu'à 20,6°C mais qui n'ont pas duré dans le temps.

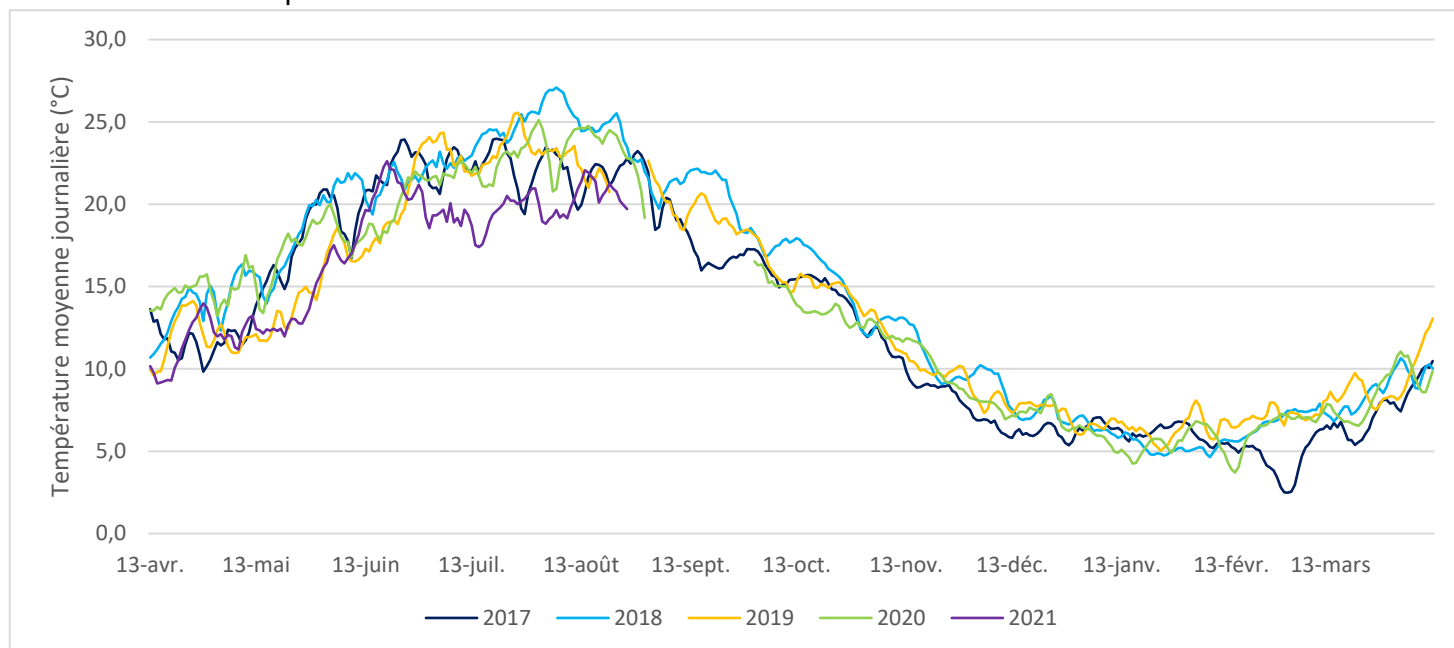


Figure 25 : Evolution des températures moyennes journalières sur la station médiane du Petit Rhin d'avril à avril pour les années 2017 à 2021

Les périodes automnales et hivernales sont globalement similaires quelle que soit l'année observée, seule 2017 se détache avec une baisse au début du mois de mars 2018 de 4,4°C, passant à 2,5°C contre 7°C en moyenne pour les autres années.

En termes de températures instantanées, c'est l'année 2018 qui connaît les valeurs les plus d'extrêmes puisque c'est elle qui a le record de la température la plus élevée (27,1°C le 6 août) et la température la plus basse (2,5°C le 1^{er} mars).

Malgré un débit constant dans ce bras, le régime thermique reste tout de même sous l'impact des aléas météorologiques et est étroitement lié aux conditions thermiques du Rhin (la station Village-Neuf, quelle que soit l'année, a toujours été proche de celles du Petit Rhin en termes de profil thermique).

5. Conclusion et perspectives

En 2021, la station suivie sur le bras renaturé du Rhin sur la commune de Village-Neuf par la FDAAPPMA68 dans le cadre de son partenariat avec EDF a permis d'accroître les connaissances sur le Petit Rhin, aussi bien abordées au niveau biologique au travers de l'étude du peuplement piscicole mais aussi écologique et physico-chimique.

Pour la physico-chimique, celle-ci est qualifiée de « moyenne » à cause de la teneur en phosphate, qui reste stable par rapport à 2020. Une eutrophisation forte du milieu n'a pas été constatée, le milieu étant relativement lotique sur la zone étudiée. Toutefois, sur la rive gauche, des algues ont été observées. Leur développement est souvent lié à de multiples facteurs, comme l'ensoleillement du secteur, relativement important sur cette zone ou encore le courant plus faible sur les bordures, mais le phosphate a également pu jouer un rôle. Les concentrations en phosphate sont ainsi à surveiller et son origine peut également être recherchée. Cependant, des espèces relativement sensibles à la qualité de l'eau, comme le Barbeau fluviatile, continuent de se reproduire sur le Petit Rhin, la situation, si elle reste stable, ne semble pas inquiétante.

L'étude thermique a mis en évidence une période estivale 2021 relativement fraîche par rapport aux années précédentes. Elle a également permis de constater que les niveaux d'eau sur le Petit Rhin, beaucoup moins importants que sur le fleuve, suffisent à augmenter l'influence de la température de l'air sur celle de l'eau au vu du gradient thermique observé au sein du bras renaturé. En effet, l'aval est plus frais en hiver et plus chaud en été que la partie amont. Le Petit Rhin a connu des pics de chaleurs extrêmes pour les salmonidés, notamment sur la partie aval à plus de 26°C malgré les températures globalement plus clémentes sur l'ensemble de l'année. Ce facteur semble ainsi toujours limiter une implantation de cette famille piscicole et confirme le statut d'espèce repère du Barbeau fluviatile.

Le débit constant de 7 m³/s ne semble pas impacter le régime thermique local cependant, pouvoir recourir à un **débit plus important**, notamment lors des périodes de crues sur le Rhin par exemple, pourrait permettre une **évolution plus dynamique des habitats** et donc, de la faune piscicole. Pour augmenter la diversité de ces derniers, en plus de la variation des débits, des modifications peuvent être apportées via l'installation de souches, de blocs ou encore la création de quelques épis. Ces actions viseraient, en modifiant l'hydromorphologie du Petit Rhin, à augmenter la diversité de l'ichtyofaune. Par ailleurs, un des avantages à se trouver sur un bras à débit contrôlé est de pouvoir s'assurer du maintien de telles installations dans le temps mais surtout lors d'épisodes de crue.

Malheureusement, avec le caractère exceptionnel de la crue de juillet, il était difficilement quantifiable d'observer les bénéfices d'une végétation plus développée, cependant, les températures instantanées sont restées élevées, il apparaît ainsi primordial de continuer la gestion d'expansion de la ripisylve pour apporter davantage d'ombrage et de zones de refuge.

Le peuplement piscicole était constitué, à l'instar des autres années, d'une majorité de Loche franche, de Gobie à tâche noire et de Chevesne. Ainsi, les populations présentes semblent avoir trouvé dorénavant un équilibre sur cette station. Malgré la présence d'espèces invasives et susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques, ces dernières ne dominent plus le peuplement et, dans le cas du Gobie à tâche noire, semblent régresser en termes de proportions. Ce phénomène se produit régulièrement à l'apparition de nouvelles espèces, qui commencent souvent une expansion exponentielle pour se stabiliser, une fois que l'écosystème a su retrouver un certain équilibre. Néanmoins il apparaît complexe de statuer sur une éventuelle évolution avec si peu de résultats et des données qualitatives ponctuelles. De nombreuses études sont en cours, notamment menées par des structures de recherches locales comme le LIEC (Université de Lorraine) ou le LIVE (Université de Strasbourg). Malgré

les présences de taxons invasifs, le Petit Rhin semble être une zone de reproduction mais également de nurserie et de refuge pour les alevins et les juvéniles de nombreuses espèces.

Les populations piscicoles semblent globalement semblables au niveau de la station prospectée par SAGE Environnement en 2021 avec des résultats ayant eu de nombreuses similitudes avec la station amont.

Le peuplement, au travers des deux indices Poissons Rivières, est qualifié de qualité « moyenne » à « médiocre », toutefois, comme précisé précédemment, ces résultats ne sont pas tout à fait applicables au vu de la situation spécifique du Petit Rhin mais ont permis de donner une appréciation globale et informative sur les populations piscicoles.

Au regard de l'évolution rapide des peuplements observées au sein du Rhin renaturé, il pourrait être envisagé d'affiner le diagnostic établi en proposant des pistes de réflexions supplémentaires. Ces résultats peuvent être complémentaires ou complétés avec le déploiement d'un protocole de pêche complète, malgré une complexité d'exécution, ou l'ajout de stations d'inventaires biologiques supplémentaires. Comme précisé précédemment, une des clés pour le développement de l'ichtyofaune reste la diversification des habitats, un suivi de ces derniers pourrait également être mis en place. Les technologies actuelles facilitent ces analyses du milieu, un protocole mettant en place l'utilisation d'un drone pourrait être déployé pour avoir une vue globale ou par secteur du Petit Rhin et son évolution dans le temps (cartographie précise et évolution des habitats présents).

En parallèle, pour le bras renaturé mais aussi pour l'ensemble des hydrosystèmes du département, il est important de rappeler l'importance des actions de communication pour la préservation des écosystèmes. Ainsi, des rappels à la réglementation et au danger que peuvent apporter les espèces allochtones pourront être développés à destination des particuliers, aquariophiles ou encore des pêcheurs.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR. NF T90-344, 2011. « Qualité de l'eau - Méthode de détermination de l'Indice Poisson Rivière (IPR) »

AFNOR. NF T90-383, 2012. « Qualité de l'eau - Échantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau »

Alabaster J.S. Et Lloyd R., 1980. « Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths ». Ed., London, 297 pp.

Badort M., Terray L., Boé J., Somot S., Alias A., Gibelin A-L et Dubuisson B., 2017. « Futu summer mega-heatwave and record-breaking temperatures in a warmer France climate », 13 pp.

Belliard J., Ditché J-M., Roset N. et Dembski S., 2012. « Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons », 31pp.

Belliard J. & Roset N., 2006. « L'indice poissons rivière (IPR) – Notice de présentation et d'utilisation », 24 pp.

Bougon N. et Ferreol M., 2011. « Physico-Chimie soutenant la biologie Typologie chimique nationale des cours d'eau », 40 pp.

Conservatoire des sites alsaciens, 2017. « Histoire de l'île du Rhin », <https://www.conservatoire-sites-alsaciens.eu/missions-actions/les-programmes/parteneriat-pour-la-conservation-des-milieux-naturels-rhenans/histoire-de-lile-du-rhin/>

Chevelon H., 2020. « Suivi piscicole, thermique et physico-chimique du Petit-Rhin entre Village-Neuf et Kembs ». Fédération du Haut-Rhin pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 89 pp. CHEVELON H.

Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, *Journal officiel n° L 327 du 22/12/2000 p. 0001 – 0073*, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:HTML>

Doridant J-B., 2021. « Etude de l'impact du changement climatique sur les communautés vivantes du Rhin et plus particulièrement les poissons grands migrateurs », Rapport de stage, 93 pp.

ECOTEC Environnement, 2016. « Rapport d'étude Suivi biologique du bras renaturé de Kembs Année 2016 – Deuxième année de suivi ». 76 pp.

ECOTEC ENVIRONNEMENT SA et EDF, 2017a. « Rapport d'étude Aménagement hydroélectrique de Kembs Suivi piscicole 2016 pour la station O3. ». 23 pp.

ECOTEC ENVIRONNEMENT SA et EDF, 2017b. « Rapport d'étude Aménagement hydroélectrique de Kembs Suivi juvéniles de poissons O1, I1 & I2. ». 30 pp.

EDF, 2016. « A Kembs, l'île du Rhin retrouve petit à petit, son environnement naturel », plaquette A3

Elie P. & Girard P., 2014. « La santé des poissons sauvages : les codes pathologie, un outil d'évaluation ». 286 pp.

Elliott J.M. & Hurley M.A, 2001. « Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and Energy units ». *Freshwater Biology* 46, p. 679-692.

Elliott J.M. 1981. « Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In *Stress and fish* ». A.D. Pickering Ed., p. 209-245.

Elliott J.M., 1975. « The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations ». *Journal of Animal Ecology* 44, p. 805-821.

Elliott J. M. & Elliott J. A (1995). « The effect of the rate of temperature increase on the critical thermal maximum for parr of Atlantic salmon and brown trout ». *Journal of fish Biology* 47, p.917 – 919

FDAAPPMA68, 2018. « Compte rendu de la pêche électrique par Echantillonnage Ponctuel d'Abondance dans le cadre du suivi du Barbeau fluviatile sur l'île du Rhin », Fédération du Haut-Rhin pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 6 pp.

Gray J., 1928. « The growth of fish iii. the effect of temperature on the development of the eggs of *Salmo fario* ». *Journal of Experimental Biology* 6, p. 125-130.

Keith P., Persat H., Feunteun E. et Allardi J., 2011. « Les poissons d'eau douce de France ». *Museum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze*, 552 pp.

Kuntzler F., 2018. « Contribution à la caractérisation du potentiel du Vieux Rhin pour les grands salmonidés migrateurs : métabolisme thermique, cartographie des habitats et données piscicoles disponibles ». 55 pp.

L'Observatoire du Rhin, 2015. « Histoire du Rhin », <https://obs-rhin.engees.eu/?q=node/3>

Louis S., 2019. « Compte rendu du suivi piscicole et thermique du Petit Rhin – Année 2019 ». Fédération du Haut-Rhin pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 15 pp.

Mccauley R. W. & Casselman J. M., 1981. « The final preferendum as an index of the temperature for optimum growth in fish ». In *World Symposium on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems* B. K. Tiews. Heenemann Verlagsgesellschaft Ed., pp. 81-93.

Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018. « Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement ».

Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019. « Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) ».

NAMOKEL Y., 2021. « Compte rendu annuel de pêche scientifique 2020 : réseau de suivi piscicole, plan quinquennal et état pathologique. » Fédération du Haut-Rhin pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 134p.

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 » Compte Rendu de l'Académie des Sciences. III-Vie Vol 289: 1295-1298.

NR., 2009. « La Liste rouge des espèces menacées en France - Poissons d'eau douce de France métropolitaine », UICN et MNHM en partenariat avec la SFI et l'ONEMA, 12 pp.

NR, 2010. « *Le Rhin* », Encyclopédie B&S Editions,
<http://www.encyclopedie.bseditions.fr/article.php?pArticleId=11&pChapitreId=36142&pSousChapitreId=36147&pArticleLib=L%27am%E9nagement+du+cours+sup%E9rieur+du+Rhin+%5BLe+Rhin-%3EHistoire+du+fleuve%5D>

Persat H. & Copp G.H., 1990. Chapter 27 : Electric fishing and point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. In: Developpements in electric fishing (ed. Cowx, I. G.) pp. 203-215. Blackwell Scientific Publications-Fishing News Books Ltd., Oxford

Pont D., Delaigue O., Belliard J., Marzin A., et Logez M., 2013. « Programme IPR+ - Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE » Version V.2.0 de l'indicateur, 208 pp. Consultable sur : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/prog-iprplus-revision-ipr-application-dce-v.2.0fev2013.pdf>

Pont D., Hugueny B., Beier U., Meicher A., Noble R., Rogers C., Roset N. et Schmutz S., 2006. « Assessing river biotic condition at the continental scale : a European approach using functional metrics ans fish assemblages » Journal of Applied Ecology, 43, P. 70-80

Pont D., Hugueny B. et Rogers C., 2007. « Development of fish-based index for the assessment of 'river health' in Europe : the European Fish Index (EFI) », Fisheries Management and Ecology, 4, p. 427-439.

Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil concernant les restrictions à la commercialisation et à l'utilisation des sulfonates de perfluorooctane (modification de la directive 76/769/CEE du Conseil), 2005 et acceptation en 2006 par les instances européennes, consulté le 30/11/2021 sur : <https://www.senat.fr/ue/pac/E3029.html>

SAGE ENVIRONNEMENT, 2021. « Aménagement hydroélectrique de Kembs Compte-rendu de la pêche du 8 septembre 2021 sur le Petit Rhin ». 6 pp.

SIERM., 2020. « Le Vieux-Rhin à Kembs – Fiche synthèse – Etat chimique », consulté le 30/11/2021 sur : <https://rhin-meuse.eaufrance.fr/résultats/QSUP?perimetre=02000011¶metre=&produit=synthese>

Tissot L. & Souchon Y., 2011. « Synthèse des tolérances thermiques es principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plain de l'ouest européen ». Hydroécologie appliquée, EDP Sciences, 2011, 17, p.17-76. Hal-00602627

Tricart J., & Bravard, J.-P., 1991. « *L'aménagement des trois plus grands fleuves européens : Rhin, Rhône et Danube. Problèmes et méfaits* ». Annales de Géographie. t. 100, n°561-562. Numéro du Centenaire. pp. 668-713.

ANNEXES

Annexe I : Fiche terrain de relevés par points

Points Représentatifs										Présence de Poissons
Points n°	FACIES					POSITION				
	Radier	Plat courant	Plat lentique	Profond	Annexe	Berge RD	Chenal RD	Chenal RG	Berge RG	
1		1						1		
2	1							1		oui
3	1						1			
4		1				1				oui
5			1			1				oui
6			1			1				oui
7		1					1			oui
8		1						1		oui
9		1						1		oui
10		1							1	oui
11		1							1	oui
12		1							1	oui
13		1						1		oui
14		1						1		oui
15		1					1			oui
16		1				1				oui
17			1			1				
18			1			1				oui
19		1					1			oui
20		1					1			
21		1						1		oui
22			1						1	oui
23			1						1	oui
24		1							1	oui
25		1						1		oui
26		1					1			
27		1					1			oui
28		1				1				oui
29		1				1				oui
30		1				1				oui

31		1							1		
32	1									1	
33		1								1	oui
34		1									1 oui
35		1									1 oui
36		1									1 oui
37		1								1	oui
38						1				1	oui
39						1				1	oui
40						1		1			oui
41						1		1			oui
42		1						1			oui
43		1							1		oui
44		1								1	oui
45		1								1	
46						1					1 oui
47		1									1 oui
48		1									1 oui
49		1								1	oui
50		1							1		oui
51		1							1		oui
52		1						1			oui
53		1						1			oui
54		1						1			oui
55		1							1		oui
56		1								1	oui
57		1								1	oui
58		1									1 oui
59		1									1 oui
60		1									1 oui
61		1								1	oui
62		1							1		oui
63		1							1		oui
64		1						1			oui
65		1						1			oui
66		1						1			oui
67						1			1		oui
68		1								1	oui
69		1								1	
70		1									1 oui
71		1									1 oui
72		1									1 oui
73		1								1	oui
74		1							1		
75		1							1		

Points Complémentaires											
Points n°	FACIES					POSITION				Habitats	
	Radier	Plat courant	Plat lentique	Profond	Annexe	Berge RD	Chenal RD	Chenal RG	Berge RG		Présence de Poissons
1			1						1		8
2		1							1		8
3				1				1			7
4		1					1				7
5		1					1				8
6											
7											
8											
9											
10											

Code habitat
1 Confluence
2 Sous-Berge
3 Enrochements
4 Rejet, Exutoire
5 Embâcles
6 Aval seuil
7 Herbier
8 Racines, souches
9 Autres

4. Annexe II : Résultats bruts de la pêche électrique

Espèce	Effectifs	Taille min (mm)	Taille max (mm)	Poids (g)	Lot	Code patho CP1/CP2	Observations
HOT	1	81		5			
HOT	1	74		4			
HOT	1	71		2,5			
HOT	1	78		3,5			
GTN	1	42		1			
GTN	1	40		1			
GTN	1	42		1			
GTN	1	62		3			
GTN	1	32		0,5			
GTN	1	30		0,5			
GTN	1	42		1			
GTN	1	31		0,5			
GTN	1	40		1			
GTN	1	31		1			
GTN	1	43		2			
GTN	1	32		1			
GTN	1	28		1			
GTN	1	31		0,5			
GTN	1	22		0,5			
GTN	1	30		0,5			
GTN	1	15		0,5			
EPI	1	42		1,5			
EPI	1	41		1			
EPI	1	32		1			
EPI	1	32		1			
EPI	1	31		0,5			
EPI	1	28		0,5			
EPI	1	30		0,5			
EPI	1	30		0,5			
EPI	1	34		0,5			
EPI	1	34		0,5			
EPI	1	41		1			
GTN	1	46		2			
EPI	1	31		0,5			
EPI	1	26		0,5			
EPI	1	28		0,5			
EPI	1	34		0,5			
EPI	1	38		0,5			
EPI	1	54		0,5			
EPI	1	52		0,5			
EPI	1	41		0,5			

EPI	1	42		0,5		
EPI	1	37		0,5		
EPI	1	34		0,5		
PSR	1	63		2		
GDL	1	70		4		
GDL	1	55		2		
GDL	1	36		0,5		
GDL	1	42		0,5		
GDL	1	41		0,5		
GDL	1	38		0,5		
GDL	1	43		0,5		
CHE	1	31		1		
BRE	1	45		1		ADQ4
GDL	1	32		0,5		
GDL	1	32		0,5		
GTN	1	22		0,1		
GTN	1	21		0,1		
GDL	1	35		1		
GDL	1	31		0,5		
HOT	1	79		3,5		
HOT	1	65		2		
HOT	1	62		2,5		
HOT	1	75		4		
LOF	67	67	82	129,5	L	Petites LOF
GAR	7	68		17	I	
GAR		64			I	
GAR		44			I	
GAR		62			I	
GAR		66			I	
GAR		56			I	
GAR		60			I	
PSR	1	55		0,5		
ABL	1	72		3,5	S	Petites ABL
ABL	1	83		4	S	Petites ABL
ABL	1	108		9	S	Petites ABL
ABL	1	80		4	S	Petites ABL
ABL	1	74		4	S	Petites ABL
ABL	1	78		3,5	S	Petites ABL
ABL	1	88		5	S	Petites ABL
ABL	1	54		0,5	S	Petites ABL
ABL	1	84		4	S	Petites ABL
ABL	1	75		4	S	Petites ABL
ABL	1	72		3	S	Petites ABL
ABL	1	55		2,5	S	Petites ABL
ABL	1	54		1,5	S	Petites ABL

ABL	1	50		1,5	S		Petites ABL
ABL	1	86		4,5	S		Petites ABL
ABL	1	66		3	S		Petites ABL
ABL	1	83		5	S		Petites ABL
ABL	1	57		1,5	S		Petites ABL
ABL	1	85		5	S		Petites ABL
ABL	1	78		4,5	S		Petites ABL
ABL	1	54		1	S		Petites ABL
ABL	1	52		1,5	S		Petites ABL
ABL	1	79		3,5	S		Petites ABL
ABL	1	57		1,5	S		Petites ABL
ABL	1	58		1	S		Petites ABL
ABL	1	64		2	S		Petites ABL
ABL	1	53			S		Petites ABL
ABL	1	58		2,5	S		Petites ABL
ABL	1	61		2	S		Petites ABL
ABL	1	54		1,5	S		Petites ABL
ABL	45	51	68	104	L		Petites ABL
CHE	52	34	68	73	L		Petits CHE
CHE	1	59		2	S		Petits CHE
CHE	1	60		2	S		Petits CHE
CHE	1	62		2	S		Petits CHE
CHE	1	50		1,5	S		Petits CHE
CHE	1	52		2	S		Petits CHE
CHE	1	60		3	S		Petits CHE
CHE	1	65		3	S		Petits CHE
CHE	1	47		2,5	S		Petits CHE
CHE	1	59		3	S		Petits CHE
CHE	1	70		4	S		Petits CHE
CHE	1	42		2	S		Petits CHE
CHE	1	47		3	S		Petits CHE
CHE	1	57		3,5	S		Petits CHE
CHE	1	61		4	S		Petits CHE
CHE	1	60		4	S		Petits CHE
CHE	1	59		4,5	S		Petits CHE
CHE	1	55		4	S		Petits CHE
CHE	1	54		4,5	S		Petits CHE
CHE	1	40		1	S		Petits CHE
CHE	1	69		2,5	S		Petits CHE
CHE	1	56		1,5	S		Petits CHE
CHE	1	70		3	S		Petits CHE
CHE	1	61		2	S		Petits CHE
CHE	1	61		2,5	S		Petits CHE
CHE	1	61		2,5	S		Petits CHE
CHE	1	59		2	S		Petits CHE

CHE	1	61		2,5	S		Petits CHE
CHE	1	59		1,5	S		Petits CHE
CHE	1	55		1,5	S		Petits CHE
CHE	1	51		1,5	S		Petits CHE
LOF	1	85		4,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	62		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	67		2	S		Moyennes LOF
LOF	1	62		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	63		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	64		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	62		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	54		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	62		2	S		Moyennes LOF
LOF	1	54		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	75		3,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	64		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	76		2	S		Moyennes LOF
LOF	1	74		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	69		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	64		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	62		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	62		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	54		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	59		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	64		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	67		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	59		1	S		Moyennes LOF

LOF	1	61		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	56		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	58		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	54		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	54		1	S		Moyennes LOF
LOF	1	67		1,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	79		3,5	S		Moyennes LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	51		1	S		Petites LOF
LOF	1	49		1	S		Petites LOF
LOF	1	57		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	49		1	S		Petites LOF
LOF	1	41		1	S		Petites LOF
LOF	1	54		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	61		2	S		Petites LOF
LOF	1	51		1	S		Petites LOF
LOF	1	56		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	55		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	57		2	S		Petites LOF
LOF	1	49		1	S		Petites LOF
LOF	1	56		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	53		1	S		Petites LOF
LOF	1	61		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	41		1	S		Petites LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	41		1	S		Petites LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	41		1	S		Petites LOF
LOF	1	54		1	S		Petites LOF
LOF	1	44		1	S		Petites LOF
LOF	1	56		2	S		Petites LOF
LOF	1	56		1,5	S		Petites LOF
LOF	1	51		1	S		Petites LOF
LOF	1	51		1	S		Petites LOF
LOF	110	47	46	144,5	L		Petites LOF
PSR	1	55		0,5			

PSR	1	52		0,5		
PSR	1	47		0,5		
PSR	1	61		0,5		
PSR	1	50		0,5		
PSR	1	55		0,5		
PSR	1	57		0,5		
PSR	1	49		0,5		
PSR	1	48		0,5		
PSR	1	65		0,5		
PSR	1	56		0,5		
PSR	1	46		0,5		
PSR	1	64		0,5		
PSR	1	50		0,5		
PSR	1	55		0,5		
PSR	1	55		0,5		
PSR	1	60		0,5		
PSR	1	61		0,5		
PSR	1	50		0,5		
PSR	1	67		0,5		
PSR	1	59		0,5		
PSR	1	61		0,5		
PSR	1	55		0,5		
PSR	1	50		0,5		
PSR	1	55		0,5		
PSR	1	54		0,5		
PSR	1	60		0,5		
PSR	1	55		0,5		
PSR	1	68		1,5		
CHE	1	621				
BAF	1	620				
OCL	1	75		14,5		
BAF	1	76		4,5		
BAF	1	50		1,5		
ASP	1	81		5,5		
BAF	1	57		2		
BAF	1	76		3		
BAF	1	55		1,5		
BAF	1	59		2		
BAF	1	61		2		
BAF	1	65		3		
BAF	1	74		3		
BAF	1	70		3		
BAF	1	65		3		
BAF	1	73		3,5		
BAF	1	65		2,5		

BAF	1	52		1,5			
BAF	1	86		4			
ASP	1	92		5,5			
BAF	1	60		2			
BAF	1	60		2			
BAF	1	65		2			
BAF	1	59		1,5			
BAF	1	69		2			
BAF	1	66		2,5			
BAF	1	62		1,5			
BAF	1	66		3			
BAF	1	74		3			
BAF	1	63		3			
BAF	1	50		2			
BAF	1	65		2,5			
BAF	1	35		1			
BAF	1	76		4,5			
BAF	1	73		4			
BAF	1	69		2			
BAF	1	74		2			
BAF	1	62		2			
BAF	1	62		2			
BAF	1	63		2			
BAF	1	67		2			
BAF	1	54		1,5			
GTN	1	81		8			
GTN	1	76		6			
GTN	1	31		1			
GTN	1	41		1,5			
GTN	1	70					
GTN	1	69		4			
GTN	1	32		0,5			
GTN	1	34		0,5			
GTN	1	52		1			
GTN	1	52		1			
GTN	1	58		3			
GTN	1	40		1			
GTN	1	90		8			
GTN	1	42		1			
GTN	1	47		1,5			
GTN	1	31		1			
GTN	1	43		1,5			
GTN	1	42		1			
POINTS COMPLEMENTAIRES							

LOF	89	60	71	164,5	L		Moyennes LOF
PSR	1	50		0,5			
PSR	1	51		0,5			
PSR	1	64		0,5			
PSR	1	55		0,5			
PSR	1	60		0,5			
PSR	1	50		0,5			
PSR	1	47		0,5			
PSR	1	48		0,5			
BAF	1	109		10			
BAF	1	80		4			
BAF	1	76		3,5			
BAF	1	73		4			
BAF	1	70		5			
BAF	1	68		4			
BAF	1	60		6			
BAF	1	53		0,5			
BAF	1	70		3,5			
GDL	1	38		10,5	I		
GDL	1	38			I		
GDL	1	34			I		
GDL	1	44			I		
GDL	1	43			I		
GDL	1	41			I		
GDL	1	32			I		
GDL	1	50			I		
GDL	1	42			I		
GDL	1	49			I		
GDL	1	37			I		
GDL	1	36			I		
GDL	1	46			I		
GDL	1	37			I		
GDL	1	38			I		
GDL	1	33			I		
GDL	1	43			I		
LOF	12	46	60	17	L		Petites LOF
GTN	1	81		8			
GTN	1	74		8			
GTN	1	54		1,5			
GTN	1	100		14,5			
GTN	1	81		7,5			
GTN	1	41		1			
GTN	1	64		4			
GTN	1	54		2			

GTN	1	41		1			
GDL	1	34		0,5			
OCL	1	51		3			
OCL	1	56		5			
GTN	1	47		1			
GTN	1	51		1			
GTN	1	34		0,5			
PSR	1	68		4			
PSR	1	74		4			
SPR	1	64		4			
CHE	1	49		2			
VAI	1	43		0,5			
PSR	1	54		1,5			
PSR	1	46		1,5			
PER	1	83		7			
CHE	1	141		23		AOQ2	
CHE	1	101		13			
CHE	1	106		13			
CHE	1	54		1			
CHE	1	47		1,5			
VAI	1	48		1			
CHE	1	53		2			
EPI	1	42		1			
EPI	1	41		0,5			
EPI	1	28		0,5			

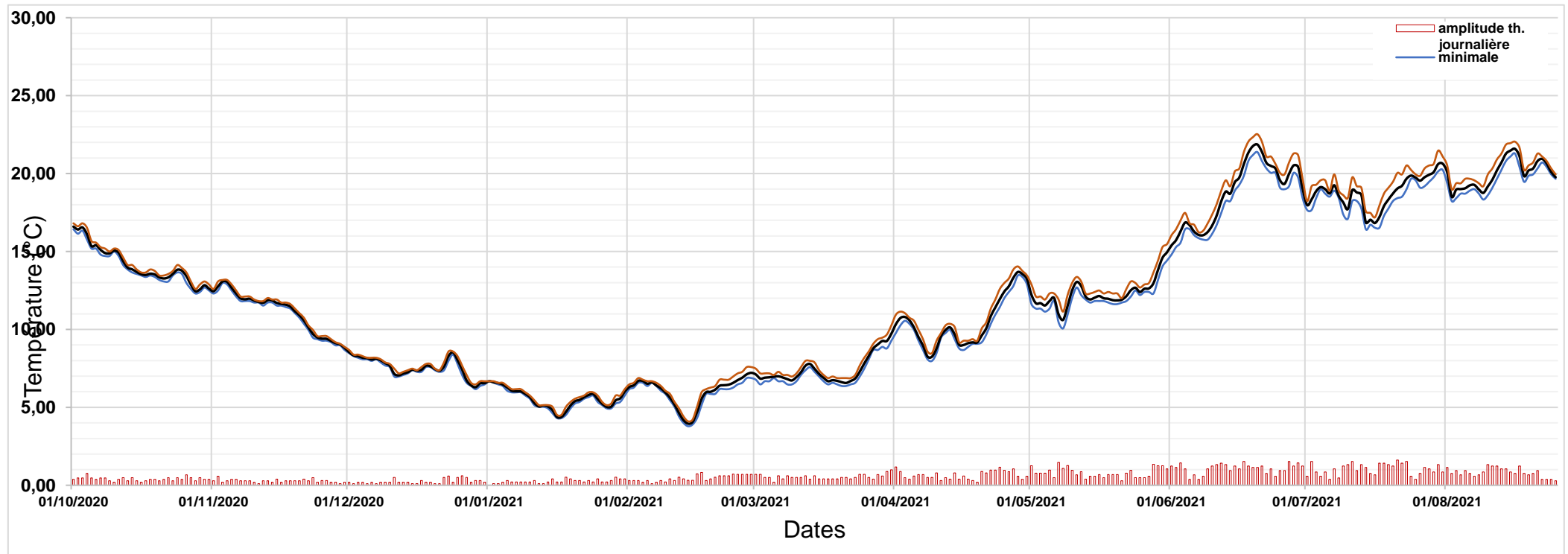
Annexe III : Classification des paramètres physico-chimiques de la station

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Conductivité (µs/cm)	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie
PH	< 8.2 et ≥ 6.5	< 9 et ≥ 6	< 9.5 et ≥ 5.5	< 10 et ≥ 5	≥ 10 et < 5
Température (°C)	< 24	24 ≤ x < 25.5	25.5 ≤ x < 27	27 ≤ x < 28	≥ 28
Saturation O2 (%)	≥ 90	90 < x ≤ 70	70 < x ≤ 50	50 < x ≤ 30	< 30
Concentration O2 (mg/L)	≥ 8	8 < x ≤ 6	6 < x ≤ 4	4 < x ≤ 3	< 3
Nitrite NO2- (mg/L)	< 0.1	0.1 ≤ x < 0.3	0.3 ≤ x < 0.5	0.5 ≤ x < 1	≥ 1
Nitrate NO3- (mg/L)	< 10	10 ≤ x < 50	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie
Ammonium NH4+ (mg/L)	< 0.1	0.1 ≤ x < 0.5	0.5 ≤ x < 2	2 ≤ x < 5	≥ 5
Sulfate SO42- (mg/L)*	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie	Limite non établie
Phosphate PO43- (mg/L)	< 0.1	0.1 ≤ x < 0.5	0.5 ≤ x < 1	1 ≤ x < 2	≥ 2

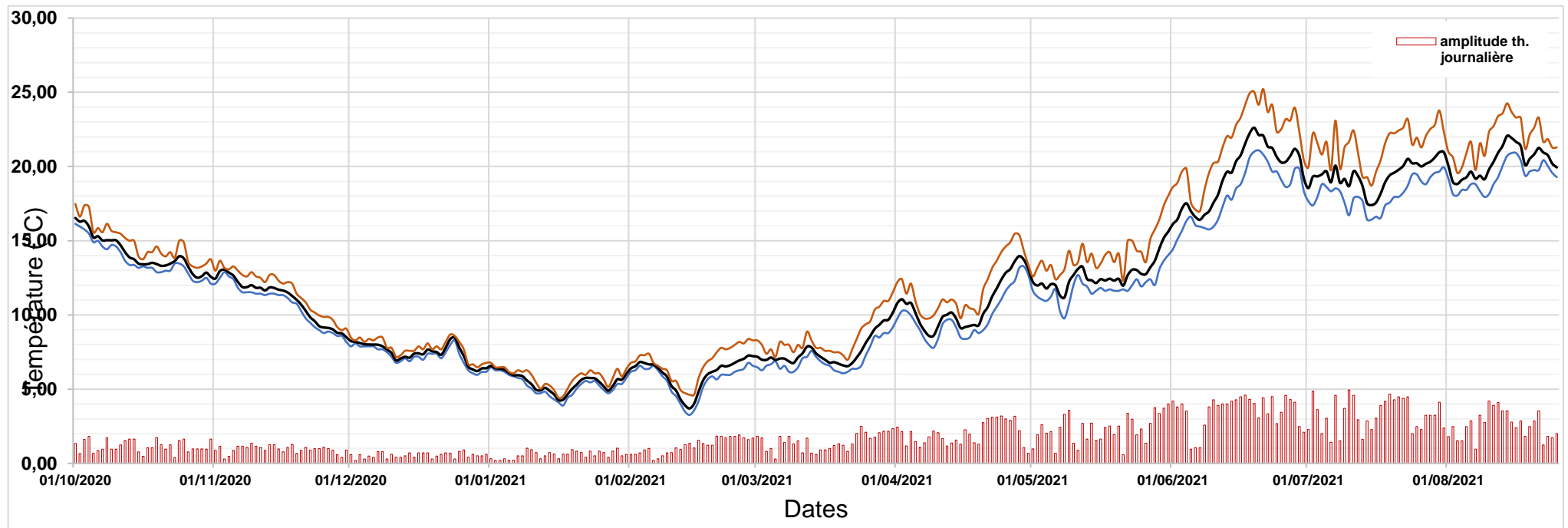
*28mg/L, valeur seuil de NQE (Norme de Qualité Environnementale) pour la concentration en Sulfate (SO42- en mg/L) qui ne doit pas être dépassée pour ne pas mettre en danger l'environnement (N. Bougon, et Ferreol 2011).

Annexe IV : Courbes des températures moyennes journalières des 4 stations de suivi sur la période étudiée en 2021

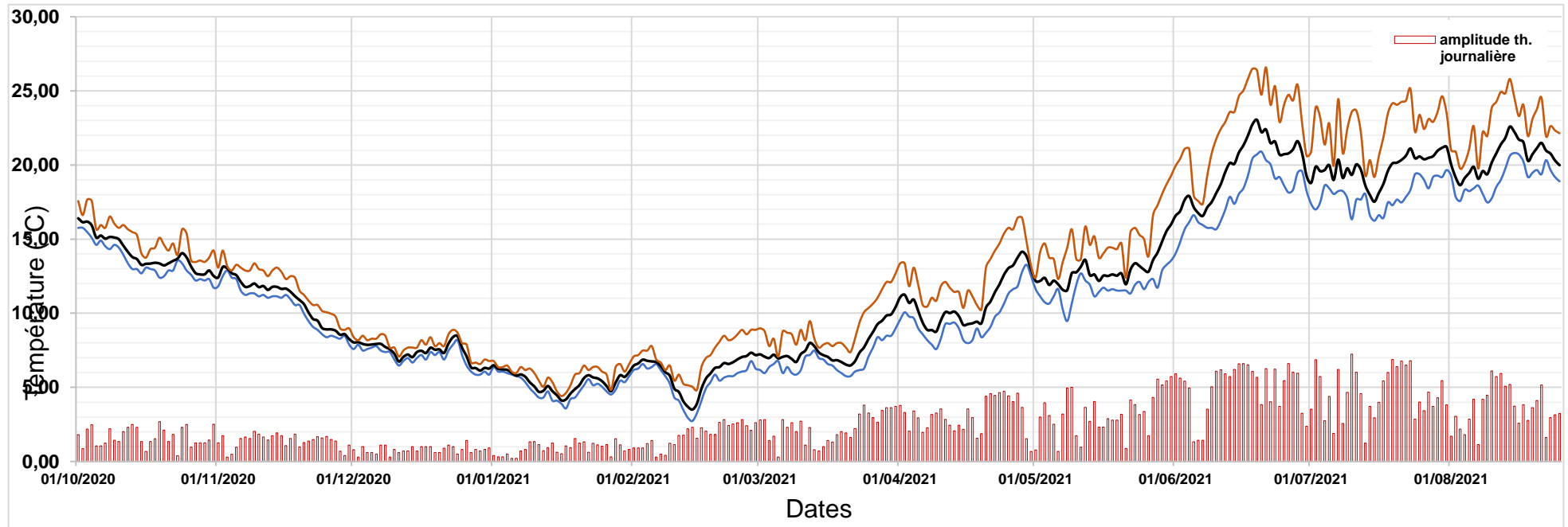
Station Amont du Petit Rhin



Station Médiane Petit Rhin



Station Aval Petit Rhin



Station Petit Landau (Vieux-Rhin)

