

**MASTER 2 Mention GAED
Parcours GEMO
Rapport de stage 2022 - 2023**

**DIAGNOSTIC PISCICOLE DU VISTRE AMONT ET APPLICATION D'UN SUIVI
ICHTYOLOGIQUE DANS UN CONTEXTE HYDROLOGIQUE PARTICULIER DU
SUD-EST DE LA FRANCE**



Sous la direction de : Pascal Dance
Tuteur de stage : Julie Marais
Enseignante-référente : Didier Galop

Valenzuela, Lucas
Soutenu le 14/09/2023

Résumé

La Fédération Départementale de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (FDPPMA) du Gard pilote le volet piscicole du suivi environnemental des sites revitalisés du Vistre. L'EPTB Vistre et Vistrenque (EPTB VV) est la structure porteuse de ce suivi dans lequel s'inscrit ce mémoire. Un de leur objectif commun est la protection et l'étude des milieux aquatiques pour l'atteinte des objectifs environnementaux fixés par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

Ce travail répond à un double objectif. L'un est d'identifier la trajectoire piscicole du Vistre amont. C'est-à-dire définir spatialement et temporellement de manière la plus complète les dynamiques piscicoles. Le second est d'améliorer les méthodes d'analyses ichtyologiques sur le bassin versant et proposer des axes d'amélioration pour ce suivi environnemental.

La zone d'étude est le contexte piscicole intermédiaire définie par le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion piscicole (PDPG, 2017-2022) de la rivière Vistre, qui correspond à la partie en amont de la commune de Vestric-et-Candiac. Les dynamiques du territoire du Vistre amont sont directement liées à sa forte urbanisation et aux conditions hydroclimatiques particulières. Une approche géohistorique a permis de faire un état de l'art des aménagements du réseau hydrographique. Un changement de trajectoire hydromorphologique a eu lieu de manière linéaire depuis le Moyen-Age et jusqu'au XXIème siècle. Plus radicalement, l'artificialisation liée à l'explosion démographique a considérablement impacté le régime hydrologique et la qualité chimique du Vistre. A partir de 2003, les travaux de revitalisation entrepris sont le point de départ de la troisième bifurcation de la trajectoire du Vistre. La dynamique morphologique récente est cette fois documentée de données piscicoles qui ont permis de définir une trajectoire biologique concernant le compartiment poisson. Tout l'enjeu de cette étude a été également d'homogénéiser des données d'inventaires issues de différents organismes à différentes époques afin de les comparer.

Les résultats de ce travail montrent une légère amélioration du compartiment poisson au cours du temps. L'apparition de nouvelles espèces témoins a montré les bénéfices des travaux et de l'homogénéisation des revitalisations. Ce bénéfice est d'autant plus remarquable au vu de la qualité chimique de l'eau qui est un facteur limitant majeur pour l'avenir piscicole du Vistre amont. Une surestimation générale des abondances concernant la biotypologie de Jean Verneaux a été prouvée ainsi qu'une sous-estimation des occurrences d'espèces rhéophiles par l'Indice Poisson Rivière (IPR).

Mots clés : Diagnostic piscicole ; Restauration Vistre ; Indice ichtyologique ; Analyse piscicole ; Trajectoire piscicole

Abstract

The Fédération Départementale de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (FDPPMA) of Gard is in charge of the fisheries component of the environmental monitoring of the revitalized Vistre sites. The EPTB Vistre et Vistrenque (EPTB VV) is the structure responsible for this monitoring, into which this report falls. One of their common objectives is the protection and study of aquatic environments to achieve the environmental objectives set by the Water Framework Directive (WFD).

The aim of this work is twofold. The first is to identify the piscicultural trajectory of the upstream Vistre. In other words, to provide the most complete spatial and temporal definition of fish dynamics. The second is to improve ichthyological analysis methods in the watershed, and propose areas for improvement in environmental monitoring.

The study area is the intermediate fisheries context defined by the Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion piscicole (PDPG) 2022 for the Vistre river, which corresponds to the upstream part of the commune of Vestric-et-Candiac. The dynamics of the upstream Vistre territory are directly linked to its heavy urbanization and particular hydroclimatic conditions. A geohistorical approach has enabled us to take stock of the development of the river system. From the Middle Ages to the 21st century, the hydromorphological trajectory has changed in a linear fashion. More radically, the artificialization associated with the population explosion has had a considerable impact on the hydrological regime and chemical quality of the Vistre. From 2003 onwards, the revitalization work undertaken was the starting point for the third bifurcation of the Vistre's trajectory. This time, recent morphological dynamics were documented with fish data, enabling us to define a biological trajectory for the fish compartment. The challenge of this study was also to homogenize and compare inventory data from different organizations at different times.

The results of this work show a slight improvement in the fish compartment over time. The appearance of new control species has demonstrated the benefits of the work and the homogenization of the revitalizations. This benefit is all the more remarkable regarding the chemical quality of the water, which is a major limiting factor for the future of fish in the upstream Vistre. The study suggests a new operation in 2024, but also the creation of a so-called altered control station in order to identify more significantly the benefits of revitalization on fish. A general overestimation of Jean Verneaux biotopology abundances was demonstrated, as well as an underestimation of rheophilic species occurrences by the River Fish Index (RFI).

Keywords : Piscicultural diagnosis ; Vistre restoration ; Ichthyological index ; Piscicultural analysis ; Piscicultural trajectory

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Julie Marais de m'avoir permis de passer ces six derniers mois au sein de la fédération de pêche du Gard. Cette expérience a été très révélatrice pour moi et tu m'as transmis, je crois, ta passion pour ce métier si atypique.

Merci à Arthur Régent et Julie Fayet pour le temps que vous m'avez accordé et la précieuse aide que vous m'avez apportée.

Merci aux autres stagiaires et services civiques Clara Privas, Guillaume Barrès et William Guarch pour leurs aides et leurs précieux conseils. Un grand merci à Margaux Rolland également en service civique sans laquelle ce mémoire n'aurait pas vu le jour.

Je souhaite témoigner ma profonde et sincère gratitude envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail. Merci à messieurs Vincent Ravel et Pascal Dance président et directeur qui m'ont permis de réaliser ce stage formateur au sein de cette structure.

Je tiens également à remercier Pascal Dance pour sa générosité et sa joie de vivre.

Merci à Ève Brunelle de m'avoir conseillé et épaulé durant ces six mois. Un grand merci à mon père d'avoir été particulièrement présent.

Enfin, merci à Pagaille pour sa fidélité et merci au garagiste avec qui j'ai entretenu une relation privilégiée.

Sommaire

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | CONTEXTE DU STAGE | 2 |
| 2 | CADRE INSTITUTIONNEL ET THEORIQUE DU SUIVI PISCICOLE | 19 |
| 3 | DEMARCHE METHODOLOGIQUE | 24 |
| 4 | RESULTATS ET ANALYSES DES PECHES ELECTRIQUES..... | 34 |
| 5 | DISCUSSIONS | 75 |

Introduction

Depuis le XXe siècle, les pressions anthropiques sur les écosystèmes fluviaux se sont intensifiées entraînant des dégradations sur la biodiversité. La loi n° 64-1245 sur l'eau du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution instaure pour la première fois en France une gestion de l'eau par bassins versant. « Un bassin hydrographique (ou bassin versant) est une zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de rivières, fleuves et éventuellement de lacs vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta » (DCE, 2000). Plus tard, la Directive cadre sur l'eau fixe des objectifs de bonne atteinte des masses d'eau. En France métropolitaine 6 circonscriptions administratives de bassins suivent ces objectifs cadres et ont vocation à gérer la ressource en eau.

Leur périmètre d'action correspond aux lignes de partage des eaux des grands bassins hydrographiques. Cette étude se déroule dans le bassin Rhône-Méditerranée, plus précisément dans le bassin versant du Vistre.

Localement, des collectivités territoriales et des structures associatives voient le jour ou évoluent pour tenter de répondre aux objectifs ambitieux fixés par l'Europe. C'est le cas des Fédérations de pêches départementales, qui depuis 2006, ont la charge de la gestion et la protection de la ressource piscicole ainsi que la restauration des milieux aquatiques.

Que ça soit pour le développement de l'agriculture où la lutte contre les inondations, les cours d'eau de plaines et les torrents montagnards sont canalisés depuis le néolithique. Ces modifications ont perturbé l'équilibre naturel et les fonctions écologiques des rivières. Aujourd'hui, des travaux sont menés pour redonner aux cours d'eau leur mobilité perdue. Dans le cadre de ces travaux, des études de suivi biologique sont mises en place pour tenter d'évaluer l'état du milieu avant et après travaux. La faune piscicole est un bon indicateur de la qualité des cours d'eau. Le protocole de suivi des poissons par pêche électrique est donc mis en œuvre dans toute la France.

Ce travail s'inscrit dans le suivi environnemental des travaux de restauration du Vistre, dont le volet « piscicole » a été confié à la fédération départementale de pêche du Gard. Avec plus de 13 kilomètres de linéaires restaurés sur 20 ans de travaux, le Vistre dans le département du Gard est un cas particulier de restauration de rivière qu'il est nécessaire de suivre et d'étudier. Compte tenu de l'avancée des travaux et du recul que l'on peut avoir aujourd'hui sur la restauration de milieux aquatiques, cette étude consiste à réaliser un diagnostic piscicole du Vistre amont.

Dans ce cadre, nous nous demanderons quelle est la trajectoire piscicole du « Vistre amont » et comment réaliser un suivi environnemental ichtyologique dans ce contexte particulier ?

Pour répondre à cette question, le mémoire propose un plan en cinq grandes parties.

En premier lieu, le contexte du stage sera défini avec une présentation de la structure et de ses missions, suivi de l'explication du contexte de l'étude et sa localisation.

En deuxième partie, le cadre institutionnel du suivi piscicole à différentes échelles ainsi que le cadre théorique seront abordés.

La troisième partie mettra en lumière les missions réalisées dans le cadre de ce stage ainsi que la démarche méthodologique de l'étude.

La quatrième partie exposera les résultats de l'étude. Les résultats et analyses des pêches électriques seront

d'abord présentés puis les résultats seront croisés et interprétés.

Dans un cinquième et dernier temps, des propositions d'axes de travail seront présentées. Pour finir, des pistes d'améliorations sur l'adaptabilité des indices biologiques et un retour critique sera apporté.

1 Contexte du stage

1.1 La fédération de pêche du Gard : acteur de l'eau du territoire

1.1.1 La fédération de pêche

Les fédérations de pêches départementales aussi appelées « Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu (FDPPMA) sont des associations loi 1901 ayant le caractère d'établissement d'utilité publique. Les fédérations départementales de pêches sont agréées au titre de la protection de l'environnement et répondent à deux grandes missions d'intérêt général :

- le développement durable de la pêche amateur et la mise en œuvre d'actions de promotion du loisir pêche,
- la protection des milieux aquatiques, la mise en valeur et la surveillance du domaine piscicole départemental.

Les actions que mène la fédération de pêche du Gard sont :

- le contrôle et la surveillance du domaine piscicole départemental
- la promotion et le développement du loisir pêche
- la mise en place d'action d'éducation en matière de protection de l'environnement
- la mise en œuvre du Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion piscicole (PDPG)

L'association joue également le rôle de prestataire pour de nombreux suivis piscicoles par pêche électrique, mais également par la mise en œuvre de pêches de sauvetage.

Les FDPPMA représentent également les pêcheurs du département, elles fédèrent et coordonnent les structures de pêches locales : les associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA). En achetant une carte de pêche, chaque pêcheur adhère automatiquement à une Association Agréée pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA). Ces associations détiennent et gèrent les droits de pêche qu'elles acquièrent, négocient, reçoivent ou louent sur les domaines publics ou privés. Elles participent également à leur échelle à la protection des milieux aquatiques, à l'éducation à l'environnement et au développement du loisir pêche. La fédération de pêche du Gard compte 24 AAPPMA adhérentes et une 1 Association Départementale Agréée Pêcheurs Amateurs aux Engins et aux Filets (ADAPAEF) (annexe 1).

1.1.2 L'équipe de l'association

La Fédération départementale du Gard est gérée par un Conseil d'Administration composé de 16 membres. La présidence est assurée par Vincent Ravel. Une Assemblée Générale se tient une fois par an afin de faire le bilan de l'année écoulée et de présenter les perspectives à venir. L'AG est composée des délégués des associations adhérentes ainsi que des membres du Conseil d'Administration.

L'association est composée de 4 pôles (annexe 3) :

- **Service d'administration** : assure la coordination administrative, délivre des cartes de pêche,

accueille les pêcheurs et renseigne sur les « règles » de la pêche amateur (une responsable financière et administrative) ;

- **Service Garderie** : les gardes de pêche veillent au respect des règles de la loi pêche. Ils ont la responsabilité d'une mission de police judiciaire : ils contrôlent les cartes de pêche sur le territoire départemental et verbalisent en cas d'infraction (deux agents développement) ;
- **Service développement halieutique** : animation d'ateliers d'initiations au loisir de pêche et de sensibilisation aux problématiques environnementales auprès de publics divers : professionnels, amateurs, adultes et scolaires (un chargé de communication et développement loisirs pêche et d'un animateur) ;
- **Service technique/étude** : coordonne des missions relatives à la protection du milieu aquatique : diagnostics plans d'eau, rédaction de P.G.P (Plan de Gestion Piscicole) pour guider les AAPPMA dans les actions à mettre en place pour la conservation de certains milieux, inventaires du peuplement piscicole des cours d'eau et des plans d'eau (une responsable technique et une chargée de mission).

Le siège de la fédération de pêche se situe à Nîmes, la préfecture du département.

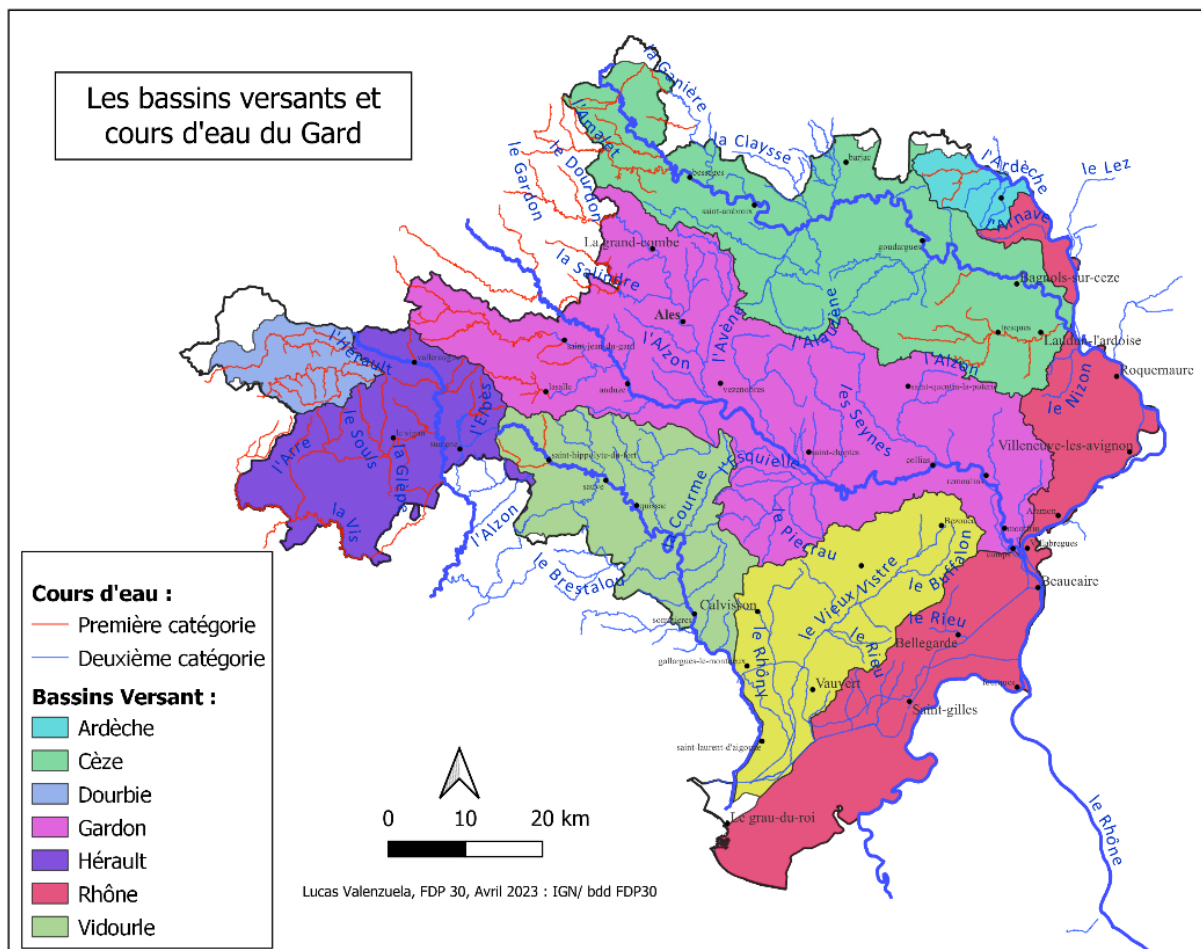
1.1.3 Financement

Les actions menées par la FDPPMA sont financées de plusieurs façons. Tout d'abord, la Fédération Nationale pour la Pêche en France (FNPF) collecte et redistribue les cotisations des cartes de pêche à la fédération départementale. La structure finance également ses projets par l'intermédiaire de demandes de subventions via l'agence de l'eau Rhône méditerranée Corse, la région Occitanie, le conseil départemental, les communautés de communes du territoire, la FNPF, les entreprises privées.

1.1.4 Présentation du territoire

Le Gard compte 8 bassins versants sur son territoire (carte 1), pour un total de 2 347 kilomètres de linéaire de cours d'eau. Les cours d'eau classés en deuxième catégorie sont majoritaires avec 1 727 kilomètres pour seulement 620 kilomètres de cours d'eau classés en première catégorie. A noter que cette classification à un intérêt pour la gestion de la pêche de loisir mais ne représente pas la réalité écologique des rivières. Bien qu'elle reflète les populations de poissons ayant un intérêt halieutique présentes dans la rivière, elle n'a pas de caractères scientifiques car les associations de pêche impactent directement les stocks de poissons par des lâchers.

Carte 1- Bassins versants du Gard

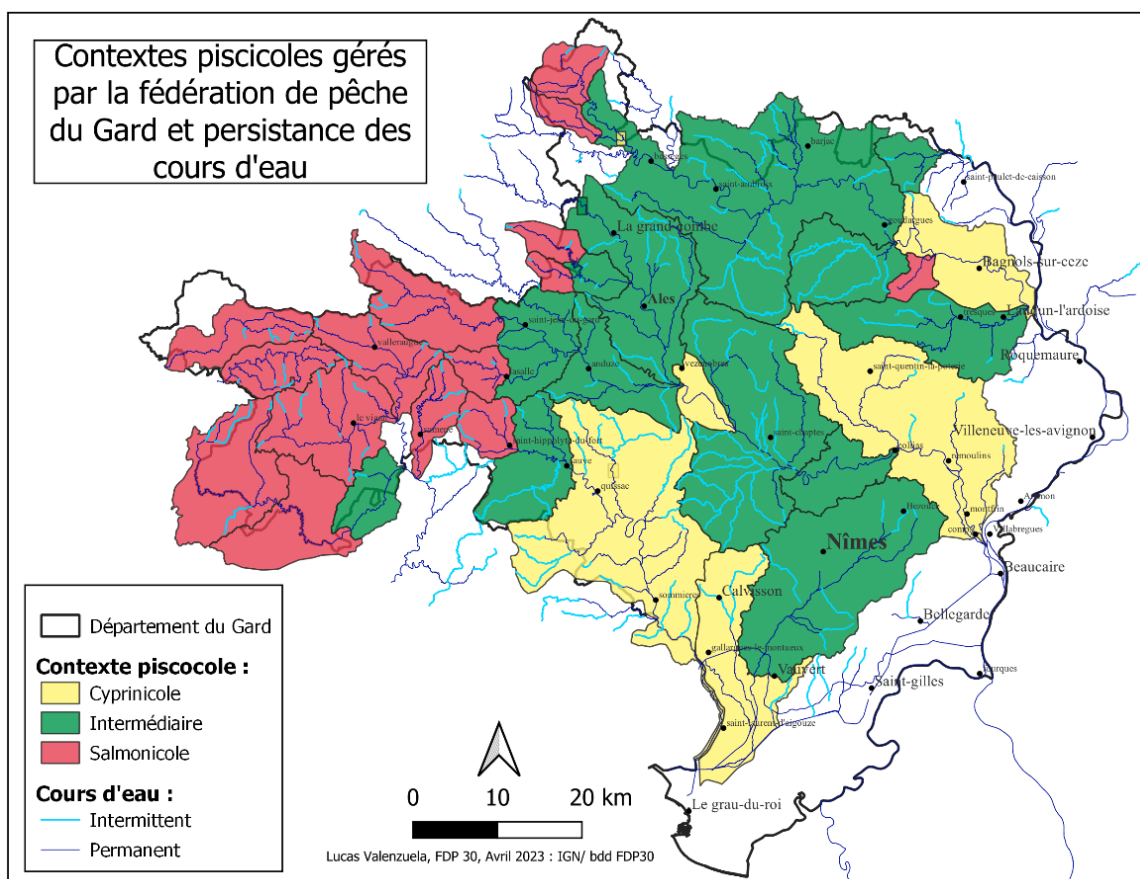


Par ailleurs, les contextes piscicoles définis dans le cadre de l'élaboration du PDPG (2017-2022), sont des « unités géographiques, représentant les aires de vie de populations piscicole » (PDPG 2022-2027, FDPPMAPMA 30, en cours de réactualisation) (carte 2).

« Un contexte piscicole contient une ou plusieurs masses d'eau dans laquelle la communauté piscicole peut réaliser l'ensemble de son cycle vital (reproduction, éclosion, croissance). La délimitation des contextes se base en premier lieu sur le domaine piscicole, c'est-à-dire sur l'écologie et la biologie des espèces et ne tient pas compte des limites administratives départementales et des territoires des AAPPMA. [...] Ainsi, cette sectorisation permet de définir trois domaines piscicoles :

- Contexte Salmonicole (S) : Unité hydrographique dont le potentiel convient aux exigences du cycle biologique des espèces salmonicoles et de ses espèces accompagnatrices. Au vu des exigences biologiques de la truite, les cours d'eau de ces contextes doivent être froids, courants et peu impactés par des polluants. Ainsi les contextes salmonicoles se trouvent en majorité au niveau des têtes de bassin et rivière moyenne avec une pente suffisante et un régime thermique adapté.
- Contexte intermédiaire (I) : Unité hydrographique dont le potentiel convient aux exigences du cycle biologique des cyprinidés rhéophiles et de ses espèces accompagnatrices. Il s'agit donc de zones mixtes et intermédiaires des grands cours d'eau avec un régime thermique et une pente moyenne.
- Contexte Cyprinicole (C) : Unité hydrographique dont le potentiel convient aux exigences du cycle biologique des cyprinidés d'eau calme et chaude et de leurs prédateurs (perche, brochet...). Il s'agit donc de grand et moyen cours d'eau avec une pente faible et une thermie moyenne à chaude, avec un régime de crue permettant une reproduction des espèces. » (PDPG 2017-2021, FDPPMA 30)

- Carte 2-Contextes piscicoles des cours d'eau du Gard-PDPG en cours de réactualisation



La fédération gère 1788 kilomètres de cours d'eau :

- 536 kml¹ de cyprinicole
- 415 kml de Salmonicole
- 837 kml Intermédiaire

A noter que 38% des cours d'eau du département sont qualifiés d'intermittent, c'est-à-dire qu'ils sont en « assec » une partie de l'année ou au moins deux fois tous les cinq ans (Datry et al. 2017).

Les contextes sont à mettre en relation avec le relief du territoire (annexe 2). Le département connecte le massif montagneux des Cévennes qui culmine à 1500m en amont de la Dourbie avec les plaines marécageuses de la Camargue à l'Est. En amont, les rivières naissent dans des substrats calcaires du cambrien, traversent les paysages de garrigues et s'écoulent dans des alluvions et dépôts lagunaires avant de se jeter dans la Méditerranée.

1.2 Contexte de l'étude

1.2.1 La commande de l'EPTB Vistre Vistrenque

Ce travail s'inscrit dans des travaux de restauration et suivis biologiques pilotés par l'EPTB Vistre Vistrenque (EPTB VV) qui fait appel à la fédération de pêche du Gard pour réaliser le suivi piscicole sur les stations du Vistre.

Au niveau du bassin versant et de son plan de gestion SAGE 2020-2025 Vistre, Nappes Vistrenque et costières ce travail s'inscrit dans l'enjeu 3 « Qualité des eaux superficielles et des milieux aquatiques associés » et

1 Kml : kilomètre de linéaire

l'objectif général C « Préserver et développer la diversité des habitats naturels et des boisements riverains des cours d'eau ». Cette étude est en lien également avec la disposition 3C-01 « Mettre en œuvre un schéma de restauration morphologique et de revitalisation des cours d'eau et des milieux aquatiques » pilotée par l'EPTB VV, structure porteuse du SAGE.

A plus grande échelle, ces travaux et donc ce suivi répondent à un grand objectif d'atteinte de bon état qualitatif des masses d'eau fixé par la DCE et inscrit dans le SDAGE² 2015-2021 Rhône-Méditerranée.

Ce travail fait appel aux orientations fondamentales :

- « 5B : lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques (Dispositions 5B-02, 5B-04).
- 6A : agir sur la morphologie et le décloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques (Dispositions 6A-04, 6A-05).
- 8 : augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques (Disposition 8-07). » (SDAGE RM 2016-2021)

La mesure correspondante dans le SDAGE 2015-2021 concernant le bassin du Vistre est : « MIA0203-Réaliser une opération de restauration de grande ampleur de l'ensemble des fonctionnalités d'un cours d'eau et de ses annexes ». A noter que les fédérations de pêches sont identifiées comme « maître d'ouvrage » pour la mise en œuvre de cette mesure sur le volet piscicole

1.2.2 Objectif de l'étude

Dans le but de réaliser un bilan piscicole sur les suivis de restauration du Vistre, l'objectif de cette étude est de réaliser un diagnostic piscicole du bassin versant amont de la rivière qui comporte :

- Un état des lieux de la restauration du Vistre
- Un avis critique sur les méthodes de suivi mise en œuvre
- Une synthèse des pêches électriques passées et actuelles
Vérifier la pertinence et l'intérêt des travaux réalisés depuis 26 ans :
 - connaître la rapidité de cicatrisation des milieux et de reconquête par la biodiversité,
 - promouvoir la revitalisation des rivières grâce à des données scientifiques
- Des propositions d'actions pour la gestion du cours d'eau

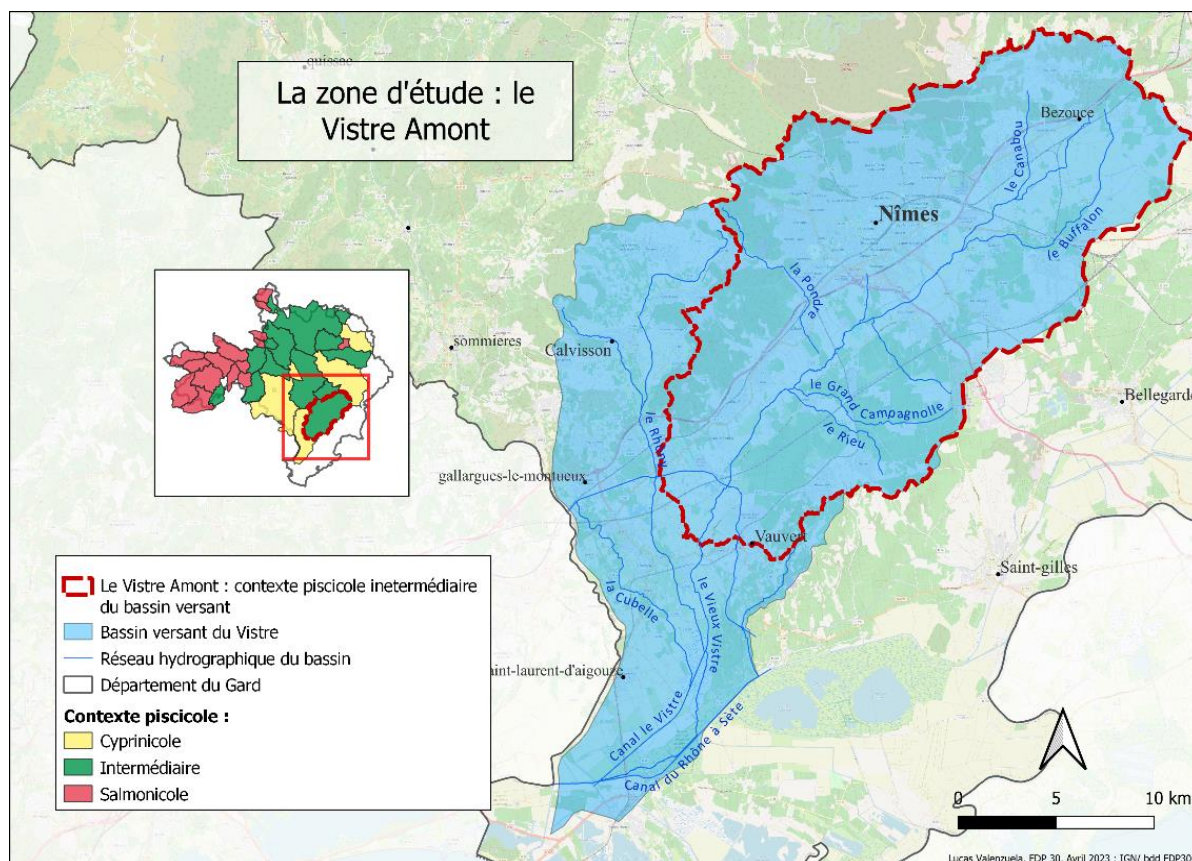
1.3 Présentation de la zone d'étude : le bassin versant du Vistre Amont

Cette étude dresse un diagnostic sur le Vistre Amont qui correspond au contexte intermédiaire du bassin (carte 3). Ce territoire correspond à la zone dans laquelle les travaux de restauration et les suivis piscicoles ont eu lieu. A noter que le périmètre du SAGE VNC³ se superpose avec la zone d'étude, certaines données et cartes sont donc directement issu du document pour présenter le contexte (SAGE VNC 2020-2027).

2 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

3 SAGE Vistre, Nappes Vistrenque et costières

Carte 3- Carte de la zone d'étude : le Vistre Amont

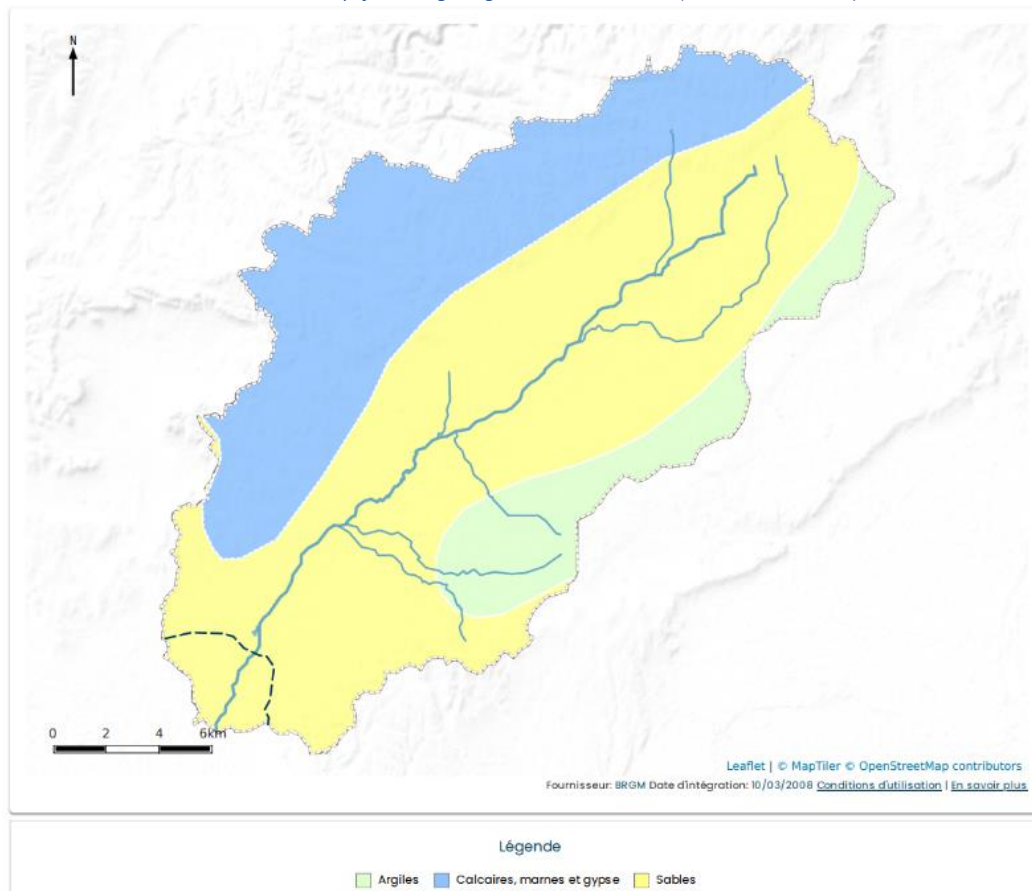


1.3.1 Caractéristiques physiques et hydriques de la bio-région

Le Vistre prend sa source à 70m d'altitude sur la commune de Bezouze et se jette dans le canal du Rhône à 49,73km de sa source. La zone d'étude débute à la source du Vistre jusqu'au seuil du Mas d'Ausselon à 34km de sa source et s'étend sur 387 km² (annexe 4). La limite aval de la zone d'étude a été fixée dans le cadre de l'actualisation du PDPG. La délimitation aval a été placée au seuil d'Ausselon pour deux raisons : le cortège d'espèces rhéophile en amont est bien connu et la présence du brochet n'est pas relevé et en aval du seuil les faibles données scientifiques piscicoles ne renseignent pas la présence d'espèces rhéophiles et le brochet y est observé. La zone d'étude peut être amenée à évoluer.

Concernant la géologie, les sols du bassin sont composés de sables et d'alluvions du quaternaires (58%), de calcaires barrémiens, de marne et gypse du pliocènes (30.5%) et d'argiles (10.9%). Le Vistre s'écoule majoritairement sur un sol sableux (SAGE VNC 2020-2027) (carte 4).

Carte 4-Carte simplifiée de la géologie de la Zone d'étude (FDPPMA 30, BRGM)

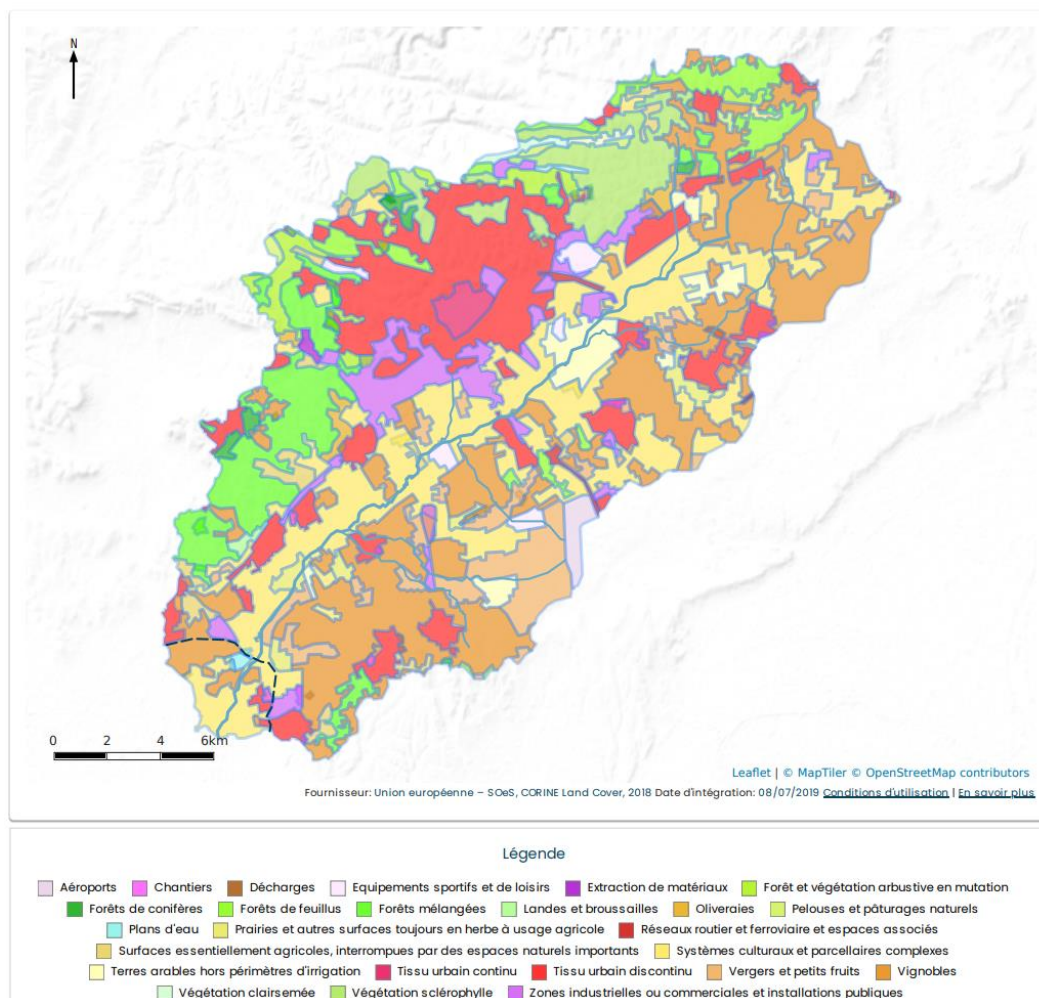


Le Vistre Amont est très anthropisé avec une occupation du sol à 24% par les vignobles, les systèmes culturaux et parcellaires représentent 19.9% et le tissu urbain occupe 17.6% du territoire. (PDPG 2022-2027, FDPPMA 30) (carte 5). Compte tenu des exigences climatiques et de la part importante de surface agricole, la pratique de l'irrigation est très répandue en Vistrenque grâce à la facilité d'accès à l'eau par le canal BRL⁴. L'impact anthropique sur les cours d'eau y est fort, les pratiques agricoles sont concentrées autour de la rivière et 14 stations d'épuration sont réparties sur le contexte. Le bassin compte 10 obstacles à l'écoulement dont 3 sur le Vistre et 7 sur les affluents, aucun d'eux ne bloquent complètement la libre circulation sur le Vistre. Cependant, le lit de la rivière a été grandement modifié (1.3.3 Evolution et dynamiques de la rivière Vistre), c'est une des raisons pour laquelle les risques d'inondation sont forts et fréquents dans tout le bassin (annexe 5).

« Les eaux du Vistre et de ses affluents sont fortement altérées, tant du point de vue physico-chimique (matières azotées et phosphorées) que bactériologique. Les raisons de ces pollutions sont la présence d'un grand nombre de stations d'épuration non normées ou en surcapacités. On compte également une centaine d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). De plus, cinq entreprises sont classées SEVESO, c'est-à-dire qu'elles présentent un risque élevé d'accident industriel. Les exploitations agricoles sur le contexte entraînent également des rejets de pesticides. » (PDPG 2022-2027, FDPPMA 30). La nappe souterraine du Vistre, appelée « Nappe de la Vistrenque » est également très polluée.

4 Canal Bas-Rhône Languedoc

Carte 5-Occupation du sol de la zone d'étude (FDPPMA 30, Corine Land Cover)



Le territoire est sous l'influence du climat méditerranéen, marqué par des hivers doux, des étés chauds et secs et une pluviométrie essentiellement répartie sur l'automne et le printemps (événements cévenols). Les températures enregistrées à la station Nîmes-Garons en 2022 oscillent entre 44.1°C et -10,9°C. La pluviométrie annuelle cumulée moyenne de 2000 à 2023 est seulement de 529.3mm et présente de fortes variations inter-annuelles (météofrance). Les conditions hydriques du territoire sont typiques des cours d'eau de plaine du bassin méditerranéen

Le débit moyen annuel enregistré par la station à Vestric-et-Candiac entre 2014 et 2023 est de 2,43m³/s. Les débits mensuels moyens sur la station varient de 4.51m³/s en novembre à 0.833m³/s en août. Le débit instantané maximal de crue a également été enregistré à 92,2m³/s en septembre 2021 et le débit instantané minimum a été enregistré en juillet 2021. Le régime des cours d'eau n'est que peu touché par des périodes d'étiage sévères en été en raison des nombreux apports des rejets permanents des stations de traitement des eaux usées.

1.3.2 Une biodiversité dégradée

Le territoire accueille une diversité d'espèces d'oiseaux remarquable liés à la petite Camargue au Sud et à la garrigue nîmoise au Nord. La plaine de la Vistrenque accueille des zones humides peu nombreuses entre les terres agricoles (annexe 6). La majorité des sites Natura2000, des sites classés et inscrits se trouve dans la petite Camargue à la frontière Sud de la zone d'études (annexe 7). Cependant, le site Natura2000 Costière

Nîmoise couvre une grande partie du Vistre Amont.

Concernant l'hydrobiologie et sa diversité, les rivières accueillent un cortège d'espèces rhéophiles selon le contexte piscicole du PDPG. Certaines de ces espèces sont considérées comme repères pour la gestion du cours d'eau. Une espèce repère est caractéristique du contexte de la rivière et son écologie exigeante traduit la fonctionnalité du milieu. Dans le cas du Vistre amont les espèces repères sont : le barbeau fluviatile, le goujon, le spirin et le hotu. Leur présence et leur abondance traduit un écosystème en bon état dans le contexte du Vistre Amont.

Le Vistre fait l'objet de mesures spécifiques liées à la gestion de l'anguille (annexes 8). Les résultats de cette étude dresseront un bilan sur la biodiversité piscicole et ses dynamiques.

L'état écologique des cours d'eau du Vistre Amont est qualifié de « médiocre », « moyen » et « fortement modifiée » avec une échéance d'atteinte de bon état reporté à 2027 (annexe 9). L'étude d'AQUASCOP en 2012⁵ démontre le rôle d'un mauvais traitement des eaux usées comme caractère déclassant sur l'état écologique du Vistre.

1.3.3 Contexte économique et social

La zone d'étude constitue une des zones agricoles les plus importantes économiquement et au potentiel agronomique le plus fort du département.

« Les principales activités agricoles du territoire sont :

- la viticulture, qui représente un tiers des surfaces (principalement localisée sur le plateau des Costières et dans la plaine de la Vaunage) ;
- les cultures céréalières et industrielles, qui occupent un quart de la surface agricole (elles sont implantées dans les plaines du Vistre et de la Vaunage) ;
- l'arboriculture, qui est majoritairement concentrée sur le plateau des Costières ;
- le maraîchage, qui représente moins de 5% de la surface agricole utile. » (SAGE VNVC-PAGD, 2019)

Ces pratiques sont soutenues par le canal d'irrigation BRL qui constitue la limite Sud de la zone d'étude (annexe 6).

Une thèse sociologique en cours par Ghita Serrhini Naji montre la déconnexion sociale des habitants du territoire avec le Vistre (1.3.3 *Evolutions et dynamique de la rivière Vistre*). Les cours d'eau de la zone d'étude ne sont pas considérés comme des lieux attractifs et agréables pour la population. La rivière ne représente donc pas d'enjeu touristique actuellement pour le territoire.

La zone d'étude accueille près de la moitié de la population du département du Gard et cette population a augmenté de 55% entre 1968 et 2012 (INSEE). Les densités de population sont plus élevées dans la moitié amont du bassin versant avec la métropole de Nîmes qui contraste avec la petite Camargue peu densément peuplée (annexe 10).

1.3.4 Evolutions et dynamiques de la rivière Vistre

Les informations suivantes sont tirées de plusieurs études et rapports techniques produit par l'EPTB VV ou par l'agence de l'eau RMC⁶. L'étude de référence est « l'Etude morphologique du bassin du Vistre », Phases 1, 2, 3 et 4 de 2013, piloté par l'Agence de l'eau RMC et mise en œuvre par Cerdat Développement. Ici

5 « *Évaluation des impacts des rejets d'assainissement sur l'état écologique du Vistre et des cours d'eau principaux de son bassin versant* » AQUASCOP 2012 pour le groupement de commande SM EPTB Vistre et Communauté d'Agglomération Nîmes Métropole.

6 Rhône-méditerranée-corse

est présenté un résumé des évolutions et dynamiques environnementales du bassin versant. L'historique de la partie amont du bassin versant est approfondi puisqu'elle constitue la zone d'étude.

1.3.4.1 L'état initial du réseau hydrographique

Avant les premières grandes interventions humaines sur le réseau hydrographique au XII^e siècle, le Vistre butait contre le cordon littoral près de Aigues-Mortes et se jetait dans l'Etang de Mauguio ou de l'OR (Pasquier 1981). Les activités humaines du bassin versant à l'époque se limitaient à la pêche et à l'exploitation du sel sur l'extrême aval du bassin. Les activités humaines sur le secteur amont du bassin sont peu documentées vraisemblablement parce qu'elles étaient anecdotiques. En effet, la vallée du Vistre devait être suffisamment humide et insalubre pour repousser les populations vers les territoires voisins.

Le réseau hydrographique avant perturbation anthropique est difficilement reconstituable puisque les premières modifications sont très anciennes. Cependant l'étude morphologique de 2013 montre que le Vistre amont était, sur la majorité du linéaire, un bras unique et localement à bras multiples comme en amont de la commune de Aubord. De plus, l'analyse des dynamiques morphologiques a montré que le Vistre possède une évolution naturellement lente, peu perceptible à l'échelle humaine.

1.3.4.2 Le Vistre avant le XX^e siècle

Moyen âge :

Les premiers aménagements du Vistre ont eu lieu au XII^e siècle en aval du Cailar et sur les affluents du Rhony et de la Cubelle (hors zone d'études actuelle). Plus tard, les premiers canaux sont créés dans le bassin versant avec le canal de la Redelle qui deviendra le nouvel exutoire du Vistre.

Ces aménagements avaient trois objectifs :

- « – agricoles : transformation de zones humides uniquement productrices de roseaux en prairies, pâturages et terres labourables ;
- hydrauliques : les effets des débordements en crues s'avéraient moins fréquents et moins durables dans le temps ;
- sanitaires : suppression de zones insalubres propices aux développements des maladies, dont le paludisme. » (Etude morphologique BV Vistre, 2013)

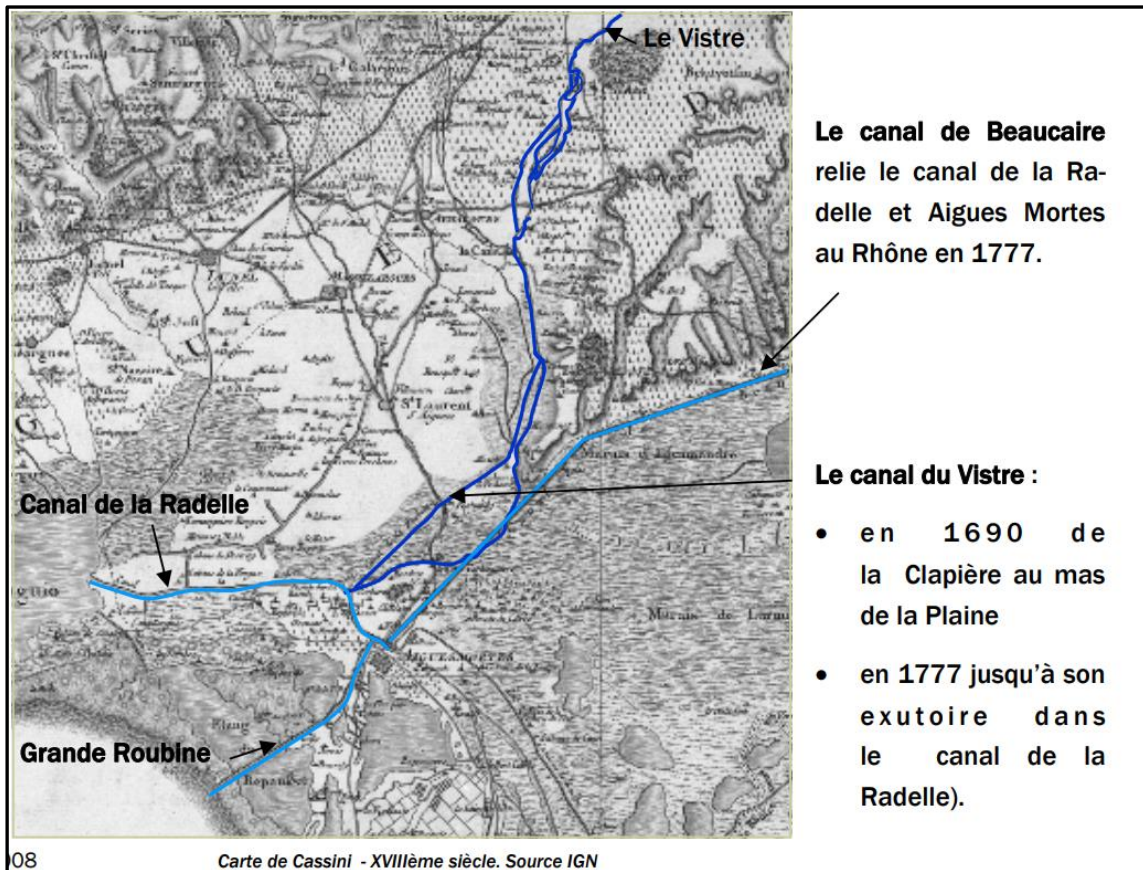
Le XIV^e siècle est marqué par l'avènement du Cailar. La navigation est active sur le Vistre Aval avec un port sur la commune qui permet le commerce du Vin et du Blé. La tour d'Anglas dans la plaine du Vistre jouait le rôle de péage pour les nombreuses embarcations de l'époque (Landard, 1998).

Les temps modernes :

Les aménagements du Vistre se sont intensifiés au XVII^e siècle avec notamment la création du canal du Vistre d'environ 8m de largeur qui crée la séparation entre le Vistre et le Vieux Vistre actuelle (carte 6). Le canal facilite d'avantage la navigation depuis Aigues-Mortes et permet d'évacuer les crues. Les premières problématiques environnementales liées à la construction du canal ne tarderont pas à arriver. En effet les crues historiques les plus anciennes datent de 1720. De plus, des secteurs du canal sont envasés. Ces phénomènes auront pour conséquence une perte d'activité sur le bassin. Le XVIII^e siècle sera marqué par le prolongement du canal jusqu'à son exutoire.

La Haute Vallée du Vistre restera faiblement aménagée par rapport à l'aval. Les zones humides de la haute vallée du Vistre étaient propices à la chasse, la pêche. Concernant l'agriculture elle était encore peu développée.

Carte 6-Le canal du Vistre sur la carte de Cassini (EPTB VV)



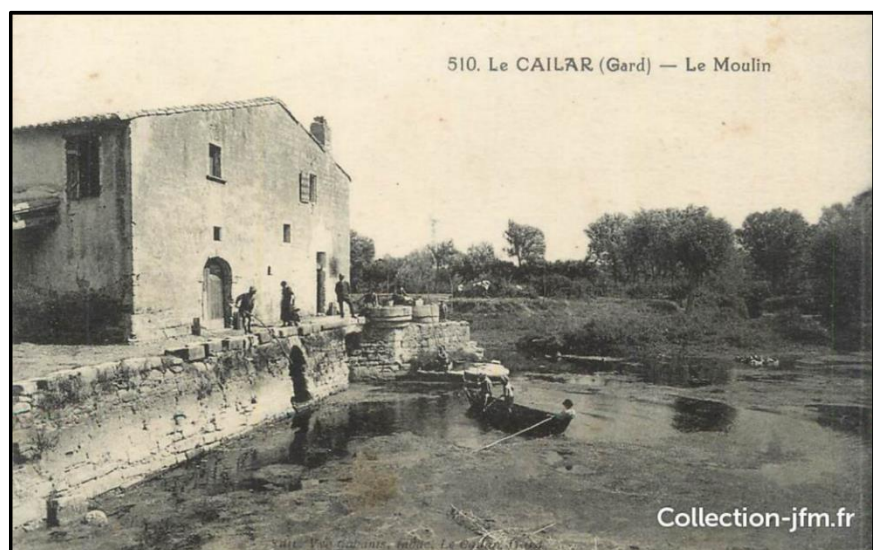
Après la Révolution française :

L'activité du Cailar décroît à cause de la diminution des stocks de poisson, la création de nouveaux canaux et le développement du transport routier. Jusqu'au 19^e siècle, le Vistre a pu faire l'objet de curage ou d'entretien, mais aucun aménagement de grande ampleur n'a été réalisé.

Cependant, l'après révolution est marquée par la création de nombreux moulins hydrauliques sur le Vistre Amont. Selon l'étude de 2013, 20 moulins bordaient le Vistre entre le Cailar et Margueritte en amont de Nîmes (figure 2).

Ces moulins, nécessitaient un aménagement ponctuel du cours d'eau. En effet, la faible pente naturelle du Vistre nécessitait la déviation du cours par l'intermédiaire d'un bief pour créer une chute d'environ 1m. Les moulins furent peu à peu abandonnés au XIX^e siècle par la transition de l'agriculture passant d'une production céréalière à viticole. Aujourd'hui, les traces des moulins

Figure 1-Moulin du Cailar au 19ème siècle



sont peu perceptibles sur le Vistre, cependant, les aménagements ont localement surélevé le lit mineur. A noter que sur la partie amont du Vistre, « le canotage a pu se développer sur une période assez courte (vraisemblablement entre 1880 et 1910).[...] Quelques traces d'aménagement de ponton et d'amarrage subsistent en ces sites. L'activité devait alors avoir lieu en périodes de hautes eaux et sur des linéaires limités. » (*Etude morphologique BV Vistre 2013*).

1.3.4.3 Le Vistre au XX^e siècle

1^{ère} correction (première moitié du XX^e siècle) :

Le bassin a connu une explosion démographique post 2nd guerre mondiale fulgurante avec une progression de 70% entre 1936 et 1990 (*2013, Cerdat développement*). La croissance économique et la mécanisation agricole permettront la création d'aménagements de grande ampleur pilotés par le Syndicat Intercommunal d'exécution des travaux de Curage et d'Aménagement du Vistre (S.I.C.A.V.) créé en 1941.

Très rapidement après la fin de la guerre, des travaux de grande ampleur ont été réalisés sur l'ensemble du linéaire du Vistre. L'objectif était d'araser les moulins abandonnés, lutter contre les inondations et d'augmenter la SAU⁷. Pour ce faire, il a été question d'un recalibrage⁸ par curage et élargissement du lit puis d'une rectification⁹ par la suppression de certains méandres. Par exemple, le Vistre était constitué de bras multiple entre la commune d'Aubord et Bernis, la zone était inondée deux mois par an sur ce secteur, les travaux ont permis de ne conserver qu'un bras unique.

La deuxième moitié du XX^e siècle est marqué par un drainage massif des terres pour rendre les dernières zones humides cultivables en plein remembrement agricole. En 1959 est créé le syndicat des Hautes Terres du Vistre (SIAHTV) qui va faire en sorte de rendre exploitable tout l'amont du bassin par la création de fossés et de réseaux de drainages. Ces aménagements et changements de pratiques ont rapidement eu pour conséquence l'envasement du Vistre, de plus, un mauvais entretien des berges a engendré la formation d'embâcle, un facteur aggravant pour les inondations.

2^{ème} correction (1975-1981) :

Les problèmes émergents, le manque d'entretien et le développement de l'agglomération de Nîmes a conduit à un curage¹⁰ et nettoyage du lit qui constitue la deuxième grande correction du Vistre. De plus, il y a eu des rectifications du lit mineur sur les linéaires qui n'ont pas pu être fait durant la 1^{ère} correction. Par ailleurs, les canaux d'irrigation implantés par la Compagnie du Bas-Rhône-Languedoc notamment le canal qui traverse la vallée du Vistre entre Vauvert et Gallargues (1960) permettra l'implantation des vergers et du maraîchage sur les pentes caillouteuses des Costières.

La crue centennale dévastatrice du 3 octobre 1988 est un élément marquant de l'histoire du bassin. Suite à cette catastrophe de nombreux fossés proches des pôles urbains ont été creusés, certaines berges ont été surélevées et des digues ont été créé notamment à Caissargues et au Cailar (les deux villes en bordure du

7 Surface Agricole utile

8. Intervention sur une rivière consistant à reprendre en totalité le lit et les berges du cours d'eau dans l'objectif prioritaire d'augmenter la capacité hydraulique du tronçon. Cela implique l'accélération du flux et donc l'augmentation des risques de crues en aval. Il s'agit d'une intervention lourde modifiant profondément le profil en travers et le plus souvent le profil en long du cours d'eau, aboutissant à un milieu totalement modifié : suppression de la végétation des berges, destruction de l'habitat piscicole, etc. (source : AE RMC)

9. Modification du tracé en plan du cours d'eau (raccourcissement d'une portion de cours d'eau sinueux ou méandrique) permettant d'accroître sa capacité d'évacuation par augmentation de la vitesse du courant. (source : OFB)

10. Opération de nettoyage d'une aire polluée, envasée ou comblée en retirant les matériaux indésirables pour la ramener à un état proche de l'état initial considéré comme plus avantageux. (Source : ifremer)

Vistre). Le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre est créé en 1998, afin de fédérer les actions des divers syndicats d'assainissement.

La seconde moitié du XXème siècle correspond également aux premières grandes pollutions du Vistre par des eaux usées : « La qualité de l'eau devient au cours des années de plus en plus médiocre et les pollutions accidentelles ne sont pas rares, entraînant une mortalité piscicole parfois très importante. D'après les riverains, la situation va perdurer jusqu'en 1990 environ. C'est à partir de cette date que la tendance va commencer à s'inverser grâce à la mise en place (ou à l'amélioration) de traitements. » (Etude morphologique BV Vistre, 2013). L'étude a également montré que le débit d'étiage (contemporain à l'étude) à l'aval de la station d'épuration de Nîmes Ouest sur le Vistre était aux trois quarts issus de rejets d'eau usées.

Morphologiquement, la rivière de l'époque serait comparable au Vistre à Vestric-et-Candiac actuellement (figure 3).

A la fin du siècle, le diagnostic du Vistre est dressé et les constats sont alarmants.

Morphologie :

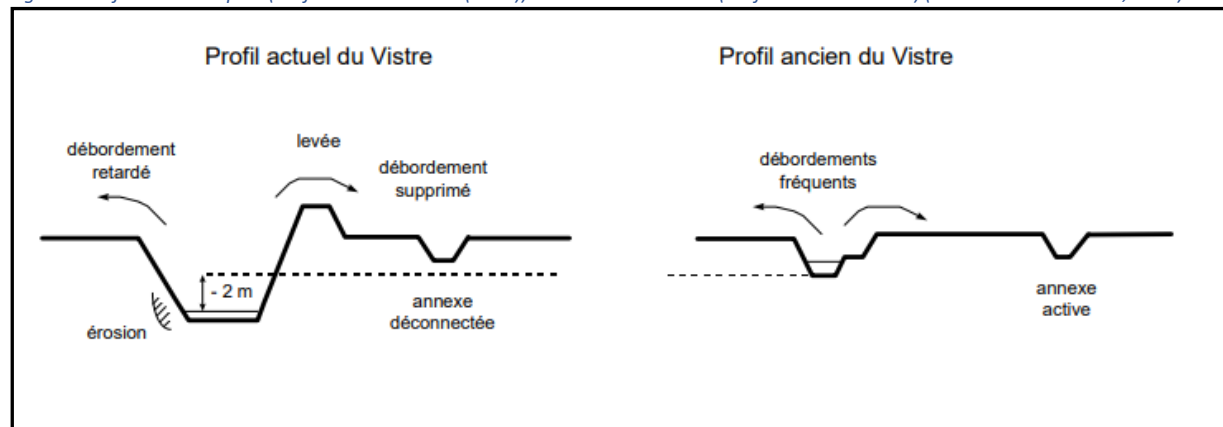
Le lit mineur de la rivière avait les propriétés suivantes (figure 4) :

- Profil uniforme à fond plat
- Berges symétriques en matériaux naturels d'une pente de 45° à 70 voire 90°.
- Envasement et colmatage
- Morphologie réduite à un lit mineur et déconnexion avec les annexes hydrauliques
- Ecoulements uniformes
- Absence ou végétation rivulaire non fonctionnelle



Figure 2-VISTRE A VESTRIC-ET-CANDIAC EN 2016

Figure 3 Profil du Vistre après (Profil actuel du Vistre (2013)) et avant canalisation (Profil ancien du Vistre) (cerdat environnement, 2013)



Ecologie :

Les conséquences de ces aménagements sur la biodiversité du Vistre font l'objet d'études scientifiques depuis 1988. Le bureau d'étude « Puce environnement » mène pour la première fois une étude scientifique sur le phénomène d'eutrophisation sur le Vistre¹¹. L'eutrophisation est un « Enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates, notamment), entraînant des déséquilibres écologiques tels que la prolifération de la végétation aquatique ou l'appauvrissement du milieu en oxygène » (Larousse). Il s'en suit, entre autres, une diversité animale et végétale amoindrie et des usages perturbés (alimentation en eau potable, loisirs, ...).

Les résultats montrent une sur-végétalisation sur l'ensemble du linéaire de la zone d'étude, le linéaire le plus affecté se situe entre Vestric-et-Candiac et Milhaud avec une surface mouillée touchée à plus de 80% par la prolifération de végétation aquatique en 1988. Ce constat est expliqué par les rejets de STEP mais également par les caractéristiques physiques de la rivière, l'absence de végétation rivulaire, la faible profondeur, le colmatage, ...

Le diagnostic dresse également un état piscicole du Vistre Amont qui constitue la source de données piscicole la plus ancienne sur le Vistre. Les résultats sont tirés d'observations visuelles, d'enquêtes et de pêche par le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP). Ces données sont d'ordres qualitatives et ne permettent pas de définir les structures des populations, leurs pathologies, ... Les résultats sont à reconsidérer de par l'absence de précision concernant les méthodes de pêche, d'enquête et d'observation.

Les pêches historiques :

- août 96 Buffalon (sauvetage)
- août 96 Rodilhan (sauvetage)
- 1997 dans les canaux et roubines du domaine de la Musette situé sur la basse vallée du Vistre entre le Vistre canalisé et le Vieux Vistre (non sauvetage)

Au total, 24 espèces de poissons ont été identifiées (voir annexe 11 pour les abréviations des espèces). Le Vistre a été découpé en 4 secteurs qui pourrait correspondre à des contextes piscicoles historiques.

- **1^{er} secteur** : Amont du Vistre jusqu'à Caissargues

7 espèces : LOF, CHE, GAMB, EPI et apparitions de nouvelles espèces proche de Caissargues : ANG, CCO, CAS.

- **2^{ème} secteur** : Aval de Caissargues jusqu'à l'aval du Cailar

4 espèces : CHE, ANG, CCO, MUP

- **3^{ème} secteur** (hors zone d'étude) : Aval du Vistre

16 espèces : Celles observées en amont plus BRE, PES, PCH, SAN et écrevisse Louisiane.

A noter que la pêche de 1997 dans les canaux entre le Vieux Vistre et le canal du Vistre a recensé 4 nouvelles espèces : BBG, MUC, SIL et l'écrevisse américaine. De plus l'étude ne relève aucune observation de brochet, son absence est révélatrice de la déconnexion de la rivière aux annexes.

- **4^{ème} secteur** : Les affluents : le Buffalon et la Campagnolle

La pêche de sauvetage d'août 1996 sur le Buffalon a fait l'objet d'une biométrie dont les résultats sont présentés dans l'étude de Cerdat Développement, 2013 : « Parmi les 5 espèces capturées, le peuplement est dominé par l'Anguille (42 % des effectifs avec 47 individus capturés sur un linéaire de 400 m.) et la Gambusie (38 %). On trouve ensuite la Loche franche (11 %) et le Chevesne (7%). Le peuplement est complété par l'Épinoche qui est faiblement représenté (2%). La population d'Anguille était principalement composée

11 PUCE Environnement (1988), Etudes des phénomènes d'Eutrophisation sur le Vistre au cours de l'été 1998. Octobre 1988.

d'individus adultes (78 %) dont la taille maximale était de 60 cm. Les jeunes Anguilles avaient une taille de 15 à 20 cm. Le rapport du CSP souligne une certaine amélioration de la qualité de l'eau sur ce cours d'eau liée à des opérations d'assainissement menées en 1994 - 1995. La proportion d'individus adultes de grande taille (Anguille et Chevesne) est directement liée aux habitats disponibles ce qui semble être un facteur limitant. La faible représentation des Loches au regard des autres espèces (13 individus sur 400 m.) tend à montrer la faible diversité des écoulements. »

Le Campagnolle qui borde la ville de Aubord est le seul cours d'eau où est recensé le vairon sur le bassin versant.

Les conclusions concernant l'état des populations piscicole de l'étude en 2013 sont :

- un peuplement nettement perturbé
- une amélioration de l'état écologique sur le Buffalon
- un Vistre qualifié de « faible potentiel piscicole ».

Orientations et objectifs suite au diagnostic :

Plusieurs propositions :

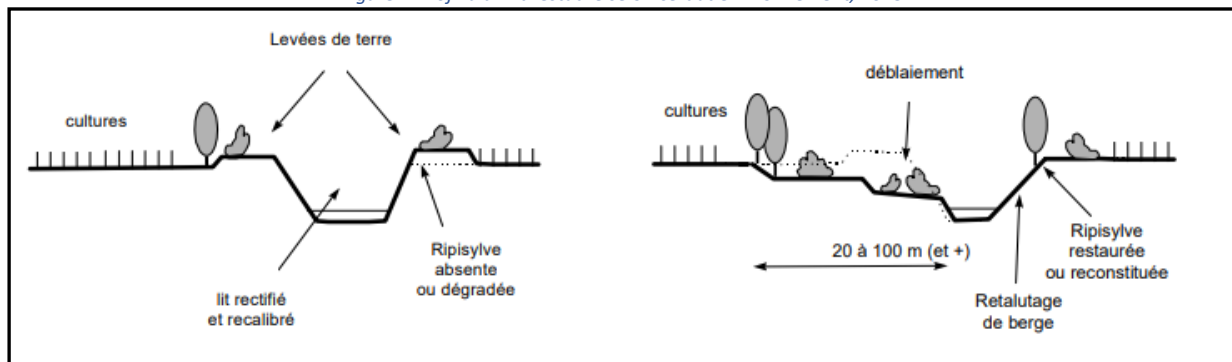
1. Réduire les apports de crue (quantitatif) : maîtriser les conséquences d'imperméabilisation des sols
2. Réduire les apports en pollution directes et diffuses (qualitatif) : améliorer les traitements de STEPS et diminuer la pollution diffuse d'origine agricole
3. Redonner une morphologie qui permette un fonctionnement écologique satisfaisant (morphologique) :

Les aménagements techniques envisagés pour répondre à cette troisième proposition sont :

- ❖ Type 1. Restauration d'un lit moyen
- ❖ Type 2. Restauration du lit mineur
- ❖ Type 3. Restauration d'un cordon de végétation

Une restauration de grande ampleur est schématisée ci-dessous (figure 5) :

Figure 4-Profil d'un lit restauré selon cerdat environnement, 2013



Les acteurs du territoire avaient déjà conscience de l'ampleur des travaux : « Compte tenu de la faible activité de la morphodynamique qui a été établie en Phases 1 et 2, il est clair qu'il ne faudra pas attendre des cours d'eau une capacité de régénération naturelle suffisante. Les aménagements nécessaires pour atteindre cet objectif seront donc des aménagements comprenant des travaux de remodelage et qui devront être programmés à long terme (échéance de 25 à 30 ans) car ils concerneront la quasi-totalité du réseau

hydrographique » (2013, *Cerdat développement*).

1.3.4.4 *Le Vistre au XXI^e siècle*

Comme vu précédemment, l'étude fondatrice de 2013 lancée par l'AERMC a permis de mettre en lumière les dynamiques environnementales, sociétales et économiques passées sur le bassin. Elle est également à l'origine de la création d'un schéma de revitalisation du Vistre en 2017 (annexe 12) actualisé en 2022 (annexe 13). La Vistre prend alors une nouvelle trajectoire avec des séries de travaux qui concernent uniquement la partie amont du bassin.

3^{ème} correction :

En 2003 commence les premiers travaux de « revitalisation ». Le terme de restauration n'est pas employé dans le cas du bassin versant du Vistre compte tenu des recalibrages successifs qui ont complètement changé le fonctionnement hydraulique naturel du bassin. L'objectif des travaux est donc de retrouver au maximum les fonctions perdues ou réduites de la rivière en lui redonnant une forme proche de celle d'origine. Pour ce faire, il est question de :

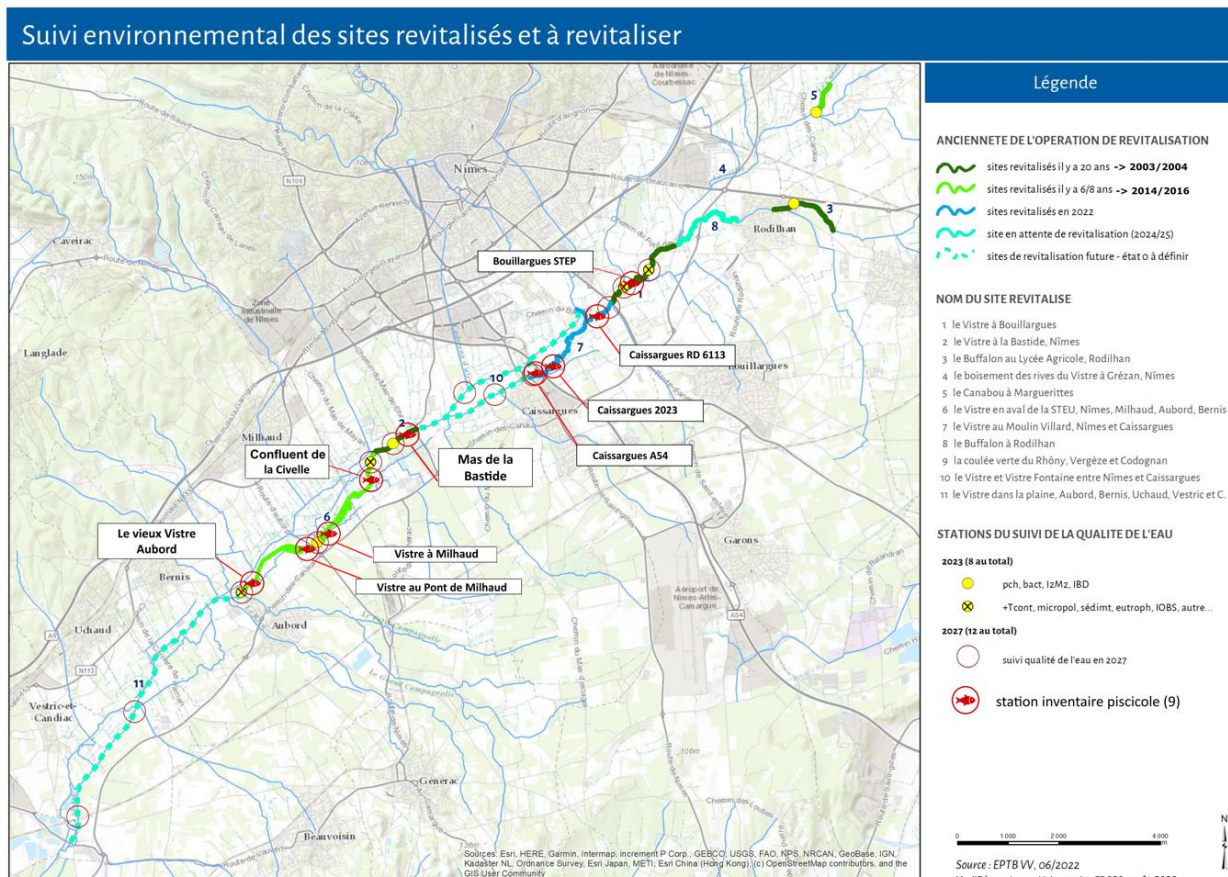
1. « Laisser plus d'espace à la rivière, grâce au décorsetage du cours d'eau par l'ouverture du lit recalibré ainsi que par la suppression (ou l'éloignement) des merlons de curage pour retrouver un fonctionnement naturel,
2. Rétablir la sinuosité naturelle, grâce à la re-création de méandres,
3. Réduire le largueur du lit d'étiage afin d'éviter les faibles hauteurs des lames d'eau à l'étiage,
4. Diversifier les faciès d'écoulement et les habitats,
5. Créer des profils en travers variés, avec des berges en pente douce,
6. Végétaliser toute l'emprise par des espèces locales, afin de favoriser la mise en place d'un cordon rivulaire, composé de toutes les strates végétales,
7. Favoriser la rétention de l'eau dans un cours d'eau sinueux et spacieux,
8. Reconquérir la biodiversité dans une plaine agricole et périurbaine »

(EPTB VV, *CCTP Suivi environnemental des sites, 2022*)

A ce jour, les sites revitalisés sont (carte 7) :

- 3 sites pilotes entre 2003 et 2004 pour un linéaire total de 4,4 km :
 - le Buffalon dans le domaine du lycée agricole à Rodilhan (site N°3),
 - le Vistre à Bouillargues (site N°1)
 - le Vistre à la Bastide à Nîmes (site N°2)
- 2008 opération de gestion des rives du Vistre à Nîmes Grézan, ensemencement naturel (site N°4)
- 2014, 800 ml du Canabou à Marguerittes (site N°5)
- 2016, 4,5 kml du Vistre sur les communes de Nîmes, Milhaud, Bernis et Aubord (site N°6)
- 2022, 2,6 Kml au droit du Moulin Villard (Site N°7)

Carte 7- Schéma du suivi environnemental des sites revitalisés et à revitaliser (EPTB V, 2022 ; modifié par Lucas Valenzuela, 2023)



A ce jour 12 km de cours d'eau ont été revitalisés et 18 km supplémentaires sont prévues à l'horizon 2030.

1.3.5 Les stations de pêches électriques

Les travaux font l'objet d'un suivi environnemental, dont les objectifs sont détaillés dans la partie « 3.2 Matériel et méthodologie appliquée à l'étude ». Les dernières revitalisations ont eu lieu sur la commune de Caissargues entre A54 et la RD6113. Le plan détaillé des travaux est présenté en annexe 14 et 15. Le site fait l'objet cette année d'un inventaire piscicole après travaux, les résultats seront présentés et interprétés dans la partie « 4. Résultats et analyses des pêches électriques ».

Il existe 8 stations de pêches électriques sur l'ensemble de la zone d'étude (carte 7). Sur les tronçons de revitalisations « ambitieuses » (> 2 km), les paramètres suivants sont également évalués :

- Sédiment et eau interstitielle
- Eutrophisation
- Indice Oligochètes (IOBS)
- Micropolluants organiques
- Pollution émergente
- Pollution spécifique
- Inventaire faune-flore-habitat (2 stations de mesures amont / aval)
- Physico-chimie
- Bactériologie
- I2M2 et IBD

Pour les sites qui ont fait l'objet d'une restauration « courte », seul les paramètres suivants sont étudiés :

physico-chimie, bactériologie et I2M2 et IBD.

2 Cadre institutionnel et théorique du suivi piscicole

2.1 Les directives européennes

La Directive cadre sur l'eau (DCE) adoptée le 23 octobre 2000 établit une politique de gestion globale communautaire pour la gestion de l'eau. Elle définit un cadre de gestion et de protection des eaux continentales dans une perspective de développement durable. La directive dicte la mise en place d'objectif de bon état par masse d'eau et accorde une importance majeure à l'hydromorphologie pour l'atteinte de ces objectifs. Le Vistre est qualifié de « fortement modifier » par la DCE :

Paragraphe 3 de l'article 4 de la DCE :

« 3. Les États membres peuvent désigner une masse d'eau de surface comme étant artificielle ou fortement modifiée lorsque :

a) les modifications à apporter aux caractéristiques hydromorphologiques de cette masse d'eau pour obtenir un bon état écologique auraient des incidences négatives importantes sur:

i) l'environnement au sens large;

ii) la navigation, y compris les installations portuaires, ou les loisirs;

iii) les activités aux fins desquelles l'eau est stockée, telles que l'approvisionnement en eau potable, la production d'électricité ou l'irrigation;

iv) la régularisation des débits, la protection contre les inondations et le drainage des sols;

v) d'autres activités de développement humain durable tout aussi importantes; » (DCE, 2000)

De par les moyens à mettre en œuvre, les objectifs de ces masses d'eau ont été adaptés puis certaines échéances ont été repoussées comme pour le bassin versant du Vistre. Pour l'évaluation écologique des masses d'eau superficielle, les pays membres suivent certains paramètres, dont les populations piscicoles :

ANNEXE V de la DCE :

« 1. ÉTAT DES EAUX DE SURFACE

1.1. Éléments de qualité pour la classification de l'état écologique

1.1.1. Rivières

- Paramètres biologiques
- [...]
- Composition, abondance et structure de l'âge de l'ichtyofaune » (DCE, 2000)

2.2 L'application des directives en France

2.2.1 A l'échelle nationale

En France, les premières pêches électriques sont menées à partir de 1970 pour répondre à des problématiques locales. En 1990, le premier réseau national de suivi piscicole est mis en place : le Réseau hydrobiologique et piscicole (RHP). Avec les obligations réglementaires fixées à l'échelle européenne le réseau RHP évolue, en quelques années, tous les grands bassins français sont couverts par pêche électrique. Certaines stations sont abandonnées et d'autres sont reprises dans le suivi dit « DCE », le RHP devient alors le Réseau de Contrôle et de Surveillance des masses d'eau (RCS) en 2007. L'Office Française de la Biodiversité (OFB) assure la maîtrise d'ouvrage du volet piscicole du réseau. Il permet la bonne connaissance des caractéristiques des peuplements piscicoles français, il permet aussi depuis les années 2000 le calcul de l'Indice Poisson

Rivières (IPR) qui traduit en note la qualité du peuplement.

Concernant les méthodes de pêche au niveau national, c'est l'OFB et ses partenaires comme l'INRAE qui élabore les guides et protocoles de mise en œuvre des pêches.

2.2.2 A l'échelle des grands bassins versants

Ce sont les SDAGE qui dicte la politique de gestion de l'eau à l'échelle des 6 grands bassins versants. Le SDAGE Rhône-Méditerranée permet une application régionale de la politique européenne et française sur l'eau. Au titre des articles L.211-1 et L.430-1 du code de l'environnement, ce document de référence a pour objectif une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et du patrimoine piscicole. Le SDAGE Rhône-méditerranée 2022-2027 affirme cette gestion piscicole dans l'orientation fondamentale n°6 « *PRÉSERVER ET RESTAURER LE FONCTIONNEMENT DES MILIEUX AQUATIQUES ET DES ZONES HUMIDES* » et plus spécifiquement dans sous l'orientation n°6C « *INTÉGRER LA GESTION DES ESPÈCES DE LA FAUNE ET DE LA FLORE DANS LES POLITIQUES DE GESTION DE L'EAU* ». Pour ce faire, il existe 398 stations du RCS sur le bassin Rhône Méditerranée (annexe 16). Ces stations permettent l'évaluation de l'état écologique des cours du Bassin. Les fédérations départementales de pêches participent à ce suivi d'échantillonnages par pêches électriques réalisées tous les 2 ans.

A noter que le Plan de Gestion des Poissons Migrateur (PLAGEPOMI) est également un document de planification incontournable pour la gestion et le suivi piscicole spécifique au migrateur. Le Vistre est concerné par l'anguille européenne et est inclus dans la Zone d'Action Prioritaire (ZAP) pour cette espèce. Ce présent diagnostic doit donc prendre en compte les enjeux généraux de préservation et de restauration des populations de poissons grands migrateurs amphihalins fixé par le PLAGEPOMI 2016-2021.

2.2.3 A l'échelle du SAGE

A l'échelle du bassin versant du Vistre, l'EPTB Vistre et Vistrenque est la structure porteuse du SAGE Vistre, Nappes Vistrenque et Costière 2020-2025 qui met en œuvre des dispositions pour l'amélioration de la qualité des eaux superficielles décliné dans les objectifs généraux 3B « *Améliorer la qualité des eaux superficielles* » et 3C « *Préserver et développer la diversité des habitats naturels et des boisements riverains des cours d'eau* ». Le suivi piscicole est piloté par la fédération de pêche du Gard qui intervient dans le suivi environnement des travaux de revitalisation du Viste. A noter que le bassin versant compte une station inscrite dans le RCS à St-Laurent-d'Aigouze en dehors de la zone d'étude, à l'extrême Sud du Vistre canalisé.

2.2.4 A l'échelle du département

Le suivi piscicole (hors poisson migrateur) est piloté par la Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA) au titre II de l'arrêté ministériel du 16 janvier 2013 :

« Article 6

La fédération a pour objet :

[...]

- la protection des milieux aquatiques, la mise en valeur et la surveillance du domaine piscicole départemental.»

Le SDAGE souligne également la nécessité d'une gestion et planification à l'échelle départementale par la disposition 6C-01 du SDAGE 2022-2027 : « Mettre en œuvre une gestion planifiée du patrimoine piscicole d'eau douce ».

2.3 Analyse et critique de la littérature scientifique sur le suivi piscicole

2.3.1 Intérêt et spécificité de l'ichtyofaune

Tout d'abord, un suivi scientifique environnementaliste repose sur une série de collectes de données dans le temps. Il est mis en place pour répondre à un objectif précis par l'analyse de changement ou l'absence de changement sur un site particulier (Fiers, 2003).

Les poissons sont au sommet du réseau biologique de ces écosystèmes et semblent être le moyen le plus évident pour évaluer l'état général des cours d'eau. L'écoulement unidirectionnel de l'amont vers l'aval crée un gradient longitudinal et des communautés spécifiques qui s'organisent le long de ce gradient. « Compte tenu de la position apicale des poissons dans le réseau trophique, de leur durée de vie relativement longue et de leur rôle de régulateur dans le fonctionnement des écosystèmes, les peuplements piscicoles sont ainsi de très bons intégrateurs de la qualité du milieu aquatique (Keith & Allardi, 1997 ; Vander Zanden et Vadeboncoeur, 2002). » (Réseau de suivi piscicole 2022, FDPPMA30,2022). Les spécificités des poissons en font une variable biologique synthétique et informative simple particulièrement puissante et robuste. Cependant, pour apprécier l'état d'un hydrosystème de façon plus approfondie, il faut considérer l'ensemble des étages de l'édifice biologique ainsi que les transferts d'énergie qui les relient. Dans ce cas, pour une étude approfondie, l'étude des macro-invertébrés qui sont aussi des consommateurs secondaires est conseillée (J.verneaux 1983).

Le choix de l'étude des poissons pour une étude écologique possède des avantages et inconvénients mis en lumière par Raymond.J en 2000 (tableau 1).

Tableau 1-Tableaux des avantages, contraintes et limites de l'utilisation de l'ichtyofaune. Raymond, J. & Degiorgi, F. (2000).

| Propriétés du groupe | Avantages | Contraintes et limites |
|--|--|--|
| Grande longévité (2 à 20 ans selon les espèces) | Intégration temporelle Mémoire des perturbations | Inertie de réaction aux restaurations (sauf recolonisation massive par l'amont) |
| Action sur tous les étages de l'édifice biologique souvent au sein d'une même espèce | Intégration thématique Indication d'une large gamme de perturbations même indirectes | Retour à l'analyse délicat (guildes alimentaires sujettes à caution) |
| Selon les espèces, larges gammes de polluo-sensibilité | Intégration thématique Indication d'une large gamme de perturbations directes | Retour à l'analyse délicat problème des seuils et des complexes paramétriques équivalents |
| Mobilité et exigences spatiales à plusieurs échelles emboîtées | Intégration spatiale Sensibilité particulière aux perturbations de la qualité physique | Difficultés d'échantillonnage Retour à l'analyse délicat |
| Gamme de taille macroscopique (sauf pour 1er stades : oeufs et larves) | Intérêt des non spécialistes Facilité de tri et détermination Accès à la biomasse Facilité des mesures biométriques | Nécessité de moyens d'échantillonnage importants |
| Nombre d'espèces limité (1 à 30 max., selon le type écologique) | Intérêt des non spécialistes Facilité de tri et détermination | Impose la prise en compte des variations quantitatives, au niveau du peuplement |
| Production d'une ressource alimentaire (pêche pro) et halieutique (pêche loisir) | Intérêt des non spécialistes et des pouvoirs publics | Manipulations anthropiques (introductions et prélèvements) Législation réglementant les prélèvements |

2.3.2 Les différentes analyses ichtyologiques

Dans la section ci-dessous, les différentes méthodes d'analyses d'inventaires piscicoles sont abordées.

Les méthodes et matériels utilisés lors de cette étude seront expliqués en détail dans la partie 3.2 Matériel et méthodologie appliquée à l'étude.

Les pêches au filet maillant ou au verveux en eaux stagnantes ont été les premiers moyens pour suivre l'état d'une population piscicole, notamment pour répondre à des problématiques locales liées à la pisciculture extensive. (Gerdeaux.D,1994).

Depuis le milieu du 20^{ème} siècle, une prise de conscience des enjeux environnementaux est observable, les pays du Nord font face à une demande accrue d'outils permettant d'évaluer la qualité des cours d'eau. Au fil du temps, des scientifiques ont mis en place des typologies qui permettent de décrire une répartition des espèces piscicoles depuis les zones apicales vers l'aval des rivières en l'absence de perturbation. Cet état de référence qui est donc un état théorique permet de le comparer avec la population observée. La popularisation de la pêche électrique et la mise en place d'un protocole stricte par l'OFB permet d'identifier l'état observé.

Plusieurs typologies et concepts ont été développés et sont aujourd'hui mis à disposition des gestionnaires : (annexe 17)

- La zonation piscicole de Huet définie pour la première fois l'écosystème « eau courante » par un ensemble de paramètre morphologique simple : la pente, la profondeur et la largeur (Huet M,1949).
- La zonation de Illies et Botosaneanu définie 3 grandes zones de vies et est basée sur la répartition des invertébrés sur le linéaire du cours d'eau (Illies J., Botosaneanu L.,1963).
- La typologie la plus utilisée dans le département est celle développée par l'hydrobiologiste Franco-comtois Jean Verneaux à partir du milieu du 20^{ème} siècle. Il fut l'un des premiers scientifiques à étudier de manière poussée les structures des populations et non seulement l'occurrence. Ces travaux ont été beaucoup utilisés en France et en Europe. Il développe sa méthode au cours de sa thèse¹² sur le bassin versant du Doubs, une rivière polluée à grande échelle par le développement de l'industrie automobile de la région. J. Verneaux s'appuie notamment sur les travaux de Huet en 1949 : « L'entreprise d'interventions chirurgicales suppose une connaissance préalable suffisante de l'anatomie et de la physiologie de l'organisme considéré, en l'occurrence l'écosystème « eau courante ». (j.Verneaux, 1975). La zonation de J.Verneaux est appelée « biotypologie », elle permet la comparaison d'abondances d'espèces observées avec des abondances théoriques. Ces résultats ont de la valeur si le modèle prédictif est adaptable pour tous types de rivières. En effet, les espèces de poissons d'eau douce se répartissent différemment selon les bassins hydrographiques. Une variation spécifique décroît d'Est en Ouest sur le territoire métropolitain (PONT et al, 1995), cette différence est expliquée par la glaciation climatique du Würm (Banarescu 1977). C'est pourquoi, le modèle théorique est basé sur un ensemble de paramètre physico-chimique de la station relevé au moment de l'inventaire.

Cependant, le modèle est critiquable sur plusieurs points :

- la localisation des stations de mesure pour l'établissement de la biotypologie n'est pas représentative des masses d'eau au niveau national. Le gradient est fondé sur l'étude de 140 stations en Franche-Comté, « complétée par les relevés saisonniers effectués sur une centaine de stations distribuées sur des cours d'autres région » (Verneaux, 1976). La méthodologie mentionne des stations sur le Rhône mais les emplacements exacts des stations ne sont pas précisés. Le contexte hydrologique méditerranéen n'a donc

12 Verneaux J. 1973, « *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie* ». Thèse d'état, Besançon : 257 ».

potentiellement pas été pris en compte dans l'établissement des biocénotypes ;

- les critères de sélection des stations « non anthropisées » ne sont pas clairement définie ;
- les méthodes statistiques pour prédire les biocénotypes attendues sont critiquables, la formule dépend en majorité de la température maximale moyenne de l'eau sur plusieurs années, cependant ce paramètre a connu de grandes variations depuis l'établissement du modèle notamment sur les cours d'eau du Gard.

La biotypologie de Vernaux est utilisée par la fédération de pêche du Gard en ayant conscience des biais liés à son application sur le bassin méditerranéen, elle apporte une analyse complémentaire à l'IPR.

- Le concept de continuum fluvial développé par Robin Vannote propose une vision différente : selon cette classification, les rivières sont des systèmes ouverts en interaction avec la mer, les berges, les nappes, etc., ce qui engendre un gradient continu de ressources trophiques de l'amont à l'aval. Les caractéristiques des ressources alimentaires le long du linéaire déterminent la répartition des espèces selon leur régime alimentaire. (Vannote R-B, 1980). Ces travaux remettent en question les zonations précédentes qui définissent des répartitions biogéographiques rigides notamment les classes d'abondances avec la biotypologie de Vernaux.
- C'est pourquoi la France a mis en place l'Indice Poisson Rivière (IPR) (Oberdorff et al, 2002) en collaboration avec des hydro-biologistes européens sous l'appellation initiale de Fish-Bases Index (FBI). L'IPR est un bio-indicateur ichtyologique normalisé pour répondre aux classes de qualités de la DCE, il a fait l'objet d'une optimisation récente pour devenir l'IPR+ (Marzin et al 2014) mais n'est pas encore appliqué dans le Gard car cet outil n'a pas encore été mis au point au niveau national. L'IPR est basé sur des données d'entrées plus importantes et son modèle est plus représentatif de l'état actuel des masses d'eau. Il est calculé par des sommes de métrique basé sur des occurrences de poissons classés suivant leur écologie, cela permet de supprimer la spécificité taxonomique, ce type d'indice peut donc être utilisé à une échelle géographique beaucoup plus large. De plus, il a été établi suivant l'étude de 2000 stations et le modèle de prédiction prend en compte les caractéristiques régionales du site grâce aux hydro-écorégions (Wasson J.B, 2002). Chaque hydro-écorégion présente des « caractéristiques homogènes au plan de la géologie, du relief et du climat, considérées de manière universelle comme les déterminants primaires du fonctionnement des écosystèmes d'eau courante » (OFB). L'IPR comporte cependant des limites à ne pas négliger. Le principal biais est le fait que l'indice ne prend pas en compte les densités et les biomasses estimées, en effet, la note n'est construite qu'à partir du premier passage de pêche électrique. La note IPR sur des écosystèmes comportant peu d'espèces est alors peu significative car les altérations sur ces milieux se manifestent en premier lieu sur une modification de la structure d'âges de la population (Oberdorff, 2001). De plus, l'IPR ne prend pas en compte toutes les espèces de poissons dans l'élaboration de sa note.

Pour finir, certains scientifiques ont un discours plus tranché concernant la restauration de rivière, le suivi piscicole et notamment dans la manière de définir un état de référence par la DCE : « Du point de vue écologique, la notion de conditions de référence stables renvoie principalement à la notion d'écosystèmes atteignant un état « climax ». Elle contredit tous les concepts modernes de l'écologie, sous-estime la nature en constante évolution de notre environnement et ne prend pas en compte les interactions à long terme entre l'homme et la nature. » (Bouleau G., Pont, D, 2015). Du point de vue hydrobiologique le concept de zonation est interprété comme une vision fixiste de l'écosystème rivière et participe même au « fantasme de contrôle »

de l'environnement (Sylvain Rotillon, OCE, 2016).

2.4 Présentation de la problématique du stage

Les conflits d'usages liés à la dégradation de la qualité globale des eaux de surface du bassin versant du Vistre ont entraîné une prise de conscience de la valeur écologique et de la nécessité de préserver les ressources naturelles de la rivière. Dans ce contexte, le suivi ichtyologique semble devenir une priorité face aux enjeux liés aux changements environnementaux globaux et locaux expliqués précédemment. Cependant, ce suivi est confronté à plusieurs problématiques liées à l'utilisation de différentes méthodes de mise en œuvre et d'analyses des pêches, un manque d'archives piscicoles et un contexte hydromorphologique particulier. Dans le cas du Vistre amont cette étude prend tout son sens. En effet, au vu des travaux de renaturation uniques de par leur ampleur, il est particulièrement intéressant de réaliser un travail de synthèse et d'homogénéisation des résultats des pêches électriques. De plus, les cours d'eau péri-urbains comme celui-ci sont souvent négligés alors que les enjeux environnementaux y sont très importants. C'est pourquoi par l'intermédiaire d'analyses de pêches d'inventaire et d'un regard critique sur les méthodes de suivi environnemental, cette étude mettra en lumière la trajectoire piscicole du Vistre amont. La trajectoire d'un cours d'eau en géographie environnementale définit la voie empruntée par un espace, la dimension temporelle de l'analyse de cet espace. Par trajectoire piscicole est considéré les dynamiques passées, présentes et futures des populations de poissons du Vistre amont en lien avec la trajectoire globale du cours d'eau.

3 Démarche méthodologique

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'un service civique à la place d'un stage de fin de master. C'est pourquoi, d'autres missions qui ne sont pas en lien avec ce mémoire ont été réalisées dans le cadre du service civique (tableau 2).

3.1 Présentation des missions du stage

Les missions réalisées pour mener à bien cette étude ont été les suivantes : (tableau 2)

- Recherche bibliographique sur la renaturation de cours d'eau et le suivi environnemental
- Prise de rendez-vous et entretiens avec des acteurs de l'eau du territoire
- Réalisation d'un état des lieux historique des dynamiques hydromorphologiques de la zone d'étude
- Réalisation de cartes SIG
- Analyse critique des méthodes de suivi piscicoles
- Mise en œuvre des pêches électriques sur le Vistre
- Bancarisation des données des pêches de 2023
- Création d'une méthode pour comparer les indices
- Analyse des pêches de 2023
- Synthèse et homogénéisation des données piscicoles passées
- Dresser un bilan sur le volet piscicole du suivi environnemental de la zone d'étude

- Proposition d’axes d’amélioration concernant le suivi piscicole
- Présentation de l’avancement de l’étude

Tableau 2-Digramme de Gantt des missions réalisées

| Missions dans le cadre du service civique | 1er trimestre | | | 2ème trimestre | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août |
| Inventaire frayère à brochet | [Barre bleue] | | | | | |
| Suivi alose | | [Barre verte] | | | [Barre verte] | |
| Mise en œuvre des pêches | | | | [Barre grise] | | |
| Suivi réseau thermique des eaux | | | | [Barre rouge] | | |
| Analyse des pêches | | | | | [Barre orange] | [Barre orange] |
| Suivi pistia stratiotes | | | | [Barre bleue] | | |
| Missions dans le cadre du stage (diagnostic piscicole du Vistre) | | | | | | |
| Lecture littérature scientifique | [Barre orange] | | | | | |
| Assimilation des protocoles de suivi piscicole | [Barre orange] | | | | | |
| Apprentissage du traitement/analyse des données de pêches électriques | | [Barre orange] | | | | |
| Etat des lieux de la restauration du Vistre | | [Barre orange] | [Barre orange] | | | |
| Analyse de la dynamique piscicole entre 1997 et 2022 | | [Barre orange] | [Barre orange] | [Barre orange] | | |
| Mise en œuvre des pêches sur le Vistre | | | | | X | X |
| Synthèse piscicole depuis 2023 | | | | | [Barre orange] | |

Pour mener à bien ces missions, la collaboration avec les partenaires techniques du département (structure GEMAPIENNES, OFB et associations) a été indispensable.

3.2 Matériel et Méthodologie appliquée à l’étude

3.2.1 Protocoles de suivi piscicoles

3.2.1.1 Pêche électrique par prospection à pied complète

« Les inventaires piscicoles sont réalisés au niveau des différentes stations sur une période permettant de prendre en compte la cohorte de l’année (i.e. après la saison de reproduction) et favorable à la pêche électrique (i.e. débit d’étiage des cours d’eau), à savoir de début juin à fin septembre.

La pêche électrique consiste à soumettre les poissons à un champ électrique, non légal. Ce dernier induit chez les poissons un comportement d’électrotaxie (déplacement forcé d’un organisme soumis à un champ électrique) orienté vers l’anode. Il s’explique par une contraction involontaire de leurs muscles locomoteurs (Barrons & Matthews, 1938 ; Diner & Le Men, 1971). Un générateur électrique délivre un courant continu entre deux électrodes immergées : une cathode fixe et une anode manipulée par un opérateur. Le voltage utilisé (entre 200 volts et 1000 volts) est réglé de façon à être inversement proportionnel à la conductivité de l’eau. Les poissons à proximité de l’anode soumise au champ électrique sont alors capturés à l’aide d’une épuisette.

Afin de suivre un peuplement piscicole, le protocole d’échantillonnage décrit dans le “Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l’électricité” de l’ONEMA (Belliard et al., 2012) est utilisé comme référence.

La longueur de la station d’échantillonnage répond aux critères de largeur en eau suivants (tableau 3) :

Tableau 3- Tableau synthétique des longueurs de linéaires minimales à prospecter pour réaliser un échantillonnage exhaustif en fonction de la largeur des cours d’eau prospectés (d’après Belliard et al., 2012)

| Largeur en eau (en mètres) | Longueur minimale de la station échantillonnée (en mètres) |
|----------------------------|--|
| < 3 | 60 |
| 3 à 30 | 20 x Largeur |
| 30 à 60 | 600 |
| > 60 | 10 x Largeur |

Ainsi, les principales contraintes, répondant à la norme européenne EN 14011, qui régissent la configuration d'une pêche électrique d'après ce même protocole sont :

- L'utilisation d'une anode au minimum tous les cinq mètres de large dans le cas des pêches complètes (cf. paragraphe suivant),

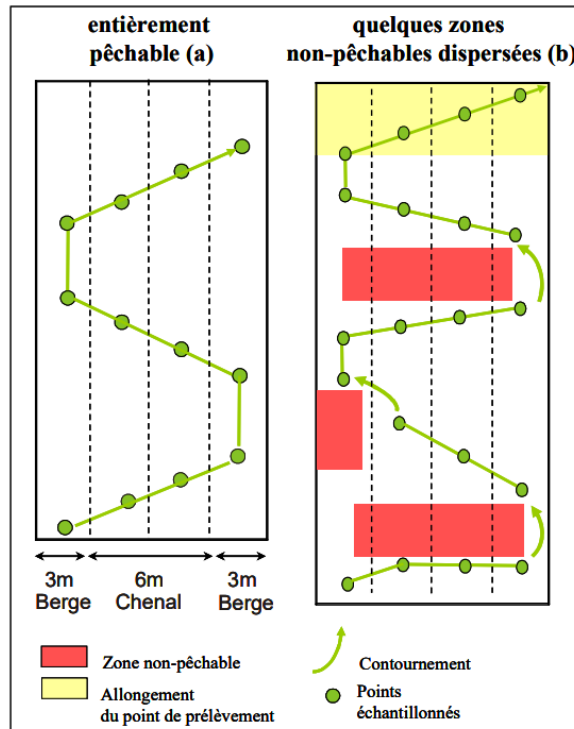
- La prospection à pied des zones dont la profondeur maximale avoisine les 0,7 m, auquel cas la station est considérée comme non prospectable.

Figure 5 Exemple de prospection à pied (Guide de pêche électrique, OFB, 2012)

Deux modes de prospection sont appliqués suivant la configuration du linéaire à échantillonner (figure 6):

Dans le cas d'un cours d'eau prospectable dans son intégralité (i.e. moins de 5% de la surface totale du linéaire non prospectable) et d'une largeur en eau de moins de 9 mètres (+/-1m), une pêche "complète" à pied est privilégiée. La totalité de la station est alors parcourue à pied, de l'aval vers l'amont. Dans le cas du suivi environnemental du Vistre toutes les pêches sont complètes à pied à deux anodes.

- Dans le cas d'un cours d'eau non prospectable dans son intégralité ou de plus de 9 mètres de large, une méthode d'échantillonnage ponctuel, préconisée pour ce type d'échantillonnage (Belliard et al., 2012), est réalisée à pied ou en bateau. [...]



Au cours d'une pêche électrique, la capture d'individus est réalisée par épuisement des stocks sur plusieurs passages sans remise à l'eau entre deux passages (méthode par épuisement de De Lury (1951)). Deux passages au minimum sont alors effectués, plus s'il y a découverte d'une nouvelle espèce dans le second passage ou que l'efficacité de pêche est jugée trop faible (e.g. autant ou plus d'individus capturés lors du second passage). À l'issue d'un passage, chaque individu capturé est identifié jusqu'à l'espèce, mesuré et pesé (annexe 18).» (Réseau de suivi piscicole, FDPPMA 30, 2022).

3.2.1.2 Données hydromorphologiques

La récolte des données se fait selon un protocole défini par l'OFB et le CSP suivant une méthode par transect (annexe 19).

- Au minimum trois transects par faciès de la station
- Une mesure de profondeur tous les 50 cm pour les transects inférieurs à 8m de large et tous les 1m pour si supérieur
- Un transect sans mesure de profondeur à chaque changement de faciès
- Renseignement sur l'ensemble des faciès par observation visuelle (granulométrie, ...)

A noter que le nombre de transect varie selon les stations car il dépend de la diversité des écoulements. L'objectif étant de décrire de manière la plus précise le contexte physique de la station. Les données sont saisies dans un Excel qui calcul :

- L'importance relative en % des types d'écoulement

- La profondeur moyenne par type de faciès
- La section mouillée
- La surface prospectée
- La largeur et profondeur moyenne
- La longueur de la station

D'autres données sont nécessaires pour la caractérisation de la station :

- La pente
- La granulométrie, le colmatage, la végétation aquatique, la stabilité des berges
- Les types de faciès : courant, plat, profond, annexe

3.2.2 Matériel de pêche

Suivant les préconisations relatives à la configuration de la rivière qui en découlent, un groupe électrogène associé à un dispositif de modulation du signal électrique de type "Héron" ou un groupe électrogène portable de type "Martin Pêcheur". La majorité des pêches sur le Vistre ont été réalisées avec la méthode type « Héron » qui comporte (figure 7) :

- un groupe électrogène "spécial pêche"
- un dérouleur de câble de cathode
- une cathode
- une anode vissée à un porte-anode

Figure 6- Matériel de pêche électrique type "hérons" (dream-electronique)



La configuration du matériel lors des pêches électrique est schématisée en annexe 20.

Pour ce qui est du matériel de pêche associé, celui-ci regroupe :

- Des épuisettes dont la maille du filet est inférieure ou égale à 4 mm,
- Du matériel de stockage (seaux, viviers, bacs) et de manipulation du poisson (désinfectant, anesthésique si besoin Eugénol),
- Du matériel de mesure (règle graduée de précision 5 mm, balance de précision 1 g, télémètre, pige)
- De l'équipement de protection du personnel (wadders en néoprène, cuissardes, gants homologués "sécurité électrique" gilets de sauvetages autogonflants pour les opérations embarquées, gilets de chantiers),
- Du matériel de balisage, d'informations et de sécurisation de la zone d'installation du matériel électrique.

3.2.3 Traitement et analyse des données de pêche électriques

3.2.3.1 Analyse statistique du peuplement piscicole

Tout d'abord, les données sont centralisées et analysées à l'aide du logiciel WAMA (Version 1.7). Ce logiciel permet une présentation de données standardisées sous forme de 4 annuaires.

Le premier annuaire contient une récapitulation des données générales de la station : (département, cours d'eau, pente, ...).

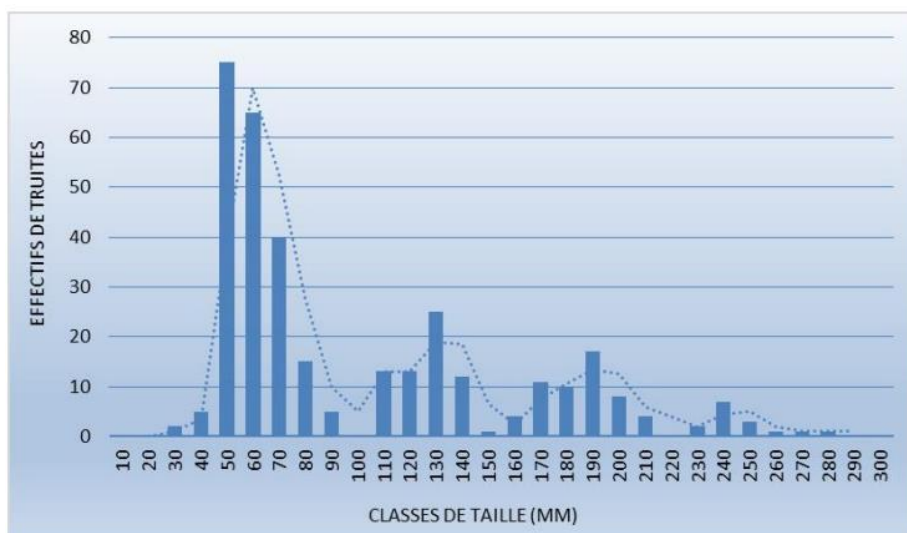
Le deuxième annuaire résume les caractéristiques hydromorphologiques de la station (abri pour poisson, granulométrie, profondeurs moyennes...).

Le troisième annuaire présente les données poissons inventoriés (espèces et effectifs) ainsi que des estimations sur la station par la méthode de Carle et Strub (1978) :

- Efficacité de pêche dans le cas de plusieurs passages
- Estimation d'effectif réellement présent sur la station
- Calcule de densité et de la biomasse à l'hectare.

L'annuaire 4 met en lumière les classes de taille des individus par un graphique qui permet d'évaluer l'état de la structure des populations piscicoles. L'objectif est d'identifier « les cohortes (groupes d'individus d'une même population ayant le même âge) par décomposition polymodale sur ce graphique. De manière simplifiée, une cohorte correspond à une hausse de l'effectif des classes de taille, centrée sur un maximum (appelé mode). Par exemple, une première cohorte peut être définie entre 30 et 90 mm (graphique 1). On peut par ailleurs ajouter que cette même cohorte est celle de l'année, à savoir des truitelles (flèche rouge la plus à gauche). En effet, le nombre de représentants d'une même cohorte diminue d'année en année et leur taille s'accroît au cours du temps. Ainsi, la cohorte représentée par les individus de plus petite taille et généralement en plus grand nombre est issu de la reproduction de l'année. Les individus qualifiés de « 0+ » (ou truitelles) sont alors les poissons issus de la reproduction de l'année, les « 1+ » sont ceux ayant passé une année, les « 2+ » deux années et ainsi de suite. » (*Réseau de suivi piscicole, FDPPMA 30, 2022*).

Graphique 1- Exemple d'une structure de taille polymodale pour une population de truite fario, impliquant la présence de plusieurs cohortes



Cette donnée est couramment utilisée dans le cas des cours d'eau salmonicole où la relation entre la taille et l'âge des truites farios est bien connue sur le bassin versant Gardois. La relation est définie suivant l'équation de croissance de Von Bertanffy (1938) :

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Pour laquelle :

- L_t est la longueur à l'âge t
 - L_∞ la longueur moyenne qu'un poisson atteindrait s'il vivait à l'infini
 - K un coefficient de croissance associé à l'espèce
 - t_0 l'âge théorique à la taille 0
- Les classes mettent en lumière des cohortes

Cette analyse est aussi utilisée pour certaines espèces repères comme le barbeau méridional, le goujon, le barbeau fluviatile, le blageon mais également les espèces cibles comme l'anguille européenne.

3.2.3.2 L'Indice Poisson Rivière

« L'Indice Poisson Rivière (ou IPR) permet de déterminer l'état d'un cours d'eau à partir de sa population piscicole et des conditions environnementales qui le caractérisent. Il mesure l'écart entre la composition du peuplement observé sur une station donnée à partir d'un échantillonnage par pêche électrique en un passage et la composition attendue en situation dite de "référence" (Belliard & Roset, 2006). Cet indice prend en compte 7 métriques biotiques (tableau 4) rendant compte de la composition taxonomique, de la structure trophique et de l'abondance des espèces ; et 9 métriques abiotiques caractérisant les conditions environnementales de la station (tableau 6). Le score associé à chaque métrique dépend de l'écart entre le résultat de l'échantillonnage et la valeur de la métrique attendue en situation de référence. La somme de ces scores permet d'obtenir la valeur de l'IPR. Lorsque l'IPR est de 0, le peuplement observé correspond donc au peuplement attendu en situation de référence.






Tableau 6-Synthèse des métriques biotiques utilisées pour le calcul de l'IPR

| | Métriques | Abréviations |
|------------|------------------------------------|--------------|
| Occurrence | Nombre total d'espèces | NTE |
| | Nombre total d'espèces rhéophiles | NER |
| | Nombre total d'espèces lithophiles | NEL |
| Abondance | Densité d'individus tolérants | DIT |
| | Densité d'individus invertivores | DII |
| | Densité d'individus omnivores | DIO |
| | Densité totale d'individus | DTI |

Tableau 4-Synthèse des variables abiotiques prises en compte lors du calcul de l'IPR-

| Variables environnementales |
|---|
| Surface du Bassin versant (en km ²) |
| Distance à la source (en km) |
| Largeur moyenne en eau (en m) |
| Pente (en ‰) |
| Profondeur moyenne en eau (en m) |
| Altitude (en m) |
| Température moyenne de l'air en Juillet (en °C) |
| Température moyenne de l'air en Janvier (en °C) |
| Unité hydrographique |

Tableau 5-Synthèse des classes de qualité associées aux scores de l'IPR

| Note de l'IPR | Classe de qualité |
|---------------|---|
| < 7 | Excellente  |
|] 7 – 16] | Bonne  |
|] 16 – 25] | Médiocre  |
|] 25 – 36] | Mauvaise  |
| >36 | Très mauvaise  |

À mesure que le peuplement **observé diffère du peuplement théoriquement attendu**, la valeur de l'IPR augmente. Ces valeurs sont regroupées par classes, permettant ainsi de définir la qualité piscicole des stations échantillonnées (tableau 5). Les différentes étapes de calcul d'un Indice Poisson Rivière sont détaillées dans la « Notice de présentation et d'utilisation » de cet indice émis par le Conseil Supérieur de la Pêche (Belliard & Roset, 2006). » (*Réseau de suivi piscicole, FDPPMA 30, 2022*).

Les températures correspondent à des interannuelles moyennes ente 1980-1999 (Rogers C. & Pont D. 2005) pour le mois de janvier et juillet. Ce sont des données adaptées aux années de pêches utilisées pour l'établissement de l'indice. Il est important de préciser que l'IPR est une méthode d'évaluation du peuplement piscicole simplifié, elle ne permet pas d'identifier clairement les impacts d'une perturbation.

3.2.3.3 Biotypologie de Jean Verneaux

Principe général

« Verneaux développe une méthode pratique de détermination du type biologique d'une station donnée, à partir de l'inventaire de son peuplement ichtyologique (Verneaux, 1977). Le type biologique caractérise une structure biologique, représentative d'un système théorique d'eau courante. Il se constitue d'une succession orientée de 10 niveaux typologiques, associés à des groupements d'espèces présentant des exigences écologiques voisines appelées « biocénotypes » (Verneaux, 1977). Un niveau typologique est décrit tel qu'un degré (ou type) d'organisation d'espèces réparties suivant la succession orientée des biocénotypes. Ainsi, les espèces piscicoles présentant des exigences écologiques similaires sont classées suivant un même type allant de B0 à B9 (annexe 21).

Selon les bases d'interprétation de Verneaux (1976), dans un milieu peu perturbé, la diversité spécifique est proche du biocénotype théorique. Dans le cas contraire, des discordances importantes peuvent apparaître : elles sont généralement imputables à un état de pollution ou une dégradation, naturelle ou provoquée, de l'habitat (Verneaux, 1977).

Méthode de calcul des biocénotypes et des abondances théoriques et observées :

Afin d'attribuer un biocénotype à une station, il est possible de calculer un coefficient synthétisant ses caractéristiques physico-chimiques ayant une influence sur l'ichtyocénose (ou caractéristiques abiotiques), développé par Verneaux en 1976. Celui-ci intègre plusieurs paramètres environnementaux et se décline en trois composantes :

- Une composante thermique T1, prenant en compte la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds de l'année « TmM » (°C) : $T1 = 0,55 \times TmM - 4,34$ [...]
- Une composante trophique T2, prenant en compte la distance à la source « Do » (km) et la dureté totale de l'eau « D » (mg/l) : $T2 = 1,17 \times \ln(0,01 \times Do \times D) + 1,5$
- Une composante morphodynamique T3, prenant en compte la section mouillée à l'étiage « Sm » (en m²), la pente de la ligne d'eau « P » (en ‰) ainsi que la largeur du lit mineur « l » (en m) : $T3 = 1,75 \times \ln(100 \times Sm / (P \times l^2)) + 3,92$

- Le coefficient synthétique, aussi appelé Niveau Typologique Théorique (ou NTT), est ainsi obtenu par la somme pondérée de ces trois composantes : $NTT = 0,45 T1 + 0,30 T2 + 0,25 T3$

La valeur du NTT, caractérisant donc les conditions abiotiques d'une station, indique le spectre d'espèces attendues théoriquement sur la station étudiée, ou biocénotype. Un abaque synthétisant les résultats des travaux de Verneaux, relie les conditions abiotiques d'une station à un spectre d'espèces potentiellement présentes (tableau 8). Celui-ci présente les classes d'abondances optimales (au nombre de 6) de chaque espèce pour chaque NTT. Parmi les p espèces constitutives du spectre potentiel, seul un nombre n sert à

établir un peuplement piscicole théorique. Ces espèces sont alors choisies suivant leur affinité pour un biocénotype donné et lorsque leur présence est avérée dans le bassin hydrographique, c'est-à-dire celles qu'il est le plus probable d'y rencontrer. Le peuplement piscicole est ainsi constitué des espèces à plus forte affinité (classes 4 à 5), puis des plus apicales vers les plus basales en favorisant celles capturées sur la station. Dans le cas du calcul d'un NTT [...] le nombre d'espèces *n* à définir, constitutive du peuplement théorique, diffère (tableau 8). La valeur du NTT calculée est arrondie au 0,5 supérieur.

En prenant pour exemple une station ayant obtenu un NTT de 3,2 arrondis à 3,5, l'abaque typologique (Tableau2) lui fait correspondre *p*=12 espèces théoriquement observables sur cette station. Le spectre d'espèces est le suivant : SDF, CHA, TRF, LPP, VAI, BAM, LOF, OBR, EPI, BLN, CHE, GOU. Pour un NTT de 3,5 (et donc biocénotype B3+), il convient alors de choisir *n*=6 espèces parmi cette liste en fonction du contexte local. À titre d'exemple, la Truite fario (TRF) n'étant pas présente historiquement sur le bassin hydrographique hypothétique, elle n'est pas comptabilisée dans le peuplement théorique, bien que son affinité pour le niveau typologique de cette station soit maximum (5). » (Réseau de suivi piscicole, FDPPMA 30, 2022).

Il est également possible d'estimer un niveau typologique en se basant sur les espèces pêchées et non les paramètres abiotiques avec le « Niveau Typologique Ichtyologique » (NTI) mais celui-ci n'est pas utilisé dans le cas des pêches électriques du Vistre.

Tableau 7-Répartition longitudinale (au sens biotypologique) des abondances optimales potentielles de 40 espèces (CSP DR, 1995) (Raymond et Degiorgi, 2000)

| Niveau Typologique Théorique | | | | | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9 | |
|-------------------------------|-------|-----|----|----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|
| Diversité spécifique optimale | | | | | Théorique (NTT) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 28 | 28 | |
| | | | | | Observée (NTI) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AMPL | Ordre | ESP | IS | IM | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 23 | 25 | 23 | 17 | |
| 4 | 1 | SDF | 70 | 88 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 7 | 2 | CHA | 70 | 91 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 8 | 3 | TRF | 45 | 88 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 7 | 4 | LPP | 75 | 85 | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| 7 | 5 | VAI | 55 | 77 | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 5 | 6 | BAM | 70 | 88 | | | | 0,1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | | | | | |
| 7 | 7 | LOF | 30 | 85 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 6 | 8 | OBR | 70 | 88 | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | |
| 7 | 9 | EPI | 25 | 45 | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 5 | 10 | BLN | 60 | 79 | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 6 | 11 | CHE | 30 | 38 | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1 | |
| 6 | 12 | GOU | 45 | 74 | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1 | |
| 6 | 13 | APR | 85 | 95 | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | | | |
| 5 | 14 | BLE | 45 | 75 | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 | | | |
| 5 | 15 | ANG | 31 | 55 | | | | | | | 0,1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | |
| 5 | 16 | HOT | 40 | 83 | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5 | 17 | TOX | 40 | 82 | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 5 | 18 | BAF | 50 | 85 | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | |
| 5 | 19 | LOT | 60 | 95 | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | | |
| 5 | 20 | SPI | 50 | 74 | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | |
| 5 | 21 | VAN | 55 | 63 | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | |
| 5 | 22 | EPT | 25 | 45 | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | |
| 4 | 23 | BOU | 45 | 56 | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | |
| 4 | 24 | BRO | 45 | 95 | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | |
| 4 | 25 | PER | 50 | 76 | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | |
| 4 | 26 | GAR | 20 | 46 | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | |
| 4 | 27 | TAN | 35 | 51 | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | |
| 4 | 28 | ABL | 25 | 56 | | | | | | | | | | | 0,1 | 0,1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | |
| 4 | 29 | CAR | 40 | 54 | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | |
| 4 | 30 | PSR | 15 | 35 | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | |
| 3 | 31 | CCO | 40 | 84 | | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | |
| 3 | 32 | SAN | 30 | 73 | | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 4 | |
| 3 | 33 | BRB | 25 | 71 | | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| 3 | 34 | BRE | 30 | 74 | | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| 3 | 35 | GRE | 30 | 54 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 3 | 5 | 4 | 3 | |
| 3 | 36 | PES | 45 | 70 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 3 | 4 | 5 | 5 | |
| 3 | 37 | ROT | 40 | 89 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 3 | 38 | BBG | 55 | 95 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 1 | 3 | 5 | 5 | |
| 2 | 39 | PCH | 35 | 80 | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 3 | 5 | 5 | |
| 2 | 40 | SIL | 30 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 3 | 5 | 5 |

Analyse des résultats

« Pour chaque espèce sélectionnée, les abondances observées et les abondances théoriques déterminées à partir de la biotypologie de Verneaux peuvent ainsi être comparées. La comparaison de ces données renseigne sur les espèces manquantes, déficitaires ou non attendues pour le cours d'eau considéré. Il est ensuite possible de confronter les exigences de ces espèces en matière d'habitat avec les ressources spatiales offertes par les différents habitats. En effet, l'inadéquation des espèces et/ou des abondances observées avec les données théoriques s'explique par un problème de qualité d'habitat ou de qualité d'eau. Les résultats peuvent également être interprétés en ce qui concerne les exigences écologiques des espèces déficitaires et/ou surabondantes. » (Réseau de suivi piscicole, FDPPMA 30, 2022).

Dans le cadre de ce mémoire, une méthodologie pour comparer les résultats des indices (IPR et biotypologie) entre les différentes opérations a été mise au point. Une présentation sous forme de tableaux a été choisie, la légende des tableaux présentée à la page 35 tableaux 9 et 10.

3.2.3.4 Écopathologie

Le personnel de la fédération de pêche du Gard a bénéficié d'une formation en écopathologie en 2021 qui permet d'émettre un bilan sur la qualité des cours d'eau à travers l'état sanitaire des populations de poissons. Des lésions avaient été observées lors des inventaires passés sur le Vistre, il a été décidé qu'en 2023 les pathologies des poissons seraient analysés. Les résultats des analyses sont présentés dans la partie 4.1 Synthèse des pêches électriques par site revitalisé (approche stationnelle).

La méthodologie présentée ci-dessous est tirée de l'ouvrage « *Elie P. et Girard P., 2014. La Santé des poissons sauvages : les Codes pathologie, un outil d'évaluation. Edit : Association Santé Poissons Sauvage. 286 p.* ».

Les objectifs sont :

- « - D'identifier les altérations et anomalies externes des poissons sauvages décelables à l'œil nu (parasites, déformations, ulcère, hémorragies, nécroses, exophtalmies...),
- De codifier ces anomalies sur une base commune,
- De remplir des fiches type de saisie des données de terrain,
- D'interpréter les résultats obtenus pour apprécier non seulement la qualité des hydro systèmes, mais aussi de l'état de santé des populations/peuplements de poissons,
- De proposer une orientation de diagnostic à partir des données récoltées. »

Les lésions sont classées en plusieurs catégories :

- 1. Les lésions d'intérêt écopathologique majeur : tumeur, ulcère, érosions**
- 2. Les lésions d'intérêt écopathologique mineur : plaie, maigreur ...**
- 3. Le Parasitisme : points noirs, champignons...**

Les principales causes potentielles des principales lésions antomo-morphologique des poissons sont présentés en annexe 22.

Calculs des indices

L'étude doit porter sur un échantillon d'au minimum 30 individus pour avoir un échantillon représentatif statistiquement de la population. En étudiant plusieurs espèces dont les espèces cibles et repères (si présente) de la station, les poissons fortement atteints et selon l'objectif de l'étude.

Code pathologique

Les codes pathologiques sont déterminés à partir des grilles de codification établies par l'ASPS disponible en

annexe 23.

A partir de cette grille nous pouvons déterminer les prévalences des lésions externes et les comparer à une grille permettant d'avoir accès à la qualité de l'eau suivant le % de prévalence des lésions externes (tableau 10).

Tableau 8-Correspondance entre la prévalence des lésions et les classes de qualité de l'eau établies par l'Agence de l'Eau (d'après Girard, 1998)

| P% des lésions externes | | Classes Agence | Qualité de l'eau |
|-------------------------|------------------|----------------|------------------|
| 0-1 % | non significatif | 1A | excellente |
| 1-5 % | faible | 1B | bonne |
| 5-20 % | moyenne | 2 | moyenne |
| 20-35 % | forte | 3 | médiocre |
| > 35 % | très forte | HC | mauvaise |

Calcul de la prévalence

La prévalence des poissons noté P infestés est estimée à partir d'un échantillonnage représentatif de l'ensemble des poissons présents sur le site étudié :

$$P (\%) = \text{nombre de poissons présentant des lésions} / \text{nombre de poissons examinés} * 100$$

Calcul indice pathologique lésionnel

Cet indice s'applique pour chaque lésion de chaque espèce piscicole.

Pour calculer cet indice il est nécessaire de connaître :

- La prévalence des poissons présentant des lésions externes, (cf A1)
- L'intensité lésionnelle,
- La signification écopathologique des lésions (il prend la valeur 2 pour les lésions majeures et 1 pour les lésions mineures.

L'intensité lésionnelle s'exprime avec la formule :

$$Ip = P * Q$$

Avec P = le % de poissons atteints,

Q = la sévérité lésionnelle de chaque lésion observée qui se détermine soit en nombre de lésions N ou en surface touchée par la lésion (taux de recouvrement corporel).

Les indices pathologiques lésionnels (Ip) pourront être regroupés par type de lésion, par exemple (Ip NE, Ip HE, IPpn...) pour chaque espèce touchée.

L'indice pathologique globale IpG, pour chaque espèce touchée, sera la somme de l'ensemble des Ip :

$$IpG = \sum Ip$$

Les résultats seront comparés à la grille d'interprétation (figure 8).

Enfin, l'IP de la station (regroupant l'ensemble des espèces piscicoles touchées) pourra être calculé en sommant l'ensemble des IpG de chaque espèce.

Figure 7-Grille d'interprétation de l'état de santé des poissons

| | | | | | |
|--------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Classes de qualité : IpG | 0 ⇒ 0,04 | 0,05 ⇒ 0,20 | 0,21 ⇒ 0,80 | 0,81 ⇒ 1,40 | 1,41 ⇒ 4,00 |
| Condition des poissons | Excellente | Bonne | Précaire | Dégradée | Mauvaise |

Calcul de l'indice parasitaire

La prévalence s'exprimera :

$$P(\%) = \text{nombre de poissons parasités} / \text{nombre de poissons observés}$$

Pour chaque parasite (genre ou espèce) :

L'indice parasitaire est calculé comme suit :

$$I_p = P * Q$$

Avec Q = abondance parasitaire

3.2.3.5 Température

La fédération départementale de pêche du Gard a mis en place un réseau de suivi des températures sur le Vistre. L'objectif est de déterminer les chroniques de températures relevées depuis la mise en place des sondes. Par la suite, le but est d'évaluer les potentialités piscicoles pour les espèces repères du contexte piscicole en relation avec leur préférendum thermique. Enfin, des graphiques viennent compléter cette analyse stationnelle en présentant les pourcentages de jours où les températures sont comprises entre les valeurs des seuils du préférendum de l'espèce repère.

La température des cours d'eau est enregistrée grâce à des sondes thermiques de type « Sensor Hobo® Water Temp pro V2 Onset » (figure 9) programmées au pas de temps horaire.

Les enregistreurs utilisés sont immergés dans les cours d'eau et sont fixés à des systèmes racinaires.

Les données sont alors stockées dans la mémoire interne de la sonde puis récupérées grâce à une navette. Ces données sont ensuite transférées sur ordinateur puis extraites au format Excel grâce au logiciel HOBOWare Pro 3.7.2 (Prosensor, France). Les données sont ensuite traitées sous R et une macro permet une mise en forme normalisée des données.

Figure 8- Sonde thermique



4 Résultats et analyses des pêches électriques

Tout d'abord, les résultats sont présentés dans l'ordre d'ancienneté de revitalisation des sites, des plus anciens au plus récents par une approche stationnelle. Dans un second temps, les résultats des pêches avant et après travaux seront comparés à l'échelle globale du Vistre amont.

Un comparatif quantitatif entre des inventaires historiques et contemporains peut poser problème vis-à-vis des méthodes employées historiquement. Dans le cas du Vistre amont les données historiques d'inventaires sont exploitables.

4.1 Synthèse des pêches électriques par site revitalisé (approche stationnelle)

Ci-dessous, les légendes des tableaux de comparaisons des indices :

Tableau 9-Légende des occurrences et abondances selon la biotypologie de Verneaux

| Légende des occurrences et abondances selon la biotypologie de Verneaux : | |
|--|---|
| Manquante | Espèce théoriquement présente (Classe d'abondance théorique > 0) mais absente parmi les espèces échantillonnées |
| Non attendue | Espèce théoriquement absente (Classe d'abondance théorique = 0) mais présente parmi les espèces échantillonnées |
| - | Espèce théoriquement absente (Classe d'abondance théorique = 0) et non échantillonnée |
| Avec Δa la différence entre la classe d'abondance théorique et observé : | |
| Sous-abondance | Lorsque $\Delta a < 0$ et ≥ -2 |
| Grande sous-abondance | Lorsque $\Delta a < -2$ |
| Sur-abondance | Lorsque Δa est à > 0 et ≤ 2 |
| Grande sur-abondance | Lorsque $\Delta a > 2$ |
| Conforme | Lorsque Δa est égale à 0 et que les abondances sont différentes de 0 |

Tableau 10-Légende des occurrences selon l'IPR

| Légende des occurrences selon l'IPR : | |
|---------------------------------------|--|
| Manquante | Espèce à forte probabilité ($p \geq 0,5$) de présence mais absente parmi les espèces échantillonnées |
| Non attendue | Espèce à faible probabilité ($p < 0,5$) de présence mais présente parmi les espèces échantillonnées |
| Conforme | Espèce à forte probabilité ($p \geq 0,5$) de présence et présente parmi les espèces échantillonnées |
| - | Espèce à faible probabilité ($p < 0,5$) de présence et non échantillonnée |

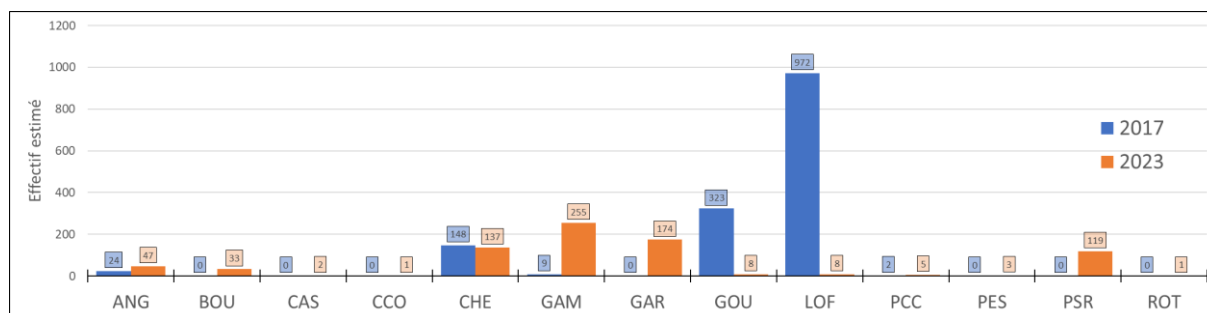
Certaines analyses d'inventaires réalisés par l'OFB ne contiennent pas exactement les mêmes informations que celles réalisées par la fédération de pêche du Gard. Les données topographiques brutes ne sont pas disponibles donc les méthodes de calculs n'ont pas pu être homogénéisés. Les effectifs estimés n'ont pas pu être recalculés. Ces différences peuvent biaiser l'analyse. Les biais sont précisés dans la partie « 5.2 Retour sur l'application des indices piscicoles dans le bassin versant. »

4.1.1 « Le Vistre à Bouillargues » (site revitalisé n°1)

Le site revitalisé de Bouillargues entre 2003 et 2004 n'a pas fait l'objet d'inventaires piscicoles avant travaux. La station se situe en amont de la RD 6113 à hauteur de la STEP de Bouillargues. La première pêche a eu lieu le 01/06/2017 et la seconde le 29/06/2023. La comparaison des résultats des deux pêches est pertinente car elles se situent sur une même station. Cependant, l'absence de données piscicoles avant travaux ne nous permet pas de dresser un bilan complet sur les bénéfices de la revitalisation concernant les populations de poissons.

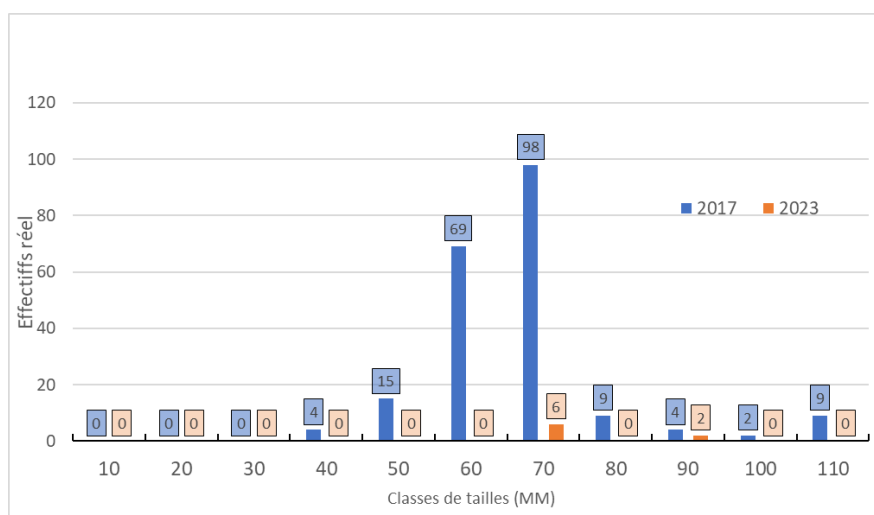
Comparaison des effectifs et classes de tailles :

Graphique 2- Effectifs estimé de poissons capturés par pêche électrique à Bouillargues en 2017 et 2023 (Méthode Carle & Strub)



Le goujon est l'unique espèce repère représenté sur cette station, 323 individus étaient présents en 2017 contre seulement 8 en 2023.

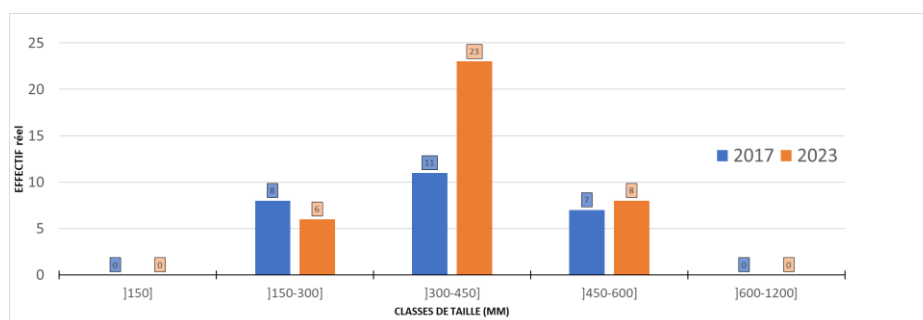
Graphique 3-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site de Bouillargues en 2017 et 2023



La structure de la population de goujon de la station en 2017 est bonne car elle comporte des alevins de l'année et des individus supérieurs à 8cm (taille maximale de l'espèce à 15cm). L'inventaire de 2017 montre un déficit de densité d'alevin de moins de 4cm (reproduction mai-juin). La population de goujon sur la station en 2023 est mauvaise avec seulement 8 individus adultes inventoriés.

L'Anguille est l'espèce cible du contexte. En 2023, 47 individus ont été estimés sur la station contre 24 en 2017.

Graphique 4-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique à Bouillargues en 2017 et 2023



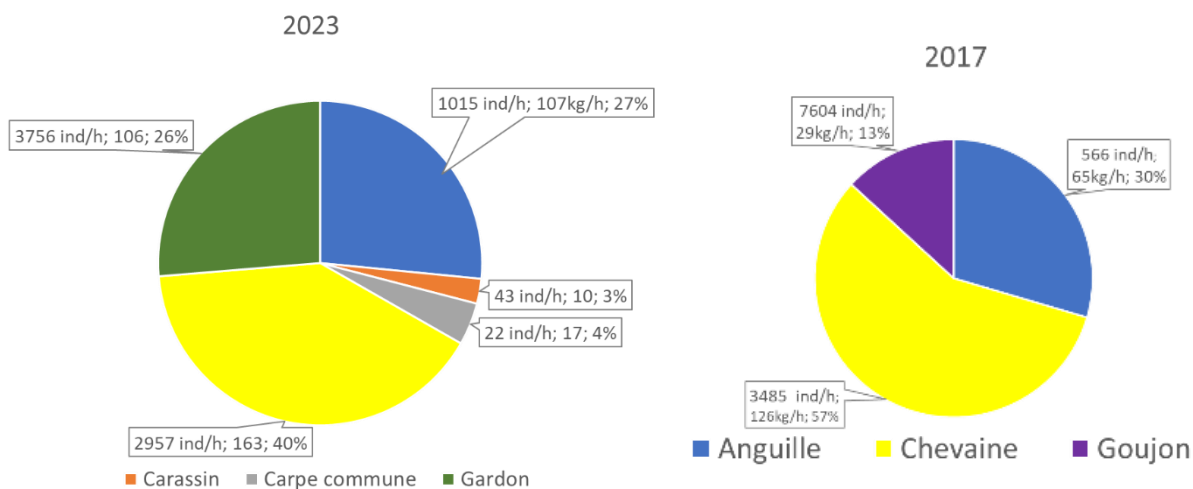
Les anguilles des deux pêches ont une taille comprise entre 150 et 580 mm. Les 2 populations d'anguilles sont à la fois composées d'individus potentiellement en migration anadrome et d'individus sédentarisés (Lambert et Rigaud 1999). La grille d'interprétation biologique des classes de taille d'anguille d'après Lambert et Rigaud, 1999 est disponible en annexe 24.

Concernant les espèces exotiques envahissantes, on note une explosion de la population de gambusie et une augmentation de la population d'écrevisse de Louisiane. En 2023 deux nouvelles espèces exotiques ont été pêchées : le pseudorasbora et la perche soleil.

Au-delà des espèces repères, cibles et invasives, on note qu'en 2023, 7 espèces supplémentaires ont été inventoriées dont le gardon, le rotengle, la carpe commune et le carassin. Ces espèces sont tolérantes à de mauvaises qualités des eaux. La loche franche a presque disparu de la station de pêche, 972 poissons inventoriés en 2017 contre 8 en 2023.

Comparaisons quantitatives :

Graphique 5- Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre à Bouillargues :

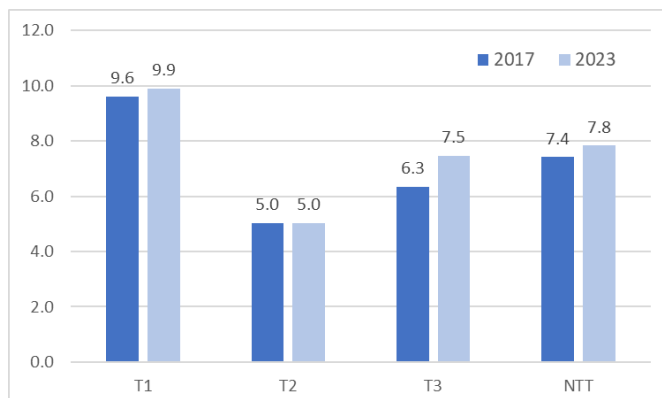


Concernant les biomasses spécifiques, il n'y a pas d'amélioration observée. En effet, les proportions de biomasses spécifiques de 2023 sont similaires à ceux de 2017, cependant la biomasse représentée par les goujons de 2017 (13%) a été remplacé par celle des gardons en 2023 (26%). La biomasse sur la station est dominée par les chevaines suivis des anguilles.

Comparaisons des indices poissons :

Biotypologie de Verneaux :

Graphique 6-Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques à Bouillargues en 2017 et 2023



Concernant les trois composantes qui définissent le NTT, c'est la composante T3 où l'écart entre les deux pêches est le plus élevé. Cet écart est dû à des différences de sections mouillées et de largeur du lit mineur de la station. Bien qu'aucun travaux n'aient eu lieu entre les deux pêches, la morphologie du cours d'eau a localement évolué notamment dû à la présence du castor sur le site. Cependant, les deux NTT restent proches. Pour la station en 2023 et 2017 un NTT est de 7.5 (27 espèces) a été choisi. Les informations importantes concernant l'occurrence spécifique des inventaires en 2023 et 2017 sont l'absence du barbeau fluviatile, du spirilin et du hotu. En 2017, il est important de noter l'absence de certaines espèces tolérantes comme la carpe, le gardon, le rotengle ou le carassin.

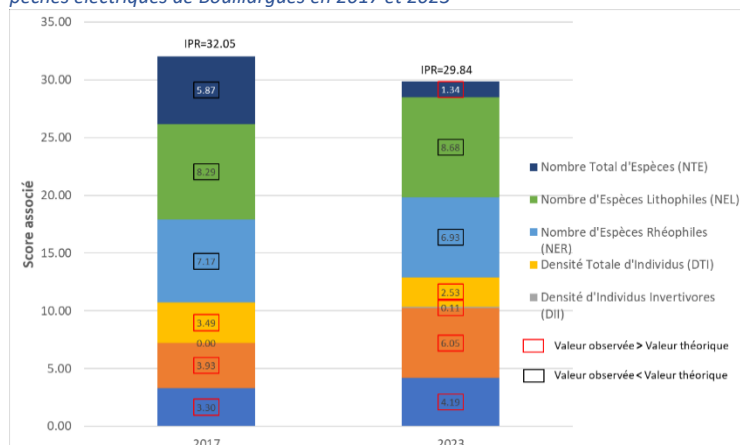
Les abondances de l'anguille, l'espèce cible du contexte, sont satisfaisantes. En 2023, l'abondance du goujon se dégrade énormément comparé à l'inventaire de 2017. La population passe d'une « sur-abondance » à une « grande sous-abondance ». Cet écart d'abondance est à suivre lors des prochains inventaires.

Tableau 11-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Bouillargues 2017,2023

| Espèces | 2017 | 2023 |
|---------|----------------|-----------------------|
| ABL | Manquante | Manquante |
| ANG | Sur-abondance | Sur-abondance |
| BAF | Manquante | Manquante |
| BAM | - | - |
| BBG | - | - |
| BLE | - | - |
| BLN | - | - |
| BOU | Manquante | Sur-abondance |
| BRB | Manquante | Manquante |
| BRE | Manquante | Manquante |
| BRO | Manquante | Manquante |
| CAS | Manquante | Conforme |
| CCO | Manquante | Sous-abondance |
| CHA | - | - |
| CHE | Sur-abondance | Sur-abondance |
| EPI | Manquante | Manquante |
| EPT | - | - |
| GAR | Manquante | Sous-abondance |
| GOU | Sur-abondance | Grande sous-abondance |
| GRE | - | - |
| HOT | Manquante | Manquante |
| LOF | Sous-abondance | Sous-abondance |
| LPP | - | - |
| OBR | - | - |
| PCH | Manquante | Manquante |
| PER | Manquante | Manquante |
| PES | Manquante | Conforme |
| PSR | Manquante | Sur-abondance |
| ROT | Manquante | Sous-abondance |
| SAN | - | - |
| SDF | - | - |
| SPI | Manquante | Manquante |
| TAC | - | - |
| TAN | - | - |
| TOX | Manquante | Manquante |
| TRF | - | - |
| VAI | Manquante | Manquante |
| VAN | Manquante | Manquante |

L'Indice poisson rivière :

Graphique 7-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques de Bouillargues en 2017 et 2023



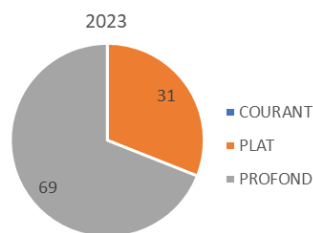
Concernant les IPR, la pêche de 2017 à la note la plus élevée (32.05), elle est qualifiée de "mauvaise" tout comme en 2023. Le nombre total d'espèces (NTE) explique en partie la note supérieure en 2017 notamment avec l'absence de la carpe, du gardon et de la perche soleil. De plus, les densités (DIT, DIO, DTI) sont supérieures à la théorie en 2017 et 2023.

En ce qui concerne les occurrences, le goujon est l'unique espèce rhéophile en adéquation avec les présences théoriques. Selon le modèle théorique de l'IPR, les autres espèces repères du contexte (barbeau fluviatile, spirilin et hotu) ne sont pas attendues.

Le manque du barbeau méridional dégrade la note IPR, mais n'est pas présent historiquement sur le bassin.

Comparaison des faciès d'écoulement :

Graphique 8- Proportion des faciès d'écoulement sur les deux pêches électriques du Vistre à Bouillargues :



La station de 2023 possède un faciès profond plus représenté qu'en 2017 avec une absence de courant. L'inventaire de 2023 est également celui où il y a eu des espèces limnophiles et tolérants comme la carpe, le carassin ou le gardon. Cette évolution de faciès peut être expliquée par l'implantation du castor sur la zone revitalisée de Bouillargues.

Résultats du code pathologie sur la station de Bouillargues en 2023 :

1 Principales lésions sur la station et espèces :

Les principales pathologies (toutes espèces) sont :

Tableau 12-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Bouillargues 2017,2023

| Espèces | Occurrence | |
|--------------------|--------------|--------------|
| | 2017 | 2023 |
| Ablette | - | - |
| Anguille | Conforme | Conforme |
| Barbeau fluviatile | - | - |
| Barbeau méridional | Manquante | Manquante |
| Blageon | - | - |
| Bouvière | - | Non attendue |
| Brème | - | - |
| Brochet | - | - |
| Carassin | - | Non attendue |
| Carpe commune | Manquante | Conforme |
| Chabot | - | - |
| Chevaine | Conforme | Conforme |
| Épinoche | - | - |
| Épinochette | - | - |
| Gardon | Manquante | Conforme |
| Goujon | Conforme | Conforme |
| Grémille | - | - |
| Hotu | - | - |
| Loche franche | Non attendue | Non attendue |
| Lote | - | - |
| Lamproie de Planer | - | - |
| Ombre | - | - |
| Poisson chat | - | - |
| Perche | - | - |
| Perche soleil | Manquante | Conforme |
| Rotengle | - | Non attendue |
| Sandre | - | - |
| Saumon | - | - |
| Spirilin | - | - |
| Tanche | - | - |
| Toxostome | - | - |
| Truite | - | - |
| Vairon | Manquante | Manquante |
| Vandoise | - | - |

- 1) les hémorragies
- 2) les plaies et lésions anciennes
- 3) l'état pathologique multiforme
- 4) les érosions
- 5) les parasites : sangsues
- 6) les nécroses, hypersécrétion de mucus et parasites (points noirs)

2 Espèces les plus impactées

L'espèce la plus impactée est le chevine (21 individus sur 30), suivi par le gardon (16 individus sur 30). La troisième espèce étudiée (l'anguille européenne) est dite indemne.

3 Indices pathologiques

Tableau 13- Résultats codes pathologiques et indices pathologiques : Bouillargues 2023

| Espèces touchées | code pathologique | | indice pathologique | | | |
|------------------|-------------------------|---|--|------------------------|---|------------------------|
| | prévalence peuplement % | classe de qualité de l'eau associée à la prévalence | indice pathologique global IPG (max=8) | Condition des poissons | Indice parasitaire globale IpG (max =4) | condition des poissons |
| GAR | 53,33 | mauvaise | 0,73 | Précaire | 0,07 | Bonne |
| CHE | 70 | mauvaise | 0,97 | Dégradée | 0,03 | excellente |
| ANG | 0 | excellente | 0,00 | EXCELLENTE | | |
| Sur la station | 41,11 | mauvaise | 0,57 | Précaire | 0,05 | bonne |

D'après l'utilisation de l'outil « code pathologique », la qualité de l'eau (associée à la prévalence) est considérée comme « mauvaise » pour le gardon et le chevine et « excellente » pour l'anguille européenne.

En utilisant l'outil « Indice pathologique », la condition du gardon est jugée comme « précaire », celle du chevine « dégradée » et « excellente » pour l'anguille. Pour les parasites, la condition du gardon est jugée comme « bonne » et « excellente » pour le chevine.

En considérant la station dans sa globalité, le vistre à Bouillargues en 2023, possède une qualité de l'eau (associée à la prévalence) « mauvaise » et la condition pathologique des poissons est considérée comme « précaire ». Des photographies des différentes pathologies observées sont disponibles en annexe 25.

Bilan et perspectives :

En ce qui concerne le paramètre poisson, il y a eu une amélioration globale entre les pêches après travaux de 2017 et de 2023. Cette amélioration est due à une diversité spécifique qui a plus que doublé passant de 6 espèces à 13 espèces inventoriées. Cependant, en 2023, la population de goujon est fragile. Les abondances de la population de goujon sont à suivre durant les prochains inventaires. L'apparition de nouvelles espèces rhéophiles sur le site n'est pas forcément attendue, en effet la présence du castor diminue les vitesses de courants. La diminution du courant explique l'expansion d'espèces lenthiques comme la bouvière ou le gardon.

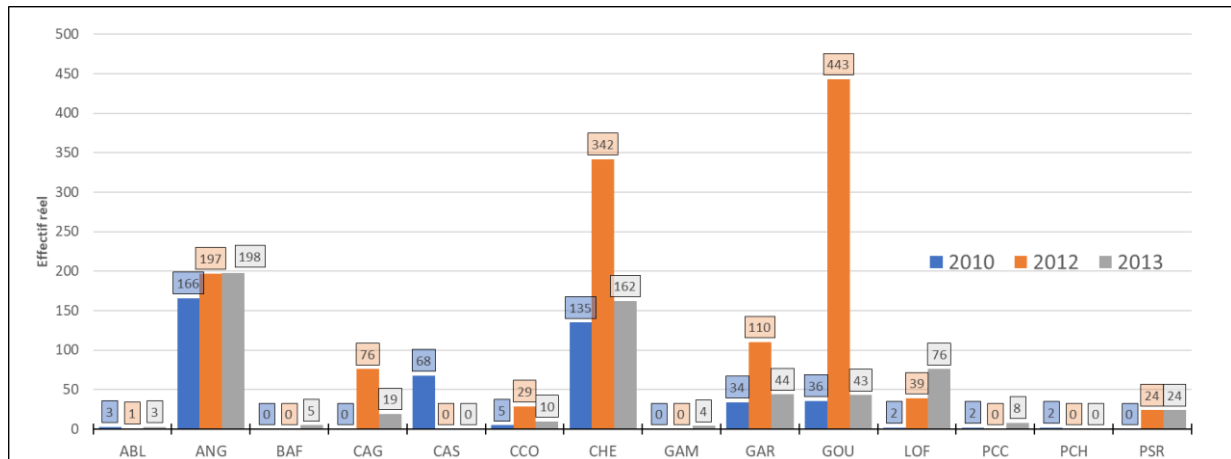
L'absence d'inventaire avant travaux ne permet pas d'évaluer clairement les bénéfices de la revitalisation concernant le paramètre poisson. Cependant, sur une échelle de temps plus longue, une tendance à l'amélioration globale pourrait être observée.

4.1.2 « Le Vistre à la Bastide, Nîmes » (site revitalisé n°2)

Le site n°2 « Vistre de la Bastide » a été revitalisé en 2003 et a fait l'objet d'inventaires piscicoles d'après travaux réalisés par l'OFB le 20/10/2010, 15/10/2012 et 07/10/2013. Les stations se situent juste en aval de la D 13. Ce sont les trois pêches d'inventaire sur ce secteur de revitalisation. Aucune donnée avant travaux n'est disponible sur ce site revitalisé. Les données sur les différents fasciès ne sont pas disponibles.

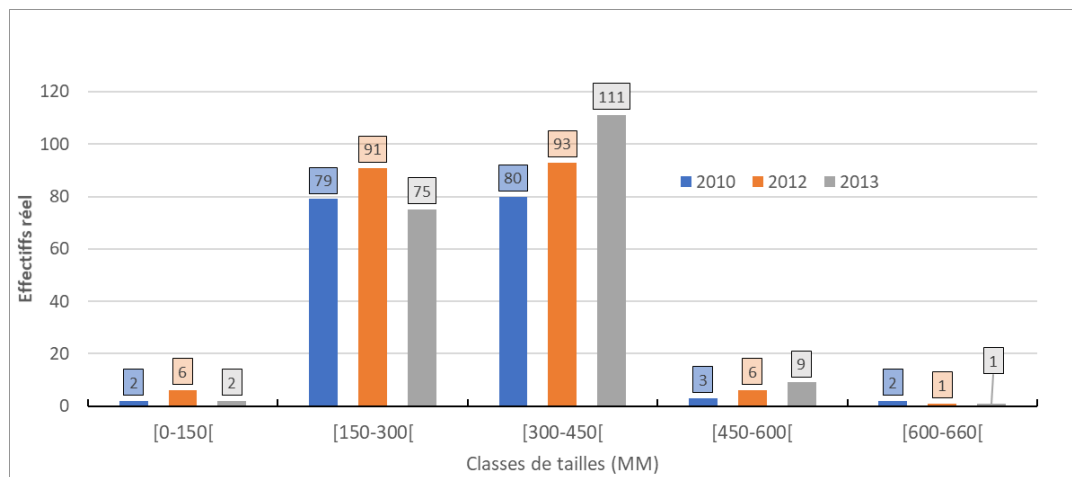
Comparaison des effectifs et classes de tailles :

Graphique 9-Effectifs réel de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Bastide en 2010,2012 et 2013



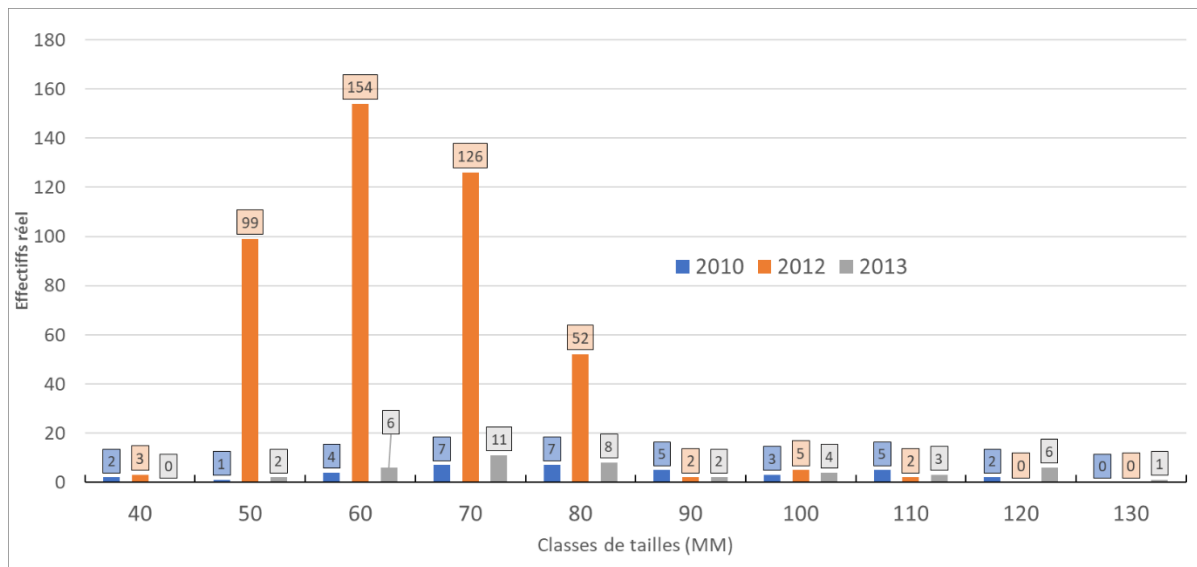
Les deux espèces repères inventoriées sur cette station sont le barbeau fluviatile et le goujon. Cependant, seulement 5 barbeaux ont été inventoriés en 2010. L'anguille, l'espèce cible, est également présente en nombre sur cette station.

Graphique 10- Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre de Bastide en 2010, 2012 et 2013



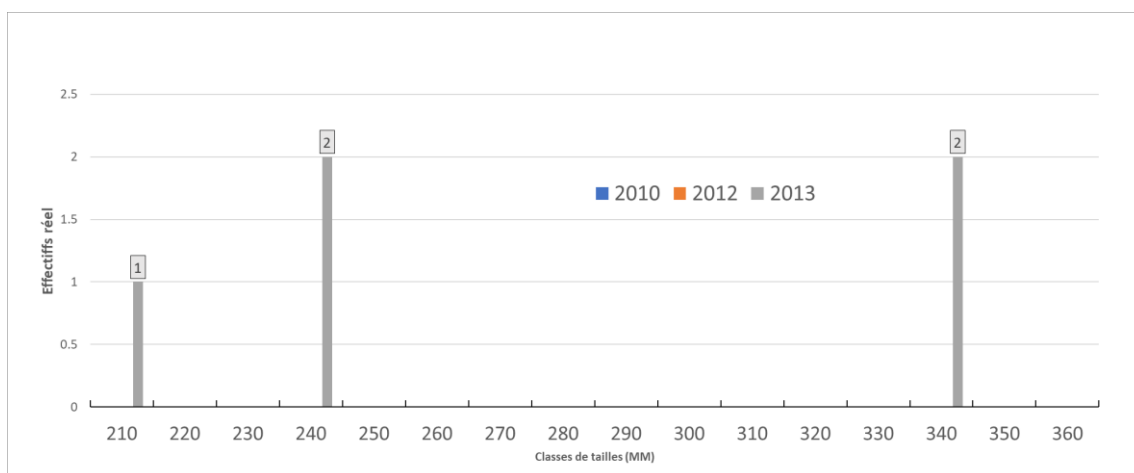
Les anguilles des trois pêches ont une taille comprise entre 130 et 660 mm. Les populations d'anguilles sont à la fois composées d'individus potentiellement en migration anadrome et d'individus sédentarisés (Lambert et Rigaud 1999).

Graphique 11-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Bastide en 2010, 2012 et 2013



La structure de la population de goujon de la station en 2012 est bonne, elle comporte des alevins de l'année et des individus supérieurs à 8cm (taille maximale de l'espèce à 15cm). Les inventaires de 2010 et 2013 montre un déficit d'effectifs de goujons pour toutes les classes de tailles.

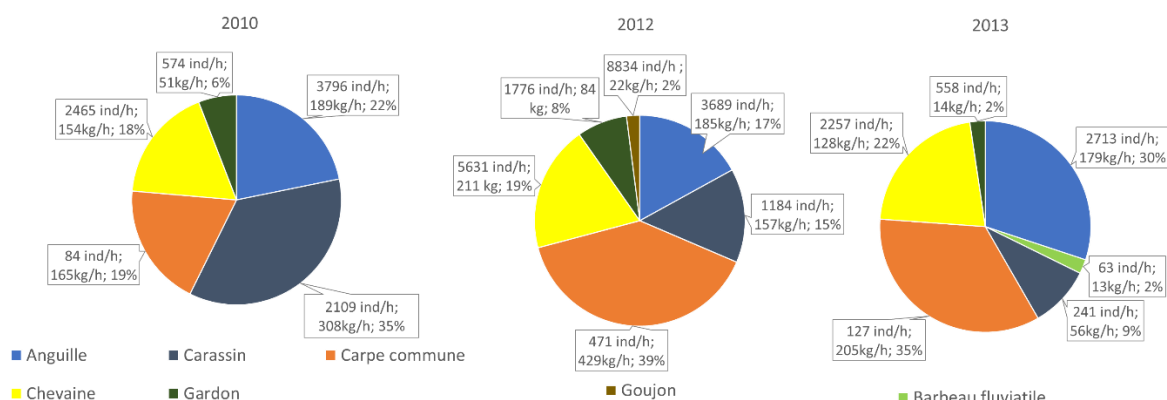
Graphique 12- Classes de tailles des barbeaux fluviatile capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Bastide en 2010, 2012 et 2013



La structure de taille de la population de barbeau inventorié en 2013 est mauvaise.

Comparaisons quantitatives :

Graphique 13 -Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre à la Bastide :

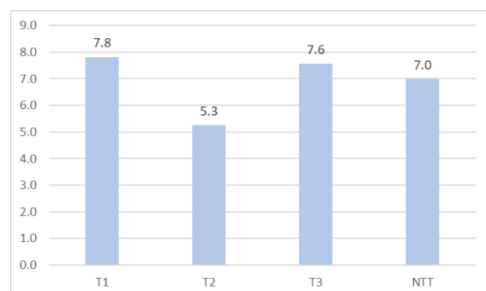


Les proportions de biomasses évoluent peu entre les trois opérations. Cependant le goujon représente une part de la biomasse non négligeable en 2012, de même pour le barbeau fluviatile en 2013.

Comparaisons des indices poissons :

Biotypologie de Verneaux :

Graphique 14-Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques du Vistre à la Bastide en 2010,2012 et 2013



Les paramètres de la station ont été mesurés en 2010 puis réutilisés pour les opérations suivantes. Concernant les trois composantes qui définissent le NTT, c'est la composante T1 qui est la plus élevée. Le NTT est égale à 7 et 23 espèces de ont été sélectionnées.

Les informations importantes concernant l'occurrence spécifique des inventaires sont l'absence du spirin et du hotu.

Les abondances concernant l'anguille, l'espèce cible du contexte, sont satisfaisantes. La population de barbeau

fluviatile en 2013 est en grande sous abondance et les goujons des trois opérations sont en sous-abondances générales. Il est important de noter la sur-abondance de certaines espèces tolérantes comme la carpe ou le carassin.

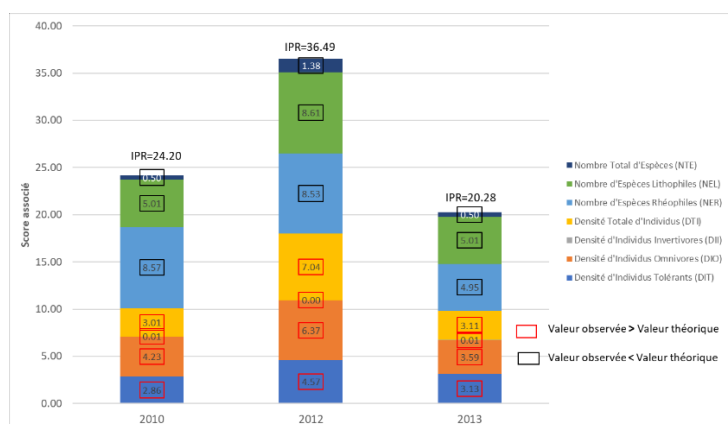
Tableau 14- Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Bastide

| Espèces | 2010 | 2012 | 2013 |
|---------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ABL | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| ANG | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance |
| BAF | Manquante | Manquante | Grande sous-abondance |
| BAM | - | - | - |
| BBG | Manquante | Manquante | Manquante |
| BLE | - | - | - |
| BLN | - | - | - |
| BOU | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRB | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRE | - | - | - |
| BRO | Manquante | Manquante | Manquante |
| CAS | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance |
| CCO | Sur-abondance | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance |
| CHA | - | - | - |
| CHE | Conforme | Conforme | Sous-abondance |
| EPI | Manquante | Manquante | Manquante |
| EPT | - | - | - |
| GAR | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| GOU | Grande sous-abondance | Sous-abondance | Grande sous-abondance |
| GRE | - | - | - |
| HOT | Manquante | Manquante | Manquante |
| LOF | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| LPP | - | - | - |
| OBR | - | - | - |
| PCH | Sur-abondance / Non attendue | - | - |
| PER | Manquante | Manquante | Manquante |
| PES | Manquante | Manquante | Manquante |
| PSR | Manquante | Sous-abondance | Sous-abondance |
| ROT | Manquante | Manquante | Manquante |
| SAN | - | - | - |
| SDF | - | - | - |
| SPI | Manquante | Manquante | Manquante |
| TAC | - | - | - |
| TAN | Manquante | Manquante | Manquante |
| TOX | - | - | - |
| TRF | - | - | - |
| VAI | Manquante | Manquante | Manquante |
| VAN | Manquante | Manquante | Manquante |

L'Indice poisson rivière :

Tableau 15-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Bastide

Graphique 15-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques du Vistre à la Bastide en 2010,2012 et 2013



Concernant les IPR, la pêche de 2012 à la note la plus élevée (36.49), elle est qualifiée de « très mauvaise ». L'IPR en 2010 et 2013 est qualifié de « mauvaise ».

En ce qui concerne les occurrences, le goujon est l'unique espèce rhéophile en adéquation avec les présences théoriques sur les 3 inventaires. Le barbeau est conforme en 2013. Selon le modèle théorique de l'IPR, les autres espèces repères du contexte : spirilin et hotu ne sont pas attendus.

Le manque du barbeau méridional dégrade la note IPR mais n'est pas présent historiquement sur le bassin.

Bilan et perspectives :

En ce qui concerne le paramètre poisson, il n'y a pas d'amélioration notable entre les trois opérations. La note IPR est de moins bonne qualité en 2012 mais ce résultat est à reconsidérer car c'est la présence du poisson-chat qui fait améliorer la note en 2010.

L'absence d'inventaire avant travaux ne permet pas d'évaluer clairement les bénéfices de la revitalisation concernant le paramètre poisson. Un inventaire plus récent permettrait également de tirer davantage de conclusion.

4.1.3 « Le Vistre en aval de la STEU, Nîmes, Milhaud, Aubord, Bernis » (site revitalisé n°6)

Le site a fait l'objet de 13 inventaires piscicoles, de l'amont à l'aval :

- 4 avant travaux à « Le Vieux Aubord » réalisé par l'OFB le 19/06/2001, le 02/07/2002, le 02/06/2003 et le 10/06/2004
- 3 avant travaux à la station « confluence Civelles » réalisé par l'OFB le 19/10/2010, 15/10/2012 et 07/10/2013
- 3 avant travaux à la station « Pont de Milhaud » réalisé par l'OFB le 19/10/2010, le 16/10/2012 et le 08/10/21013
- 3 après travaux à « Milhaud » réalisé par la fédération de pêche du Gard le 19/09/2019, le 18/09/2020 et le 30/09/2021

La station « Pont de Milhaud » et « Milhaud » seront comparées car les deux stations sont très proches

| Espèces | Occurrences | | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2010 | 2012 | 2013 |
| Ablette | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Anguille | Conforme | Conforme | Conforme |
| Barbeau fluviatile | Manquante | Manquante | Conforme |
| Barbeau méridional | Manquante | Manquante | Manquante |
| Blageon | - | - | - |
| Bouvière | - | - | - |
| Brème | - | - | - |
| Brochet | - | - | - |
| Carassin | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Carpe commune | Conforme | Conforme | Conforme |
| Chabot | - | - | - |
| Chevaîne | Conforme | Conforme | Conforme |
| Épinoche | - | - | - |
| Épinochette | - | - | - |
| Gardon | Conforme | Conforme | Conforme |
| Goujon | Conforme | Conforme | Conforme |
| Grémille | - | - | - |
| Hotu | - | - | - |
| Loche franche | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Lote | - | - | - |
| Lamproie de Planer | - | - | - |
| Ombre | - | - | - |
| Poisson chat | Non attendue | - | - |
| Perche | - | - | - |
| Perche soleil | Manquante | Manquante | Manquante |
| Rotengle | - | - | - |
| Sandre | - | - | - |
| Saumon | - | - | - |
| Spirilin | - | - | - |
| Tanche | - | - | - |
| Toxostome | - | - | - |
| Traite | - | - | - |
| Vairon | Manquante | Manquante | Manquante |
| Vandoise | Manquante | Manquante | Manquante |

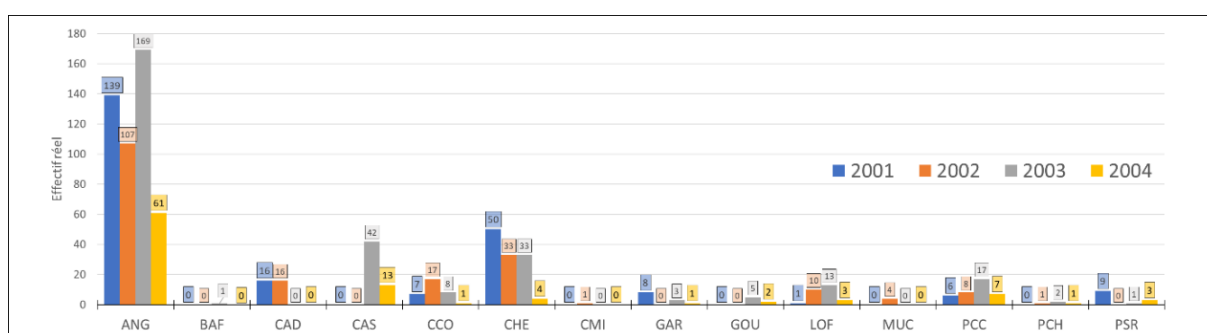
(figure 10) et se situe sur une même portion revitalisée (carte 7). Pour la suite des analyses on considérera les deux stations comme un seul site d'inventaire.

Comparaison des pêches électriques à « Le Vieux Aubord » en 19/06/2001, 02/07/2002, le 02/06/2003 et 10/06/2004 :

Ces données sont les données quantitatives les plus anciennes et exploitables sur la zone d'étude. L'analyse typologique n'est pas réalisable pour les inventaires de la station à Aubord en l'absence de données viables pour la température de l'eau des 30 jours les plus chauds de l'époque. De plus, un problème informatique sur le logiciel WAMA n'as pas permis le calcul des biomasses et densité estimés à l'hectare à partir des données brutes.

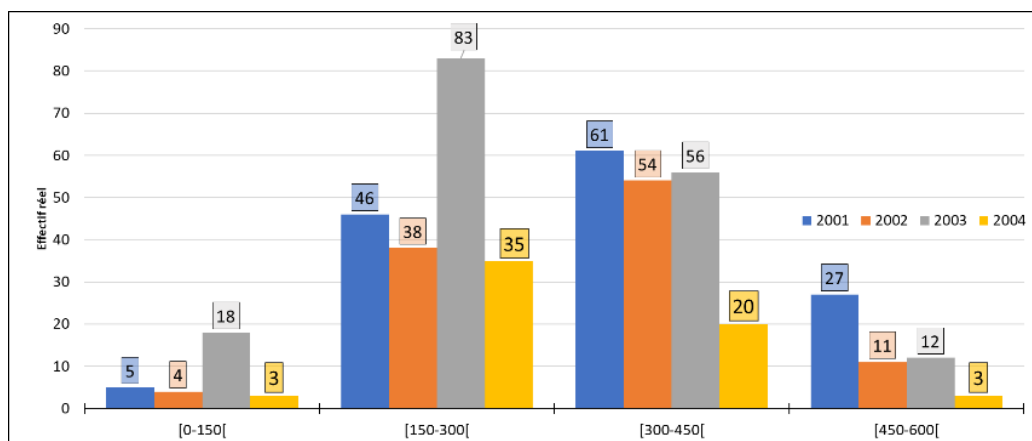
Comparaison des effectifs et classes de tailles :

Graphique 16-Effectifs réel de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à Aubord en 2001,2002,2003 et 2004



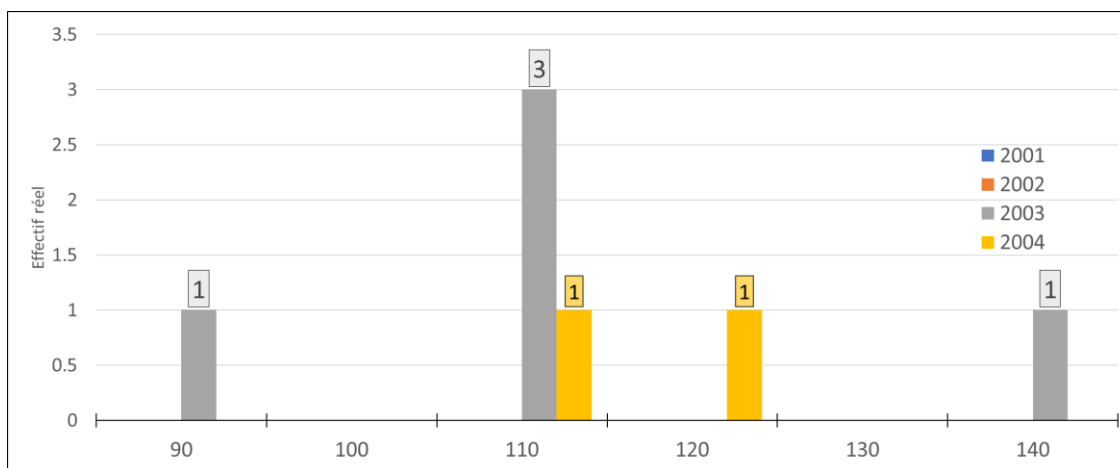
L'anguille, l'espèce cible, est le taxon le plus présent sur la station. Concernant les espèces repères, seulement 1 barbeau fluviatile a été inventorié en 2003 et 7 goujons au total ont été inventoriés en 2003 et 2004.

Graphique 17-Classes de tailles des anguilles capturées par pêche électrique sur le Vistre à Aubord en 2001, 2002, 2003 et 2004



Les anguilles des quatre pêches ont une taille comprise entre 110 et 600 mm. Les populations d'anguilles sont à la fois composées d'individus potentiellement en migration anadrome et d'individus sédentarisés (Lambert et Rigaud 1999).

Graphique 18-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site d'Aubord en 2001,2002,2003 et 2004

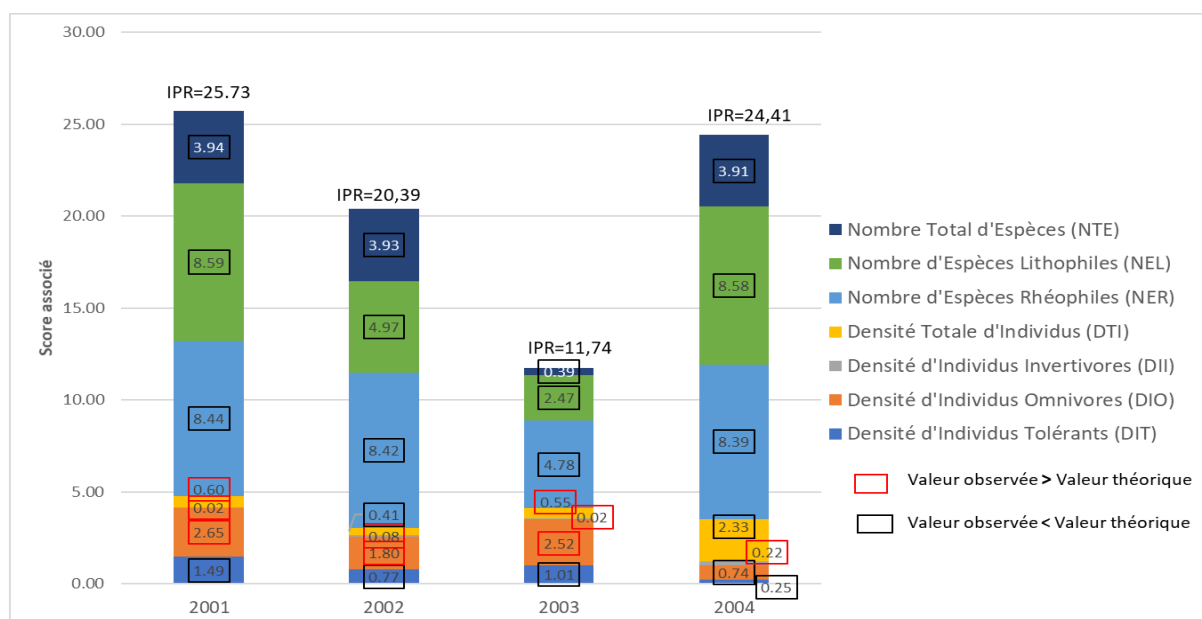


Les deux populations de goujon sont en mauvais état. Seulement 5 goujons ont été observés en 2003 et en 2004.

Comparaisons des indices poissons :

L'indice poisson rivière :

Graphique 19-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques sur le site d'Aubord en 2001,2002,2003 et 2004



Concernant les notes d'IPR, la pêche de 2003 à la meilleure note (11.74), elle est qualifiée de « bonne ». L'IPR en 2002 et 2004 est qualifié de « médiocre ». En 2001 la station est qualifiée de « mauvaise ». En ce qui concerne les occurrences, le goujon est en adéquation avec la présence théorique en 2003. La même année, le barbeau fluviatile est qualifié de « non attendue ».

Aucune espèce repère n'a été inventoriée durant les autres années. Selon le modèle théorique de l'IPR, les autres espèces repères du contexte : spirlin et hotu ne sont pas attendus.

Le manque du barbeau méridional dégrade la note IPR, mais n'est pas présent historiquement sur le bassin.

Tableau 16-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Aubord

| Espèces | Occurrence | | | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| Ablette | - | - | - | - |
| Anguille | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Barbeau fluviatile | - | - | Non attendue | - |
| Barbeau méridional | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| Blageon | - | - | - | - |
| Bouvière | - | - | - | - |
| Brème | - | - | - | - |
| Brochet | - | - | - | - |
| Carassin | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Carpe commune | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Chabot | - | - | - | - |
| Chevaine | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Epinoche | - | - | - | - |
| Epinochette | - | - | - | - |
| Gardon | Conforme | Manquante | Conforme | Conforme |
| Goujon | Manquante | Manquante | Conforme | Manquante |
| Grémille | - | - | - | - |
| Hotu | - | - | - | - |
| Loche franche | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Lote | - | - | - | - |
| Lamproie de Planer | - | - | - | - |
| Ombre | - | - | - | - |
| Poisson chat | - | Non attendue | Non attendue | - |
| Perche | - | - | - | - |
| Perche soleil | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| Rotengle | - | - | - | - |
| Sandre | - | - | - | - |
| Saumon | - | - | - | - |
| Spirlin | - | - | - | - |
| Tanche | - | - | - | - |
| Toxostome | - | - | - | - |
| Truite | - | - | - | - |
| Vairon | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| Vandoise | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |

Bilan et perspectives :

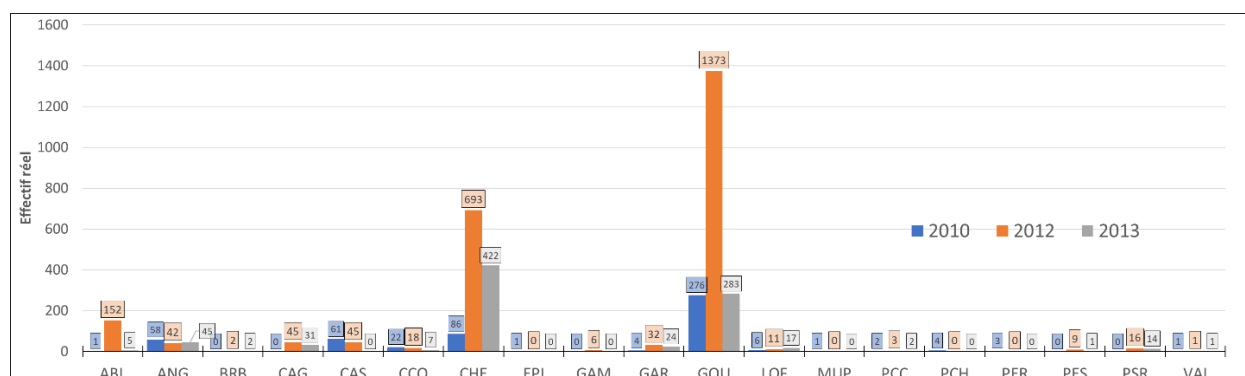
La qualité globale du cours d'eau, évalué à travers le paramètre poisson, ressort comme meilleur en 2003. En effet, malgré leur faible densité, les goujons et barbeaux sont de bons indicateurs de la qualité de la rivière. La note IPR en 2001 est déclassée en « mauvaise » mais elle est très proche des notes obtenues en 2002 et 2004.

Un inventaire plus récent permettrait de tirer davantage de conclusion notamment sur les bénéfices de la revitalisation de 2014 sur le site.

Comparaison des pêches électriques « Confluence Civelle » en 19/10/2010, 15/10/2012 et 07/10/2013 :

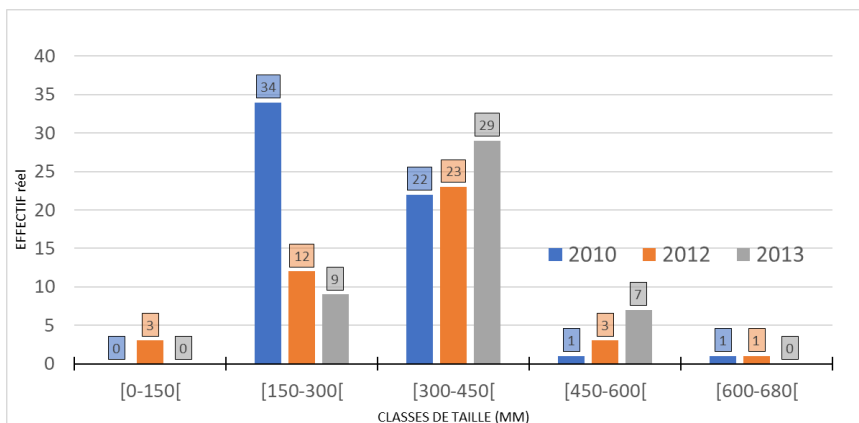
Comparaison des effectifs et classes de tailles :

Graphique 20-Effectifs réel de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Civelle en 2010,2012 et 2013



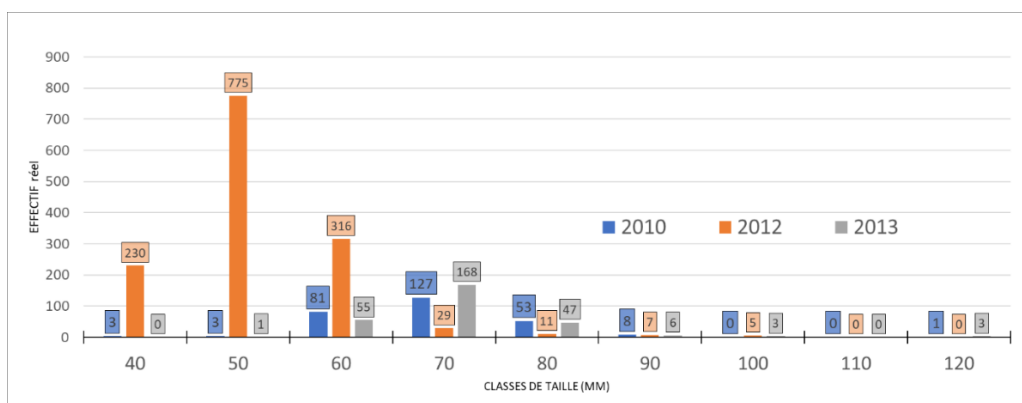
Le Goujon est l'unique espèce repère présente sur la station, la population de 2012 est particulièrement importante. L'anguille est présente sur les 3 inventaires et les effectifs sont stables.

Graphique 21-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Civelle en 2010, 2012 et 2013



Les anguilles des trois pêches ont une taille comprise entre 140 et 680 mm. Les populations d'anguilles sont à la fois composées d'individus potentiellement en migration anadrome et d'individus sédentarisés (Lambert et Rigaud 1999).

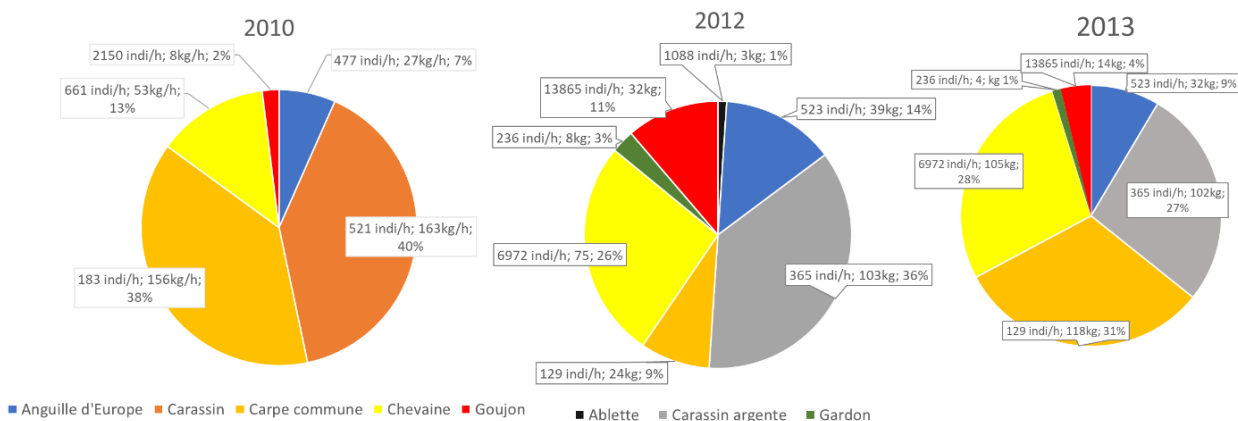
Graphique 22-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Civelle en 2010, 2012 et 2013



La structure de la population de goujon de 2012 est composée davantage d'alevins que les autres années.

Comparaisons quantitatives :

Graphique 23- Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre à la Civelle :

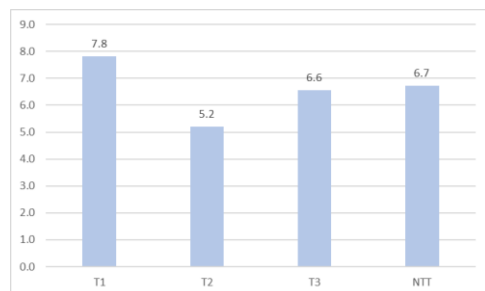


Les biomasses sont très largement dominées par des espèces ayant une écologie tolérante comme le chevine, le carassin ou la carpe commune. Les proportions de carassin et carassin argenté peuvent être considérées comme une seule espèce au vu de leur difficulté d'identification et leur écologie similaire. Les biomasses spécifiques entre les 3 opérations n'ont pas significativement évolué.

Comparaisons des indices poissons :

La biotypologie de Verneaux :

Graphique 24- Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques sur le Vistre à la Civelle :



Les paramètres de la station ont été mesurés en 2010 puis réutilisés pour les opérations suivantes. Concernant les trois composantes qui définissent le NTT, c'est la composante T1 qui est la plus élevée. Le NTT est à 6.7 et 23 espèces ont été sélectionnées.

Les informations importantes concernant l'occurrence spécifique des inventaires sont l'absence du spirin, du hotu et du barbeau fluviatile.

Les abondances concernant l'anguille, l'espèce cible du contexte, sont

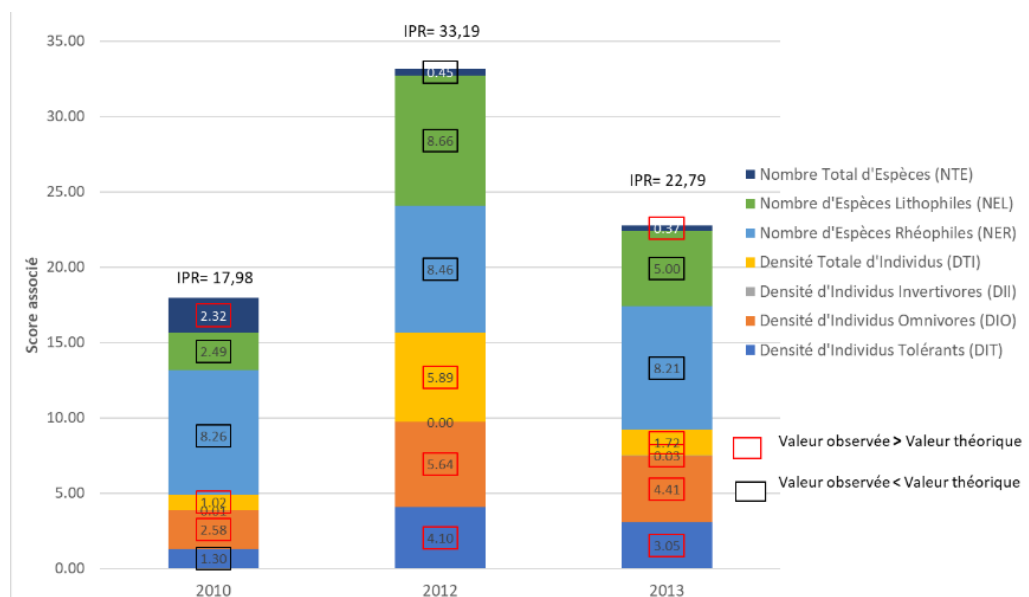
satisfaisantes. Les populations de goujons sont en sous-abondance générales. Il est important de noter la sur-abondance de certaines espèces tolérantes comme la carpe ou le carassin.

Tableau 17-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Civelle

| Espèces | 2010 | 2012 | 2013 |
|---------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ABL | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| ANG | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance |
| BAF | Manquante | Manquante | Manquante |
| BAM | - | - | - |
| BBG | - | - | - |
| BLE | - | - | - |
| BLN | - | - | - |
| BOU | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRB | Manquante | Sous-abondance | Sous-abondance |
| BRE | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRO | Manquante | Manquante | Manquante |
| CAS | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance |
| CCO | Grande sur-abondance | Sur-abondance | Grande sur-abondance |
| CHA | - | - | - |
| CHE | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| EPI | Grande sous-abondance | Manquante | Manquante |
| EPT | - | - | - |
| GAR | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| GOU | Grande sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| GRE | - | - | - |
| HOT | Manquante | Manquante | Manquante |
| LOF | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| LPP | - | - | - |
| OBR | - | - | - |
| PCH | Sur-abondance/ Non attendue | - | - |
| PER | Sous-abondance | Manquante | Manquante |
| PES | Manquante | Grande sur-abondance | Conforme |
| PSR | Manquante | Sous-abondance | Sous-abondance |
| ROT | Manquante | Manquante | Manquante |
| SAN | - | - | - |
| SDF | - | - | - |
| SPI | Manquante | Manquante | Manquante |
| TAC | - | - | - |
| TAN | Manquante | Manquante | Manquante |
| TOX | - | - | - |
| TRF | - | - | - |
| VAI | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| VAN | Manquante | Manquante | Manquante |

L'indice poisson rivière :

Tableau 18-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques sur le site à la Civelle en 2010, 2012et 2013



Concernant les IPR, la pêche de 2012 à la note la plus élevée : 33.19, elle est qualifiée de « mauvaise ». L'IPR en 2010 et 2013 est qualifié de « médiocre ». En 2001, la station est qualifiée de « mauvaise ». Les occurrences théoriques ne sont pas les mêmes entre les opérations au sein d'une même station. Les paramètres abiotiques d'entrés comme la surface respectée où la profondeur explique cette différence. Ainsi, le barbeau fluviatile est manquant uniquement en 2012 selon l'IPR. A l'exception du goujon, aucune autre espèce repère n'a été inventorié. Selon le modèle théorique de l'IPR, les autres espèces repères du contexte : spirin et hotu ne sont pas attendues Le manque du barbeau méridional dégrade la note IPR, mais n'est pas présent historiquement sur le bassin.

Bilan et perspectives :

En ce qui concerne le paramètre poisson, il n'y a pas d'évolution notable entre les trois opérations. La qualité globale du site peut être qualifiée de « mauvaise » par l'interprétation des indices piscicoles. Un inventaire plus récent permettrait de tirer davantage de conclusion notamment sur les bénéfices de la revitalisation de 2014 sur le site.

Tableau 19-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Civelle

| Espèces | Occurrence | | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2010 | 2012 | 2013 |
| Ablette | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Anguille | Conforme | Conforme | Conforme |
| Barbeau fluviatile | - | Manquante | - |
| Barbeau méridional | Manquante | Manquante | Manquante |
| Blageon | - | - | - |
| Bouvière | - | - | - |
| Brème | - | - | - |
| Brochet | - | - | - |
| Carassin | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Carpe commune | Conforme | Conforme | Conforme |
| Chabot | - | - | - |
| Chevaine | Conforme | Conforme | Conforme |
| Epinoche | Non attendue | - | - |
| Epinochette | - | - | - |
| Gardon | Conforme | Conforme | Conforme |
| Goujon | Conforme | Conforme | Conforme |
| Grémille | - | - | - |
| Hotu | - | - | - |
| Loche franche | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Lote | - | - | - |
| Lamproie de Planer | - | - | - |
| Ombre | - | - | - |
| Poisson chat | Non attendue | - | - |
| Perche | Non attendue | - | - |
| Perche soleil | Manquante | Conforme | Conforme |
| Rotengle | - | - | - |
| Sandre | - | - | - |
| Saumon | - | - | - |
| Spirin | - | - | - |
| Tanche | - | - | - |
| Toxostome | - | - | - |
| Truite | - | - | - |
| Vairon | Conforme | Manquante | Conforme |
| Vandoise | Manquante | Manquante | Manquante |

Comparaison des pêches électriques avant travaux sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010, 2012, 2013 et après travaux à "Milhaud" en 2019, 2020, 2021

Cette analyse permet de savoir si des changements concernant le paramètre poisson sont observables sur les 6 inventaires. A noter que la station étudiée depuis 2019 n'est pas entièrement pêchée puisqu'un secteur est non prospectable à pied (une partie du faciès profond). De plus, la pêche de 2021 a été faite 16 jours après la crue du 14 septembre. Ces remarques seront à mettre en lien avec les résultats obtenus.

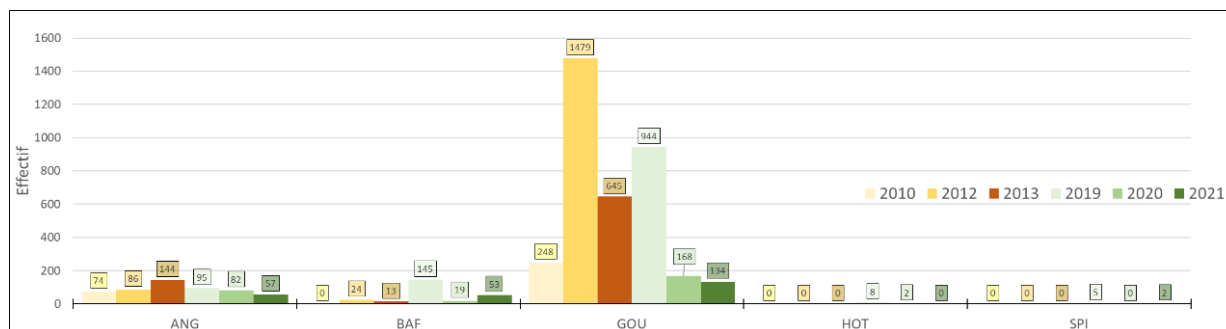
Figure 9-Localisation des stations "Pont de Milhaud" et "Milhaud"



Comparaison des effectifs et classes de tailles :

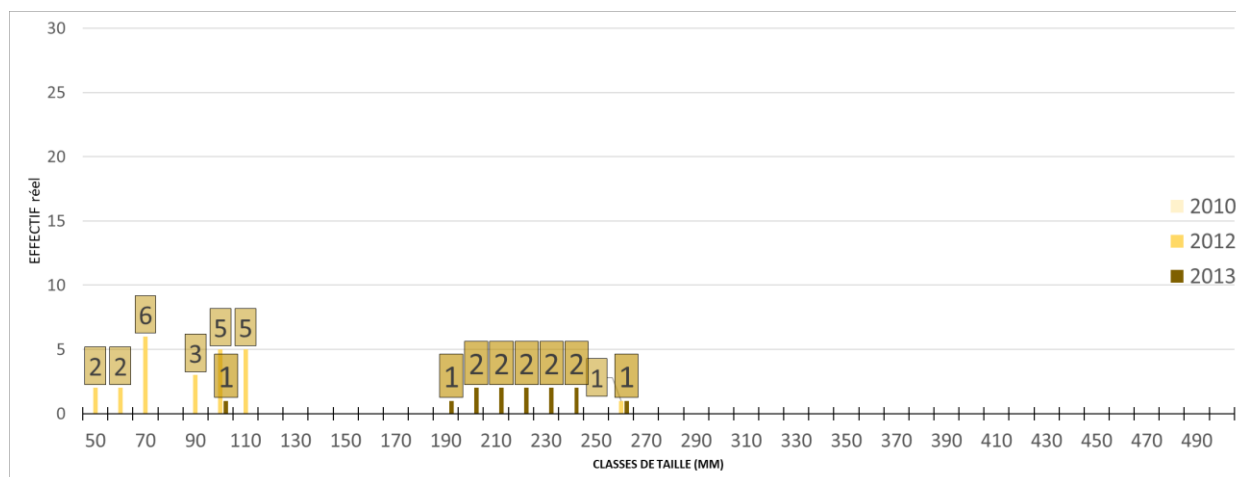
A noter que les effectifs estimés par la méthode de Carle and Stubs n'ont pas été calculés pour les inventaires OFB (2010,2012,2013), cependant les effectifs bruts et estimés seront tout de même comparés.

Graphique 25-Effectifs de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 (effectifs bruts) et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 (effectifs estimés par Méthode Carle & Strub) Espèces repères

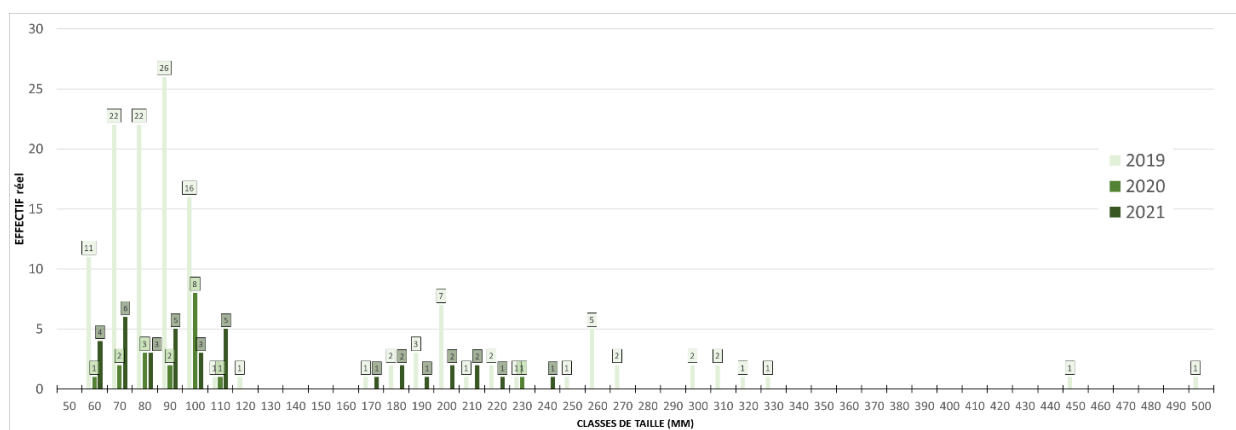


Concernant les espèces repères du contexte, le barbeau fluviatile n'as pas été inventorié lors de la première opération en 2010. Il a été le plus présent en 2019.

Graphique 26-Classes de tailles des barbeaux fluviatile capturés par pêche électrique sur le site Pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013



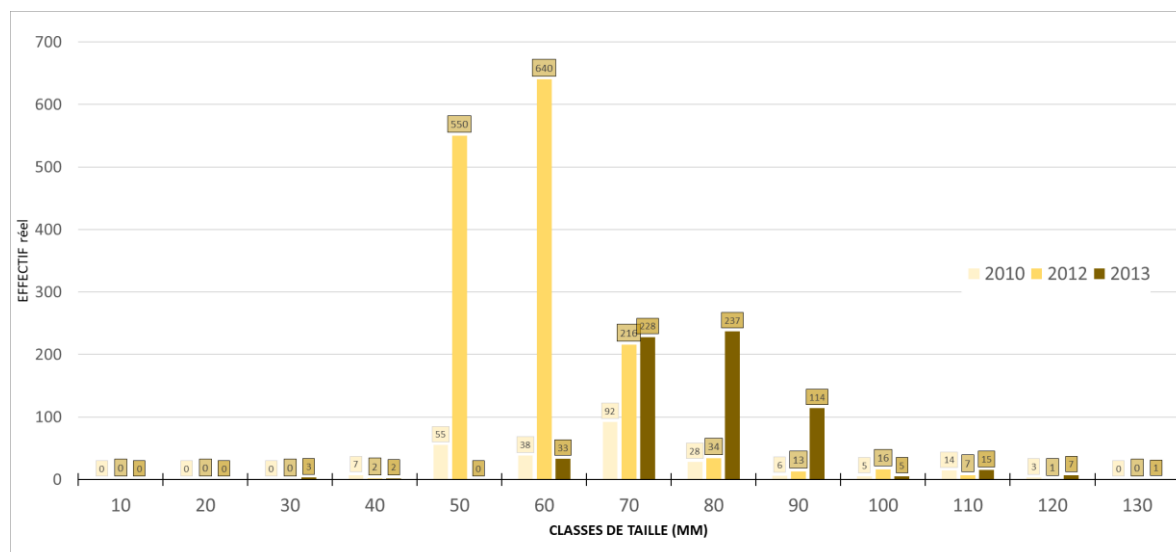
Graphique 27-Classes de tailles des barbeaux fluviatile capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021



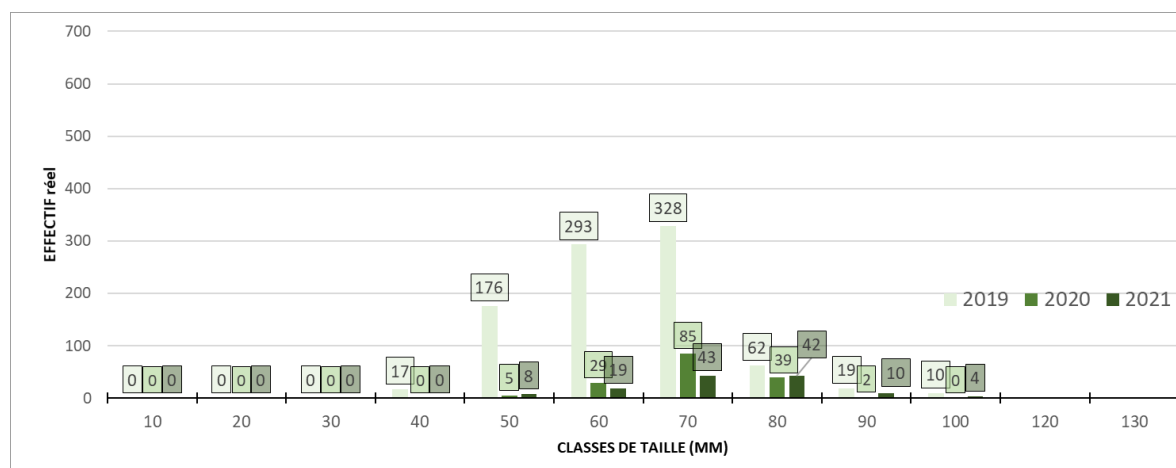
Concernant les classes de tailles des barbeaux fluviatiles avant travaux, seulement deux classes étaient présentes. En 2012, des barbeaux juvéniles étaient présents avec un individu adulte isolé et inversement en 2013, la majorité des barbeaux étaient de grande taille (>19cm) et un seul individu juvénile était présent. Pour les inventaires après travaux, c’est la population de 2019 qui est la meilleure avec des individus de toutes les classes de tailles présents. En 2021, les barbeaux sont répartis en 2 classes de tailles et en 2020, une seule classe est présente avec un individu de 23cm isolé. Les classes de tailles et effectifs des barbeaux avant et après travaux sont similaires à l’exception de l’inventaire de 2019 où la structure et les effectifs de la population sont nettement meilleurs.

Concernant le goujon, il a été inventorié en plus grand nombre sur les inventaires avant travaux avec une densité très élevée en 2012.

Graphique 28-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site Pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013



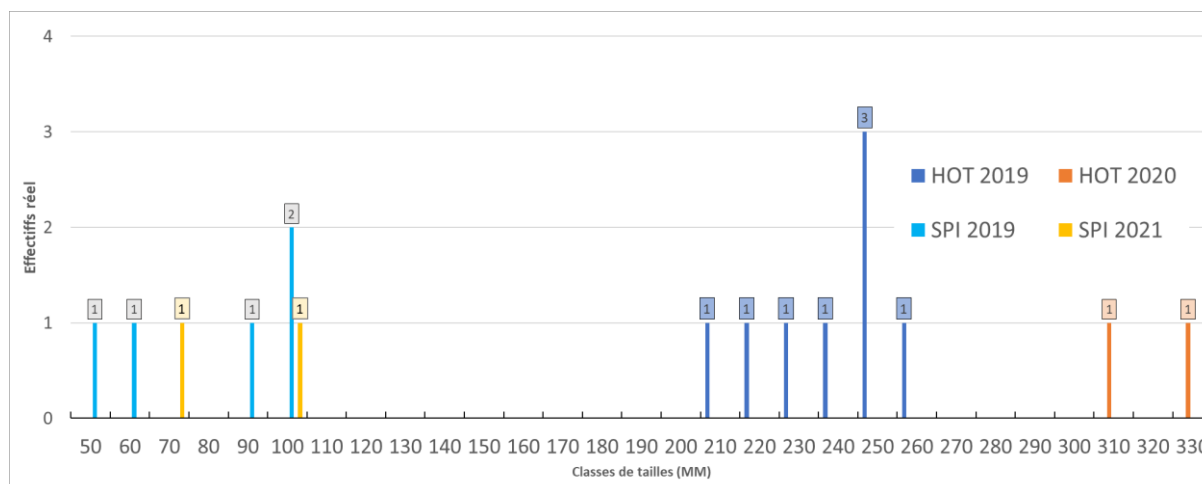
Graphique 29-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021



Les structures de populations de goujons ne sont pas complètes, un manque d’alevins est observé sur les 6 inventaires (reproduction mai-juin). De plus, il y a un manque d’effectif pour toutes les classes en 2010, 2020 et 2021.

Par ailleurs, le hotu et le spirilin, également espèces repères du contexte, sont présentes sur la station en 2019. Le hotu est également présent en 2020 et le spirilin en 2021. Les deux espèces sont absentes sur les inventaires avant travaux.

Graphique 30-Classes de tailles des hotus et spirins capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021

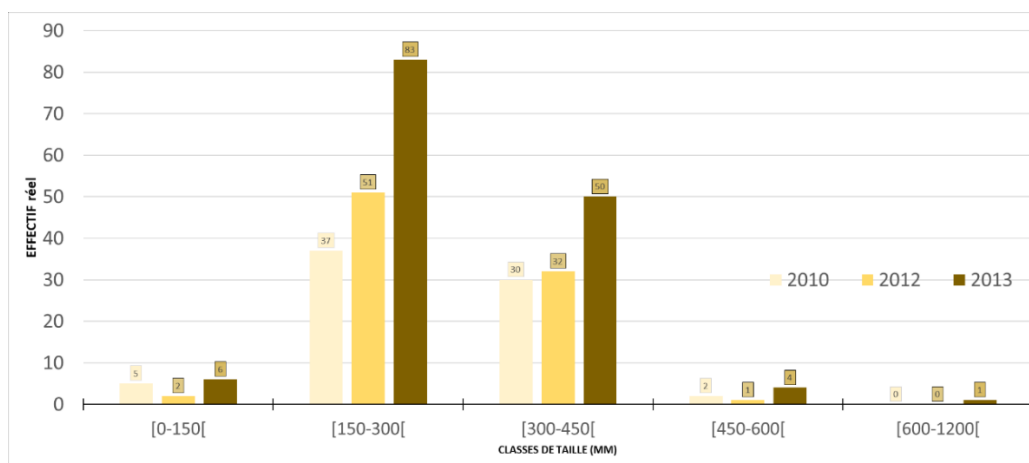


Les classes de tailles du hotu ne sont pas complètes sur les inventaires après travaux, les petits individus sont manquants. La période de reproduction est entre mars et avril et les frayères se situent dans des zones peu profondes à fort courant (Nelva, 1985). Cette espèce est un bon indicateur de la qualité du cours d'eau, l'évolution de la population est à suivre.

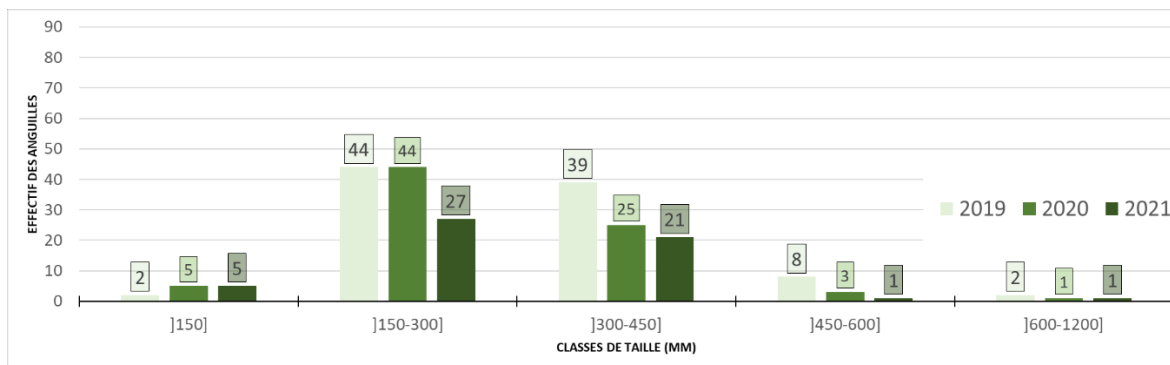
Aucun alevin de spirin n'a été inventorié (reproduction avril-juin (Polacik and Kovac, 2006)).

L'Anguille est l'espèce cible, les effectifs croissent entre 2010 et 2013 puis décroissent entre 2019 et 2021.

Graphique 31-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre au pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013



Graphique 32- Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021

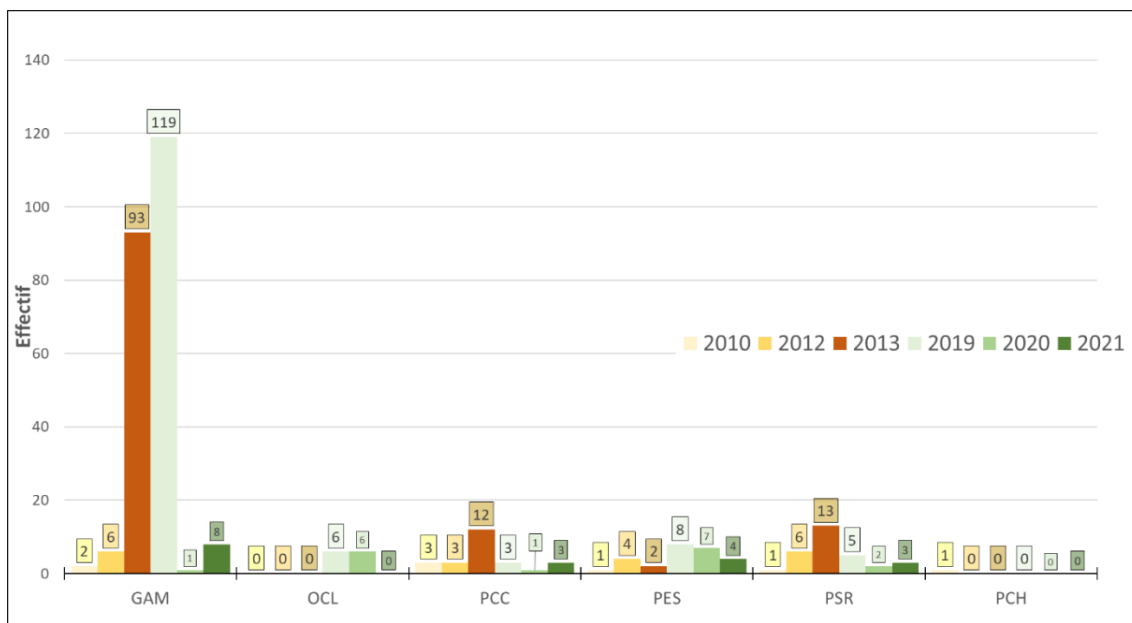


Les anguilles des trois inventaires de l'OFB ont une taille comprise entre 120 et 620 mm.

Les anguilles des trois pêches après travaux ont une taille comprise entre 120 et 700 mm.

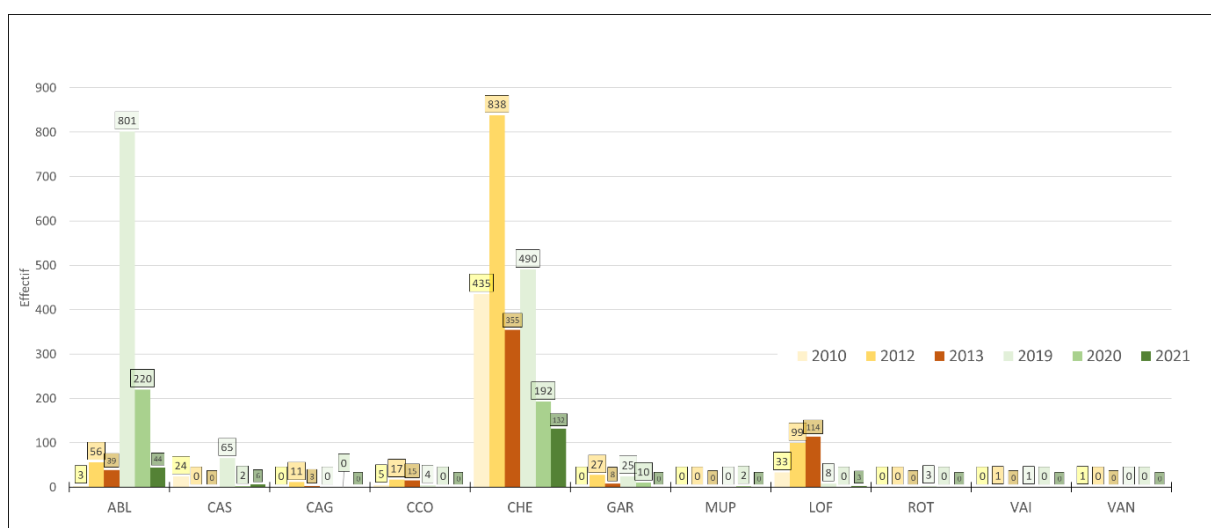
Les 6 populations d'anguilles sont à la fois composées d'individus potentiellement en migration anadrome et d'individus sédentarisés. Des anguilletes (stade intermédiaire sub-adulte des anguilles après le stade civelle) ont été inventoriés. Quatre anguilles femelles présentant un retard pour leurs migrations génésique (plus de 600 mm) ont été pêchées après travaux contre 1 avant travaux.

Graphique 33-Effectifs de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 (effectifs bruts) et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 (effectifs estimés par Méthode Carle & Strub) **Espèces exotiques envahissantes**



Concernant les espèces exotiques envahissantes, on note en 2019 l'apparition de l'écrevisse américaine. D'autre part, le poisson-chat a été inventorié une unique fois en 2010. Il y a une légère diminution des effectifs de perches soleil après travaux et la disparition de l'écrevisse américaine en 2021. Les effectifs de gambusies ont été beaucoup plus élevés en 2023 et 2019.

Graphique 34- Effectifs de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 (effectifs bruts) et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 (effectifs estimés par Méthode Carle & Strub) **Autres espèces**

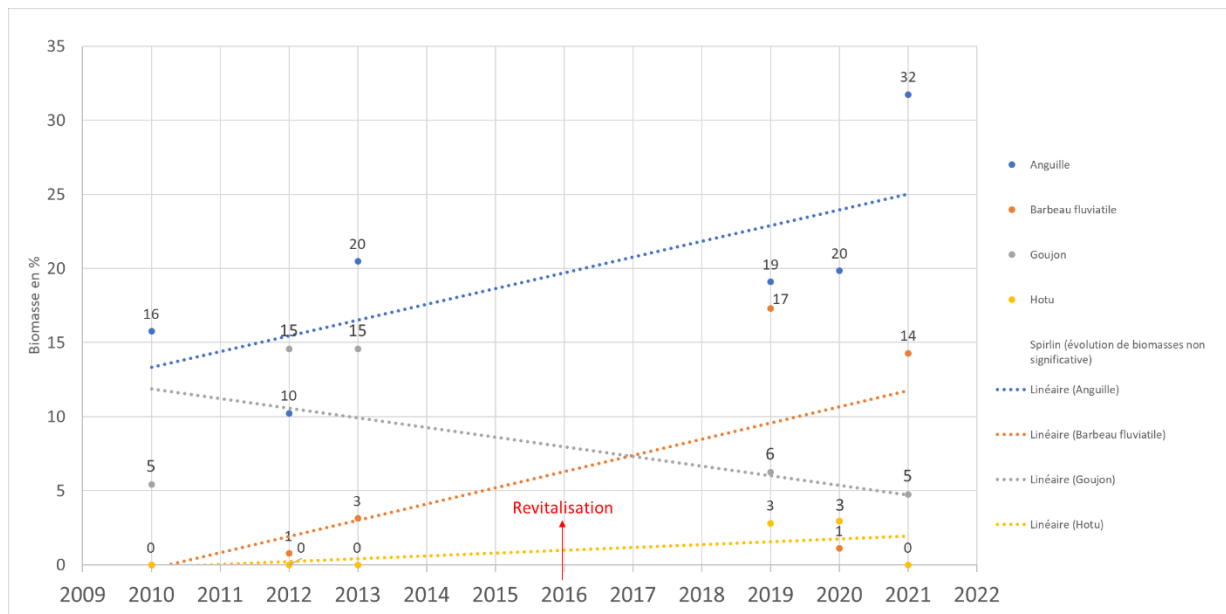


Au-delà des espèces repères, cibles et invasives ; les inventaires après travaux sont marqués par une explosion de la population d'ablette et une diminution drastique des loches franches et carpes. Le vairon a été pêché avant et après travaux, mais en très faible quantité (seulement deux individus). Le vairon est une espèce

avec une écologie plutôt exigeante notamment en ce qui concerne sa reproduction. Les œufs doivent être déposés sur un substrat de gravier propre et bien oxygénés (Philippart and Vranken, 1983).

Comparaisons quantitatives :

Graphique 35-Proportion de biomasse à l'hectare des espèces repères par rapport aux biomasses totales des pêches électriques du Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 : Espèces repères

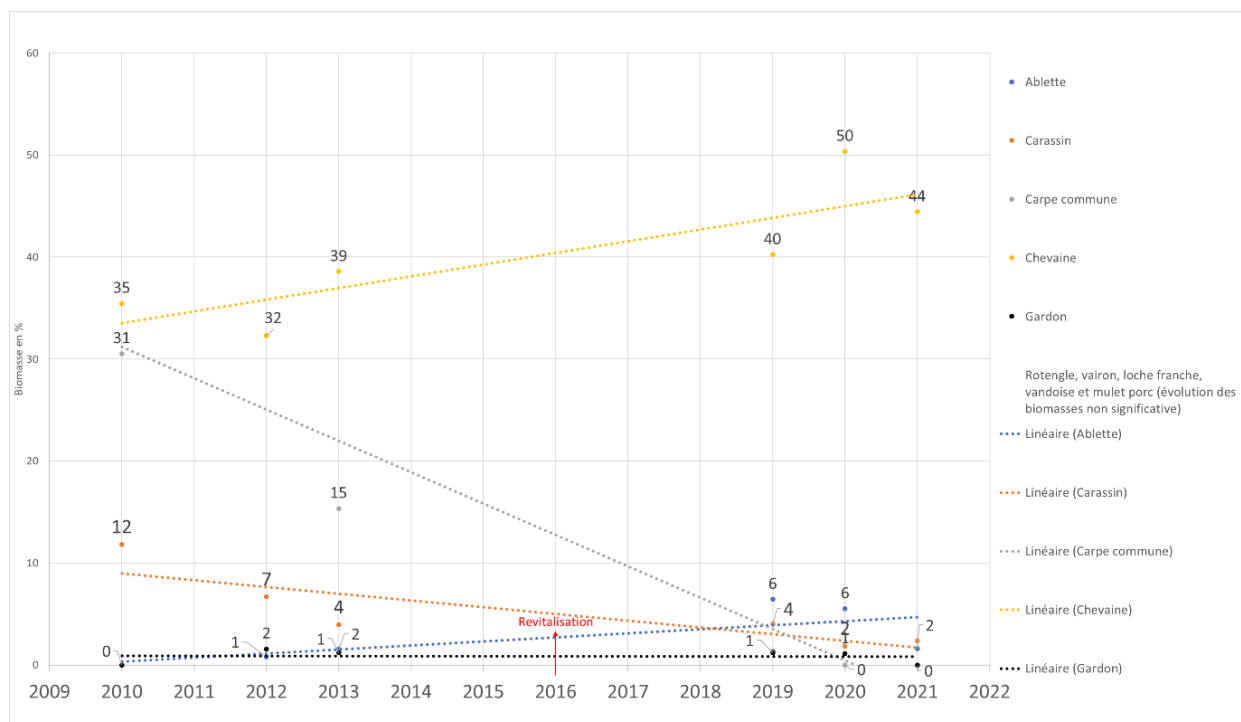


Pour les espèces repères (graphique 35), la biomasse sur les stations avant travaux est dominée par l’anguille et le goujon et par l’anguille et le barbeau fluviatile après travaux.

Le graphique montre une tendance à l’augmentation des proportions de biomasses pour les espèces repères entre la pêche de 2010 et 2021. Cependant, les biomasses du goujon semblent diminuées entre les pêches avant et après travaux.

Aucune évolution significative n’est mise en valeur pour le spirilin car sa biomasse à l’hectare est trop faible. De même pour les espèces exotiques envahissantes.

. Graphique 36-Proportion de biomasse à l'hectare des espèces repères par rapport aux biomasses totales des pêches électriques du Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 : **Espèces autres**

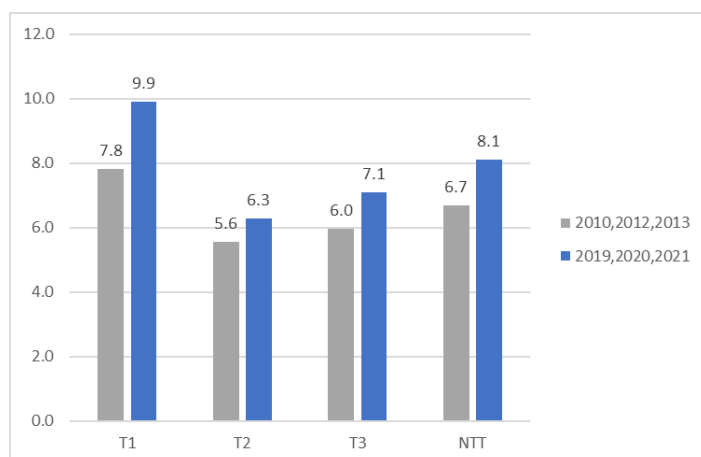


Pour les autres espèces (graphique 36), le chevaïne à la biomasse la plus élevée avant et après travaux. Les proportions de biomasses de la carpe commune et du carassin ont diminué durant la période étudiée. Au vu de l'augmentation de la biomasse des espèces repères (sauf le goujon) et de la diminution de la biomasse de certaines espèces tolérantes (carpe et carassin), nous pouvons noter une amélioration des proportions de biomasse suite à la revitalisation.

Comparaisons des indices poissons :

Biotypologie Verneaux :

Graphique 37-Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021



Les paramètres de la station ont été mesurés en 2010 et 2019 puis réutilisés pour les opérations suivantes. Concernant les trois composantes qui définissent le NTT, c'est la composante T1 qui est la plus élevée. Pour la station après travaux, le NTT est à 8.1 et 26 espèces ont été sélectionnées. Le NTT de la station avant travaux est de 6.7 pour 23 espèces sélectionnées.

Tableau 20-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Pont de Milhaud et Milhaud

| Espèces | Revitalisation | | | | | |
|---------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 2010 | 2012 | 2013 | 2019 | 2020 | 2021 |
| ABL | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| ANG | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance |
| BAF | Manquante | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Sur-abondance | Grande sous-abondance | Sous-abondance |
| BAM | - | - | - | - | - | - |
| BBG | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| BLE | - | - | - | - | - | - |
| BLN | - | - | - | - | - | - |
| BOU | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRB | - | - | - | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRE | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRO | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| CAS | Grande sur-abondance | Sur-abondance | Conforme | Conforme | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| CCO | Sur-abondance | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance | Grande sous-abondance | Manquante | Manquante |
| CHA | - | - | - | - | - | - |
| CHE | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance | Conforme |
| EPI | Manquante | Manquante | Manquante | - | - | - |
| EPT | - | - | - | - | - | - |
| GAR | Manquante | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Manquante |
| GOU | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance | Sur-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| GRE | - | - | - | - | - | - |
| HOT | Manquante | Manquante | Manquante | Sous-abondance | Sous-abondance | Manquante |
| LOF | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance | Manquante | Sous-abondance |
| LPP | - | - | - | - | - | - |
| OBR | - | - | - | - | - | - |
| PCH | Sur-abondance / Non attendue | - | - | Manquante | Manquante | Manquante |
| PER | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| PES | Conforme | Sur-abondance | Sur-abondance | Sous-abondance | Conforme | Sous-abondance |
| PSR | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| ROT | Manquante | Manquante | Manquante | Sous-abondance | Manquante | Manquante |
| SAN | - | - | - | Manquante | Manquante | Manquante |
| SDF | - | - | - | - | - | - |
| SPI | Manquante | Manquante | Manquante | Conforme | Manquante | Sous-abondance |
| TAC | - | - | - | - | - | - |
| TAN | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| TOX | - | - | - | Manquante | Manquante | Manquante |
| TRF | - | - | - | - | - | - |
| VAI | Manquante | Sous-abondance | Manquante | Sous-abondance | Manquante | Manquante |
| VAN | Manquante | Sous-abondance | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |

Les informations importantes concernant l'occurrence spécifique des inventaires sont :

- la présence du spiralin en 2019 et 2021
- le présence du hotu 2019 et 2020
- le manque du barbeau fluviatile en 2010

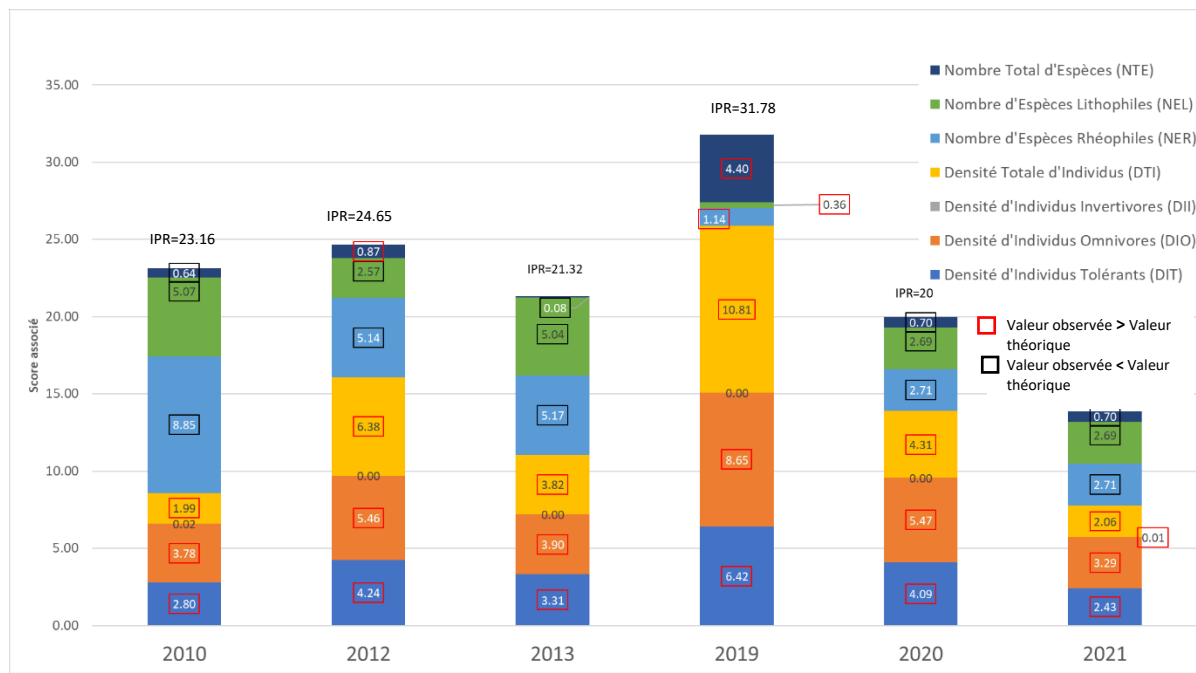
Il est important de noter l'absence de certaines espèces tolérantes (tolérantes à de basses conditions de qualité des eaux) comme la carpe ou le rotengle en 2020 et 2021.

Les abondances concernant l'anguille, l'espèce cible du contexte, sont satisfaisantes et stables sur les 3 ans. Selon la biotypologie de Verneaux, les abondances spécifiques après travaux sont davantage en conformité avec la théorie qu'avant travaux. En effet, il y a 2 abondances conformes avant travaux contre 4 après travaux. De plus, aucune espèce n'est en grande sur-abondance après travaux, mais les grandes sous-abondances ont augmenté.

La comparaison des abondances nous permet de constater une amélioration globale pour les espèces repères.

L'indice poisson rivière :

Graphique 38- Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021



Concernant les IPR des 6 pêches électriques, l'inventaire de 2019 est celui avec la note la plus élevée (31.8) et est qualifié de « médiocre ». En 2021 la note est la plus basse 13.9 (« bonne »). Les 3 IPR avant travaux sont similaires et sont qualifiés de « mauvais ». Il y a donc une amélioration de la note IPR après travaux.

Les métriques de densités sont, chaque année, supérieures à la théorie et les métriques d'occurrence sont inférieures à l'exception de 2019 où les occurrences sont également supérieures à la théorie. L'année 2019 est marquée par une diversité spécifique anormalement élevée selon l'IPR (14 espèces au lieu de 10).

Nous pouvons en déduire une amélioration de la note IPR à partir de 2019 notamment grâce à l'apparition de nouvelles espèces rhéophiles.

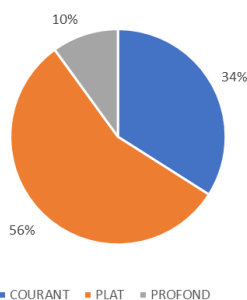
En ce qui concerne les occurrences spécifiques, le spirilin et le hotu, malgré le fait que ce sont des espèces repères du contexte, ont une probabilité de présence inférieure à 0.5 et apparaissent donc « non attendue ».

Tableau 21-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Pont de Milhaud et Milhaud

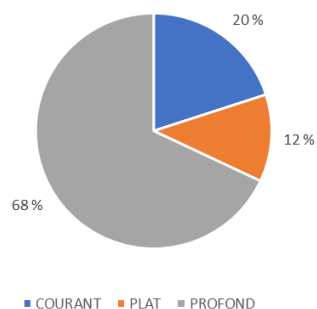
| Espèces | Revitalisation | | | | | |
|--------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2010 | 2012 | 2013 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Ablette | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Anguille | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Barbeau fluviatile | Manquante | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Barbeau méridional | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |
| Blageon | - | - | - | - | - | - |
| Bouvière | - | - | - | - | - | - |
| Brème | - | - | - | - | - | - |
| Brochet | - | - | - | - | - | - |
| Carassin | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Carpe commune | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Manquante | Manquante |
| Chabot | - | - | - | - | - | - |
| Chevaine | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Epinoche | - | - | - | - | - | - |
| Epinochette | - | - | - | - | - | - |
| Gardon | Manquante | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Manquante |
| Goujon | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Grémille | - | - | - | - | - | - |
| Hotu | - | - | - | Non attendue | Non attendue | - |
| Loche franche | Non attendue | Non attendue | Non attendue | Non attendue | - | Non attendue |
| Lote | - | - | - | - | - | - |
| Lamproie de Planer | - | - | - | - | - | - |
| Ombre | - | - | - | - | - | - |
| Poisson chat | Non attendue | - | - | - | - | - |
| Perche | - | - | - | - | - | - |
| Perche soleil | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme | Conforme |
| Rotengle | - | - | - | Non attendue | - | - |
| Sandre | - | - | - | - | - | - |
| Saumon | - | - | - | - | - | - |
| Spirin | - | - | - | Non attendue | - | Non attendue |
| Tanche | - | - | - | - | - | - |
| Toxostome | - | - | - | - | - | - |
| Truite | - | - | - | - | - | - |
| Vairon | Manquante | Conforme | Manquante | Conforme | Manquante | Manquante |
| Vandoise | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante | Manquante |

Comparaison des faciès d'écoulement :

Graphique 40- Proportion des faciès d'écoulement sur les trois pêches électriques du Vistre à la station "Milhaud"



Graphique 39-Proportion des faciès d'écoulement sur les trois pêches électriques du Vistre à la station "Pont de Milhaud"



La comparaison des faciès d'écoulement des stations avant et après travaux montre une diminution du faciès « plat » et une augmentation du « profond ». Ce changement important de faciès s'explique par les opérations de restauration écologique effectuées en 2016. Ces opérations ont notamment impliqué des travaux de terrassement dans le but de recréer un nouveau lit méandré. L'augmentation du faciès profond permet d'accueillir des individus de plus grandes tailles, qui sont de meilleurs géniteurs.

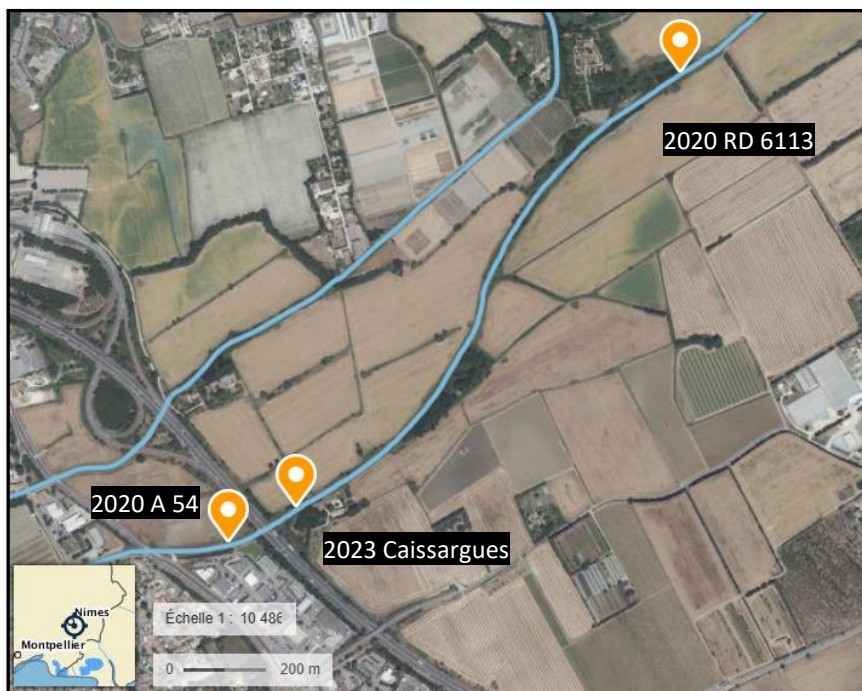
Bilan et perspectives :

En ce qui concerne le paramètre poisson, il y a eu une amélioration globale entre les pêches après travaux et avant travaux. D'autant plus que certaines densités après travaux sont sousreprésentés car la station n'est pas prospectable à pied à 100% et en 2021 une crue a pu impacter la présence de poisson sur la station. Cette amélioration est due notamment à l'augmentation d'espèces rhéophiles sensibles sur le site. La population d'anguille après travaux est composée d'individus de plus grande taille qui représente une biomasse plus importante à mettre en lien avec l'augmentation des faciès profond sur la station. Les espèces à suivre durant les prochains inventaires sur cette station sont le hotu et le spirilin.

4.1.4 « Le Vistre au Moulin Villard, Nîmes et Caissargues » (n°7)

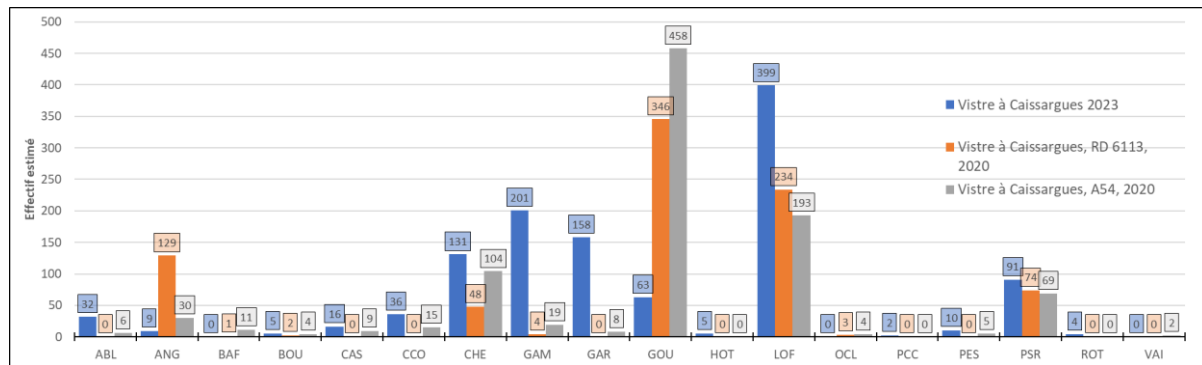
Le site revitalisé de Caissargues en 2021-2022 a fait l'objet d'inventaires piscicoles avant travaux le 24/09/2020. Les stations se situent juste en aval de la RD 6113 et en aval de l'A54. La première pêche après travaux a eu lieu le 27/06/2023 et se situe en amont de l'A54 à hauteur du moulin Villard. Les stations seront comparées car elles sont très proches (figure 11) et se situent sur une même portion revitalisée (carte 7). Pour la suite des analyses, on considérera les trois stations comme un seul site d'inventaire tout en prenant en compte le fait que la station Caissargues RD 6113 se trouve plus en éloigné que les deux autres.

Figure 10-Localisation des stations "Caissargues A54", "Caissargues 2023" et "Caissargues RD6113"



Comparaison des effectifs et classes de tailles :

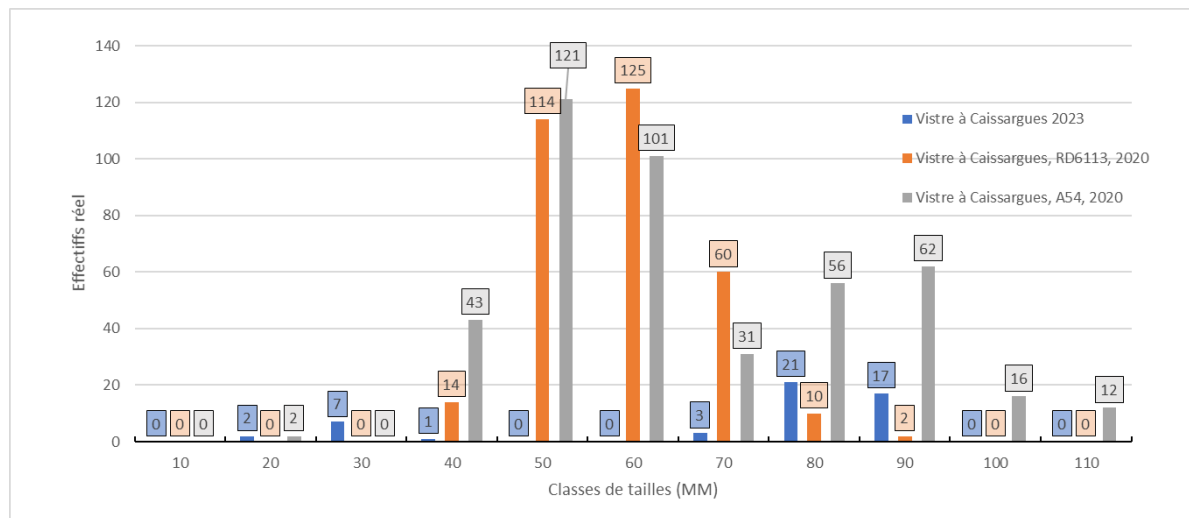
Graphique 41- Effectifs estimés de poissons capturés par pêche électrique sur le site revitalisé de Caissargues entre 2020 et 2023 (Méthode Carle & Strub)



Concernant les espèces repères du contexte, le barbeau fluviatile a été pêché avant travaux sur les deux stations avec notamment 11 individus sur la station "A54" mais n'a pas été inventorié en 2023. Les 12 barbeaux de 2020 appartiennent à la même classe de taille : entre 6 et 10cm.

Les goujons sont nettement moins représentés sur la pêche de 2023 avec seulement 63 individus pour 346 (RD6113) et 458 individus (A54) en 2020.

Graphique 42-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site revitalisé de Caissargues en 2020 et 2023

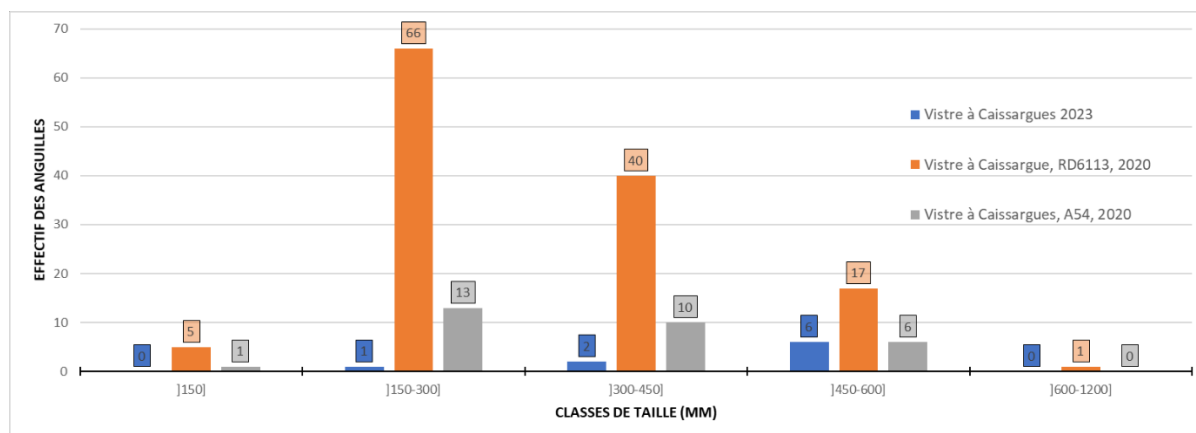


La structure de la population de goujon de la station A54 pêché en 2020 est la meilleure car elle comporte des alevins de l'année et beaucoup d'individus supérieurs à 8cm (taille maximale de l'espèce à 15cm). L'inventaire de 2023 montre qu'il y a eu un recrutement sur la station mais les effectifs d'alevins ne sont pas suffisants, seulement 9 individus inférieurs à 4 cm (reproduction mai-juin). A noter que les alevins de goujons sont facilement identifiables donc il est considéré que le lot d'alevins de cyprinidés non identifié de l'inventaire 2023 ne comporte aucun goujon.

Par ailleurs, il y a en 2023 l'apparition d'une nouvelle espèce repère rhéophile associée au contexte : le hotu. Il est possible que le hotu se soit reproduit sur le site revitalisé en 2023, en effet sa période de reproduction est entre mars et avril et les frayères se situent dans des zones peu profonde à fort courant (Nelva, 1985). Les alevins de hotu on peut être été intégrés dans le lot des 72 alevins de cyprinidés non identifiés. Cette espèce est un bon indicateur de la qualité du cours d'eau, l'évolution de la population est à suivre. Le spirin n'a pas été inventorié sur aucunes des trois stations.

L'Anguille est l'espèce cible, en 2023 seulement 9 individus ont été pêchés contre 30 en 2020 sur la station A54 et 129 sur la station RD6113.

Graphique 43-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le site revitalisé de Caissargues en 2020 et 2023



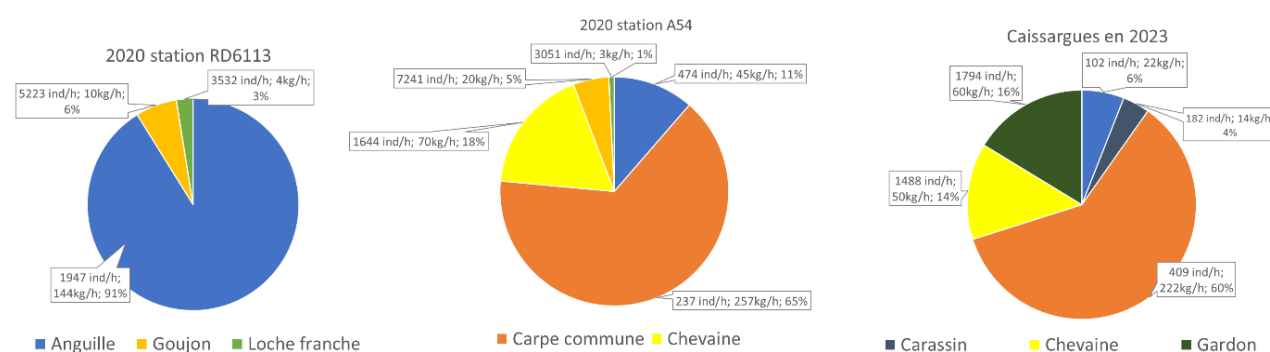
Les anguilles des trois pêches ont une taille comprise entre 120 et 670 mm. Les 3 populations d'anguilles sont à la fois composées d'individus potentiellement en migration anadrome et d'individus sédentarisés. Cependant, en 2020 des anguillettes (stade intermédiaire sub-adulte des anguilles après le stade civelle) ont été inventoriées sur les deux stations. Une anguille femelle présentant un retard pour sa migration génésique (plus de 600 mm) a été pêchée sur la station RD 6113 (Lambert et Rigaud 1999).

Concernant les espèces exotiques envahissantes, on note plus de pseudorasbora, gambusie et perche soleil en 2023. En effet, les invasives sont souvent les pionnières d'un milieu restauré. Il est probable que d'ici quelques années, ces dernières soient moins importantes avec le développement des autres espèces en fonction des nouveaux habitats disponibles.

Au-delà des espèces repères, cibles et invasives ; on note plus de loche franche, gardon, chevine, ablette, carassin, carpe commune et rotengle en 2023.

Comparaisons quantitatives :

Graphique 44- Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre Caissargues :

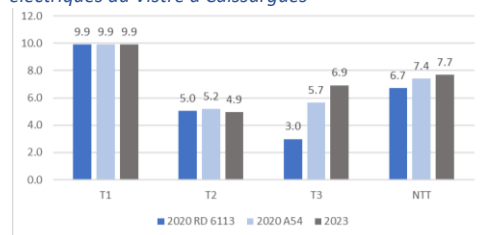


Concernant les biomasses spécifiques, il n'y a pas d'amélioration observée 1 an après les travaux. En effet, les proportions de biomasse spécifique de 2023 sont similaires à ceux de 2020 (A54) à l'exception des goujons, dont la biomasse n'est pas significative en 2023. Par ailleurs, le chevine, le gardon et la carpe commune représentent une part importante de la biomasse en 2023 (90%), ces trois espèces ont une écologie "tolérante" et traduisent dans ce contexte un milieu lentique.

La biomasse sur la station RD6113 en 2020 est largement dominée par les anguilles.

Comparaisons des indices poissons :**Biotypologie de Verneaux :**

Graphique 45- Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques du Vistre à Caissargues



Concernant les trois composantes qui définissent le NTT, c'est la composante T3 où l'écart entre les trois pêches est le plus élevé. Cet écart est dû à des différences de sections mouillées et de pentes pour la station RD 6113. Cependant, les trois NTT restent proches. Pour les stations de 2023 et l'A54 un NTT à 7.5 (24 espèces) a été choisi et pour la station RD 6113 un NTT à 6.5 (21 espèces).

Les informations importantes concernant l'occurrence spécifique des inventaires sont en 2023 : le manque du barbeau fluviatile, du vairon et du spirin et l'apparition du hotu. Il est important de noter l'absence de certaines espèces tolérantes (tolérante à de basse condition de qualité des eaux) comme la carpe ou le gardon sur la station RD6113 en 2020.

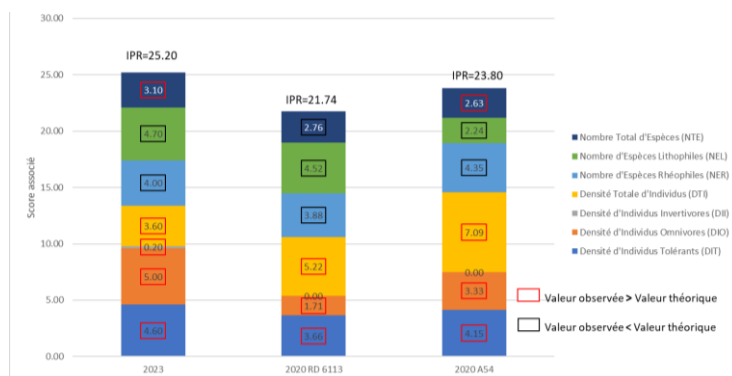
Les abondances concernant l'anguille, l'espèce cible du contexte, sont satisfaisantes. Malgré la présence du barbeau fluviatile en 2020, sa population était déjà fragile (grande sous-abondance). De même pour le Vairon sur la station A54 qui avec 1 seul individu pêché était en sous-abondance. En 2023 l'abondance du goujon se dégrade comparé aux inventaires de 2020.

Tableau 22-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Caissargues

| Espèces | RD6113 | Revitalisation | |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | A54 | 2023 |
| ABL | Manquante | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance |
| ANG | Sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance |
| BAF | Grande sous-abondance | Grande sous-abondance | Manquante |
| BAM | - | - | - |
| BBG | - | Manquante | Manquante |
| BLE | - | - | - |
| BLN | Manquante | - | - |
| BOU | Grande sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| BRB | - | - | - |
| BRE | Manquante | Manquante | Manquante |
| BRO | Manquante | Manquante | Manquante |
| CAS | Manquante | Sur-abondance | Sur-abondance |
| CCO | Manquante | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance |
| CHA | - | - | - |
| CHE | Grande sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| EPI | - | - | - |
| EPT | - | - | - |
| GAR | Manquante | Grande sous-abondance | Sous-abondance |
| GOU | Sous-abondance | Sous-abondance | Grande sous-abondance |
| GRE | - | - | - |
| HOT | Manquante | Manquante | Grande sous-abondance |
| LOF | Sous-abondance | Sous-abondance | Sous-abondance |
| LPP | - | - | - |
| OBR | - | - | - |
| PCH | - | - | - |
| PER | Manquante | Manquante | Manquante |
| PES | Manquante | Grande sur-abondance | Grande sur-abondance |
| PSR | Grande sur-abondance | Sur-abondance | Sur-abondance |
| ROT | - | Manquante | Sur-abondance |
| SAN | - | - | - |
| SDF | - | - | - |
| SPI | Manquante | Manquante | Manquante |
| TAC | - | - | - |
| TAN | - | Manquante | Manquante |
| TOX | - | - | - |
| TRF | - | - | - |
| VAI | Manquante | Sous-abondance | Manquante |
| VAN | Manquante | Manquante | Manquante |

L'Indice poisson rivière :

Graphique 46-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques du Vistre à Caissargues :



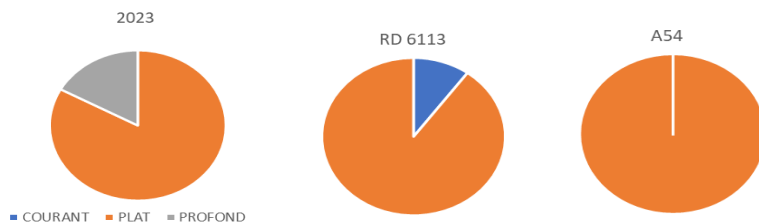
Concernant les IPR des trois pêches électriques, l'inventaire de 2023 est celui avec la note la plus élevée (25.20) et est qualifié de « mauvais » tandis que les IPR de 2020 sont « médiocre ». La densité d'individu omnivores (DIO) explique en partie la note supérieure en 2023 notamment avec des densités de carpe, gardon et chevaîne trop élevées. A noter que sans le vairon inventorié à l'A54 en 2020, la note IPR passerait de 23.80 à 25.

En ce qui concerne les occurrences, le barbeau fluviatile était non attendu en 2020 mais avec une probabilité de présence tout de même élevée ($p=0.406$ pour RD 6113 et 0.497 pour l'A54). Les occurrences du goujon sont conformes sur les 3 inventaires. Le hotu, espèce repère du contexte, est non attendue selon le modèle théorique de l'IPR. Le vairon est manquant en 2023 et sur la station RD6113 en 2020. Le nombre total d'espèces inventoriées sur la station RD6113 est inférieur à la théorie à la différence de l'A54 ou la pêche de 2023. L'absence du barbeau fluviatile en 2023 est compensée par l'apparition d'une nouvelle espèce d'une écologie similaire : le hotu.

Le manque du barbeau méridional dégrade la note IPR mais n'est pas présent historiquement sur le bassin.

Comparaison des faciès d'écoulement :

Graphique 47- Proportion des faciès d'écoulement sur les trois pêches électriques du Vistre à Caissargues :



La localisation des 3 stations n'est pas la même, les faciès d'écoulement ne peuvent donc pas être comparés entre eux. Cependant, une hypothèse sur la relation entre les faciès et les populations de poissons peut être émise et est à confirmer dans le futur. La station de 2023 est la seule qui possède des faciès profonds (profondeur > 60cm), elle est également celle où il y a eu le plus d'espèces limnophiles et tolérants comme la carpe, le carassin ou le gardon.

Tableau 23-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Caissargues

| Espèces | Revitalisation | | |
|--------------------|----------------|--------------|--------------|
| | RD6113 | A54 | 2023 |
| Ablette | - | Non attendue | Non attendue |
| Anguille | Conforme | Conforme | Conforme |
| Barbeau fluviatile | Non attendue | Non attendue | - |
| Barbeau méridional | Manquante | Manquante | Manquante |
| Blageon | - | - | - |
| Bouvière | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Brème | - | - | - |
| Brochet | - | - | - |
| Carassin | - | Non attendue | Non attendue |
| Carpe commune | Manquante | Conforme | Conforme |
| Chabot | - | - | - |
| Chevaîne | Conforme | Conforme | Conforme |
| Épinoche | - | - | - |
| Épinochette | - | - | - |
| Gardon | Manquante | Conforme | Conforme |
| Goujon | Conforme | Conforme | Conforme |
| Grémille | - | - | - |
| Hotu | - | - | Non attendue |
| Loche franche | Non attendue | Non attendue | Non attendue |
| Lote | - | - | - |
| Lamproie de Planer | - | - | - |
| Ombre | - | - | - |
| Poisson chat | - | - | - |
| Perche | - | - | - |
| Perche soleil | Manquante | Conforme | Conforme |
| Rotengle | - | - | Non attendue |
| Sandre | - | - | - |
| Saumon | - | - | - |
| Spirilin | - | - | - |
| Tanche | - | - | - |
| Toxostome | - | - | - |
| Truite | - | - | - |
| Vairon | Manquante | Conforme | Manquante |
| Vandoise | - | - | - |

Résumé des codes pathologiques sur la station de Caissargues en 2023 :

1. Principales lésions sur la station et espèces

Les principales pathologies (toutes espèces) sont :

- 1) les nécroses
- 2) les hémorragies et état pathologique multiforme
- 3) les érosions
- 4) les plaies et lésions anciennes
- 5) l'absence d'organes

2. Espèces les plus impactées

L'espèce la plus impactée est le chevine (19 individus sur 30), suivi par l'ablette (6 individus sur 17), puis par le gardon (10 individus sur 30).

3. Indices pathologiques

Tableau 24-- Résultats codes pathologiques et indices pathologiques : Caissargues 2023

| Espèces touchées | code pathologique | | indice pathologique | | | |
|------------------|-------------------------|---|--|------------------------|---|------------------------|
| | prévalence peuplement % | classe de qualité de l'eau associée à la prévalence | indice pathologique global IPG (max=8) | Condition des poissons | Indice parasitaire globale IpG (max =4) | condition des poissons |
| GAR | 33,3 | médiocre | 0,47 | précaire | | |
| CHE | 63,33 | mauvaise | 1,13 | dégradée | | |
| ABL | 35,29 | mauvaise | 0,65 | précaire | | |
| Sur la station | 43,97 | mauvaise | 0,75 | précaire | | |

D'après l'utilisation de l'outil « code pathologique », la qualité de l'eau (associée à la prévalence) est considérée comme « médiocre » pour le gardon et « mauvaise » pour le chevine et l'ablette.

En utilisant l'outil « Indice pathologique », la condition du gardon et de l'ablette est jugée comme « précaire », celle du chevine « dégradée ».

En considérant la station dans sa globalité, le vistre à Caissargues en 2023, possède une qualité de l'eau (associée à la prévalence) « mauvaise » et la condition pathologique des poissons est considérée comme « précaire ».

Bilan et perspectives :

En ce qui concerne le paramètre poisson, il n'y a pas d'amélioration globale à noter entre l'état des lieux de 2020 et la première pêche après travaux (1 an après). Cependant, en termes d'occurrence d'espèce, le hotu (espèce repère) a été inventorié pour la première fois cette année sur le secteur revitalisé de Caissargues. Il a été inventorié seulement à 2 reprises sur la station du Vistre à Milhaud en 2020 et 2019. De plus, le retour du barbeau fluviatile est attendu pour les prochains inventaires et les abondances de goujon sont à suivre.

4.2 Croisement et interprétation des résultats du Vistre (approche globale)

4.2.1 Thermie du cours d'eau

Les températures moyennes journalières ne sont pas disponibles tous les jours de l'année.

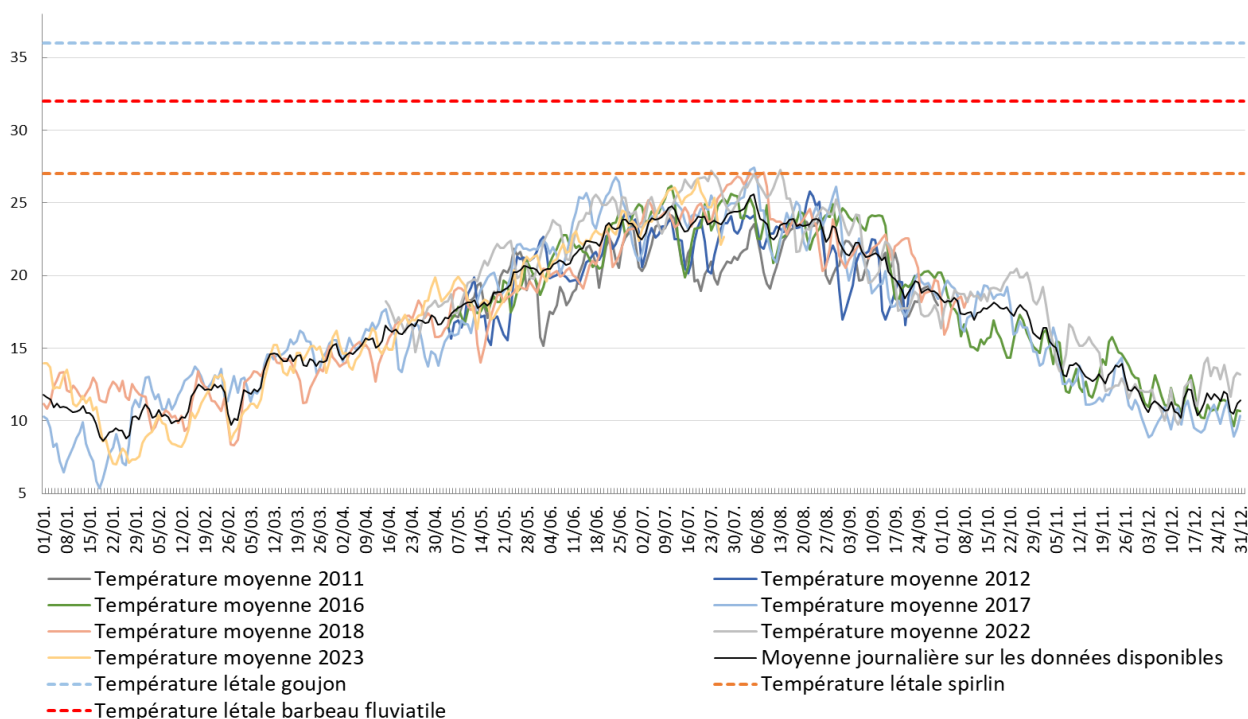
Les dates de début et de fin de suivi pour chaque année sont :

| | 2011 | 2012 | 2016 | 2017 | 2018 | 2022 | 2023 |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Date début suivi | 05/05/2011 | 04/05/2012 | 04/05/2016 | 01/01/2017 | 01/01/2018 | 15/04/2022 | 01/01/2023 |
| Date fin suivi | 30/09/2011 | 23/09/2012 | 31/12/2016 | 31/12/2017 | 10/10/2018 | 31/12/2022 | 27/07/2023 |
| Durée (en j) | 149 | 143 | 242 | 365 | 283 | 261 | 208 |

Tableau 25-Date de début et fin du suivi de la thermie de l'eau du Vistre à Vestric-et-Candiac

Les données de températures les plus importantes sont celles en période estivale, afin de définir si la température létale a été atteinte pour certaines espèces. Les températures de 2023 ne couvrent pas la totalité de la période estivale car pour des raisons techniques, les données de la sonde ont été récoltées en juillet et ne seront pas relevées avant la fin du stage.

Graphique 48- Température moyenne journalière de l'eau sur le Vistre à Vestric-et-Candiac et température létale des espèces repères du contexte



La température létale du hotu et de l'anguille n'est pas disponible.

La température létale du spirilin a été dépassée à 6 reprises durant la période du suivi, le : 04/08/2017 ; 05/08/2017 ; 23/07/2022 ; 08/08/2018 ; 05/08/2022 ; 13/08/2022 (graphique 48)

Les températures létales pour le goujon et le barbeau fluviatile ne sont pas dépassés sur la période de suivi.

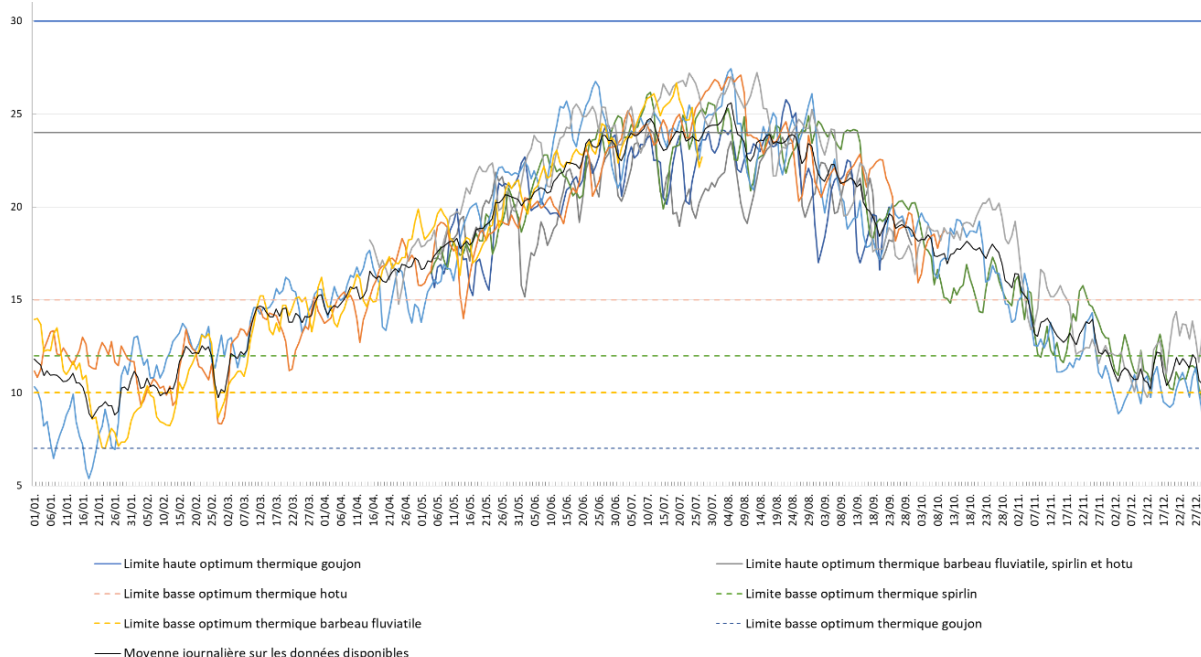
La lecture des données des températures moyennes journalières inter-annuelles nous permettent de définir des périodes approximatives pendant lesquelles les espèces repères du contexte son toutes dans leur préférendum thermique (graphique 49).

Ces périodes sont :

- 7/04 -> entrée dans la zone optimale par la limite basse de la zone de confort sans redescendre en dessous
- 08/07 -> dépassement de la limite haute mais fluctuation dessous/dessus de la limite haute

- 06/08 -> retour dans la zone de confort
- 05/11 -> sortie de la zone de confort par la limite basse

Graphique 49-Température moyenne journalière de l'eau sur le Vistre à Vestric-et-Candiac et preferendum thermique des espèces repères du contexte

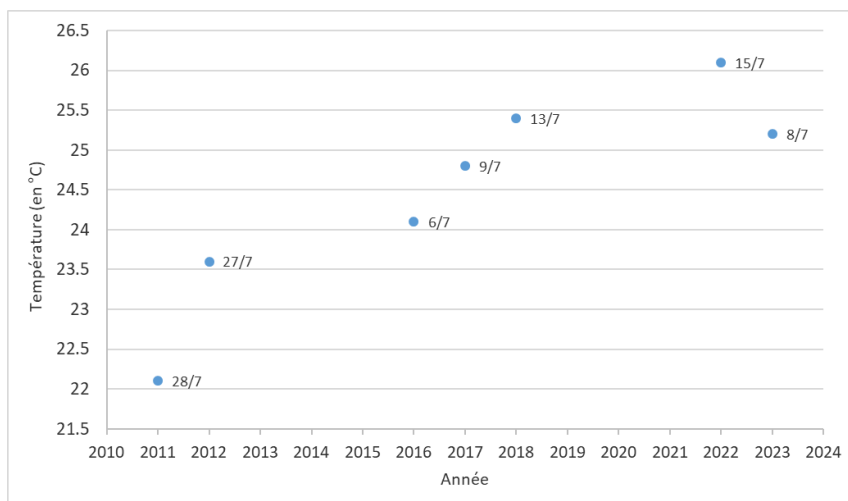


Cette période équivaut à 190 jours sur une année entière. Ces résultats seront mis en relation avec les dates des inventaires des pêches électriques.

Le préférendum thermique de l’anguille s’étend de 0° à 30°, c’est une espèce tolérante à de grandes variations de température. La température permet difficilement d’expliquer des variations dans les populations d’anguille.

La température des 30 jours consécutifs annuel les plus chauds est une information intéressante pour étudier le réchauffement de l’eau au cours des années ainsi que l’impact qu’il peut avoir sur les poissons. Durant le suivi, cette température n’a cessé d’augmenter : +4°c entre 2011 et 2022 (graphique 50). Le suivi de 2023 s’arrête en juillet, on suppose que la température des 30 jours consécutifs les plus chauds a augmenté depuis que la sonde a été relevée.

Graphique 50-Température moyenne des 30 jours les plus chauds mesurées chaque années et dates médianes correspondantes



4.2.2 Densités et biomasses globales moyennes

Les densités et biomasses moyennes ci-dessous sont calculées à partir de 12 opérations avant travaux et 9 après travaux. Les estimations des inventaires réalisés par l'OFB sont calculées par la méthode De Lury alors que la fédération de pêche du Gard utilise la méthode de Carle and Stubs. Les différences d'estimations entre les deux méthodes n'affectent pas les résultats de manière significative.

| Légende des tableaux de comparaison des densités et biomasses à l'hectare avant et après travaux | |
|--|---|
| | Facteur > 0.6 et <1 (une diminution faible) |
| | Facteur > 0.3 et <0.6 (une diminution forte) |
| | Facteur > 0 et <0.3 (une diminution très forte) |
| | Facteur > 0 et <5 (une augmentation faible) |
| | Facteur > 5 et <10 (une augmentation forte) |
| | Facteur > 10 (une augmentation très forte) |

*Note: Le logiciel de traitement des inventaires Wamma ne renseigne pas la biomasse à l'hectare si elle est inférieure à 1kg/h. La moyenne des biomasses à l'hectare d'une espèce est égale à 0.0 lorsque sa biomasse estimée n'a pas dépassé 1kg/h lors des inventaires.

Tableau 26- Tableau et légende de comparaison des densités d'individus et biomasses à l'hectare avant et après travaux

| Espèces | Densité/h moyenne | | | Biomasse/h moyenne | | | |
|------------------------|-------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|-------------|
| | repères et cibles | avant travaux | après travaux | Facteur* | avant travaux | après travaux | Facteur* |
| Anguille d'europe | | 2031 | 1641 | 0.8 | 140.7 | 104.0 | 0.7 |
| Barbeau fluviatile | | 39 | 504 | 13.0 | 1.0 | 13.3 | 13.3 |
| Goujon | | 4501 | 3786 | 0.8 | 14.3 | 12.2 | 0.9 |
| Hotu | | - | 20 | Apparition | - | 2.7 | Apparition |
| Spirilin | | - | 10 | Apparition | - | 0.0 | Apparition |
| exotiques | | | | | | | |
| Gambusie | | 94 | 1070 | 11.4 | 0.0 | 1.0 | +1kg/h |
| Ecrevisse américaine | | 9 | 16 | 1.8 | 0.1 | 0.2 | 2.7 |
| Ecrevisse de Louisiane | | 105 | 62 | 0.6 | 1.5 | 0.7 | 0.4 |
| Perche soleil | | 17 | 50 | 3.0 | 0.3 | 1.4 | 5.8 |
| Pseudorasbora | | 163 | 472 | 2.9 | 0.6 | 1.2 | 2.1 |
| Poisson chat | | 12 | 4 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.3 |
| Autres | | | | | | | |
| Ablette | | 158 | 1511 | 9.6 | 0.8 | 5.9 | 7.9 |
| Bouvière | | 8 | 86 | 11.1 | 0.0 | 0.2 | +0.2kg/h |
| Brème bordelière | | 2 | 0 | Disparition | 0.0 | 0.0 | Disparition |
| Carassin | | 219 | 383 | 1.7 | 61.5 | 40.0 | 0.7 |
| Carassin doré | | 71 | 0 | Disparition | 23.0 | 0.0 | Disparition |
| Carassin argenté | | 56 | 158 | 2.8 | 19.3 | 23.7 | 1.2 |
| Carpe commune | | 157 | 129 | 0.8 | 145.1 | 116.1 | 0.8 |
| Carpe miroir | | 2 | 0 | Disparition | 4.3 | - | Disparition |
| Chevaine | | 2497 | 3147 | 1.3 | 61.9 | 136.1 | 2.2 |
| Epinoche | | 1 | 0 | Disparition | 0.0 | - | Disparition |
| Gardon | | 98 | 993 | 10.1 | 4.1 | 36.0 | 8.8 |
| Mulet cabot | | 9 | - | Disparition | 0.9 | - | Disparition |
| Milet porc | | 1 | 3 | 4.8 | 0.0 | 3.6 | +3.6kg/h |
| Loche franche | | 536 | 849 | 1.6 | 0.9 | 0.8 | 0.8 |
| Rotengle | | - | 12 | Apparition | - | 0.4 | Apparition |
| Perche | | 2 | - | Disparition | 0.0 | - | Disparition |
| Vairon | | 6 | 1 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Vandoise | | 1 | - | Disparition | 0.0 | - | Disparition |

Le Vistre amont est caractérisé par une diversité taxonomique importante, 29 espèces différentes ont été inventoriées sur la zone d'étude depuis 2001.

Concernant les espèces repères, on observe une explosion (x13) de la densité et de la biomasse à l'hectare du barbeau fluviatile après les travaux de restauration. On observe également l'apparition du hotu et du spirin, mais en faible densité : 20 et 10 individus à l'hectare. Par ailleurs, les densités et biomasses du goujon diminuent légèrement. L'anguille est également moins présente après les travaux, elle passe d'une moyenne de 2031 à 1641 individus à l'hectare et 140,7 à 104 kilogrammes à l'hectare.

Aucune nouvelle espèce exotique envahissante n'a été découverte lors des inventaires après travaux. Cependant la population de gambusie a explosé (densité x11), les écrevisses américaines, perches soleils et pseudorasboras ont augmenté dans une moindre mesure.

Concernant les autres espèces, on observe une très grande augmentation de la population d'ablette, de bouvière et de gardon. La bouvière est une espèce protégée sur l'ensemble du territoire national selon l'arrêté du 8 décembre 1988 (article 1) au même titre que la vandoise. Ces deux espèces ont des écologies particulières. La vandoise est très sensible aux aménagements et à la pollution (Philippart, 1981) et la bouvière à une relation de parasitisme réciproque avec une moule (Anodonta) (Damme, 2007). La Vandoise n'a pas été retrouvée après travaux.

Il est possible d'établir une relation entre les évolutions de tailles et les évolutions de densités et biomasses (S Tomanova, 2010) entre les pêches avant et après travaux :

- lorsque la biomasse augmente indépendamment de la densité, la structure de la population est composée davantage d'individus de grande taille (plus lourd)

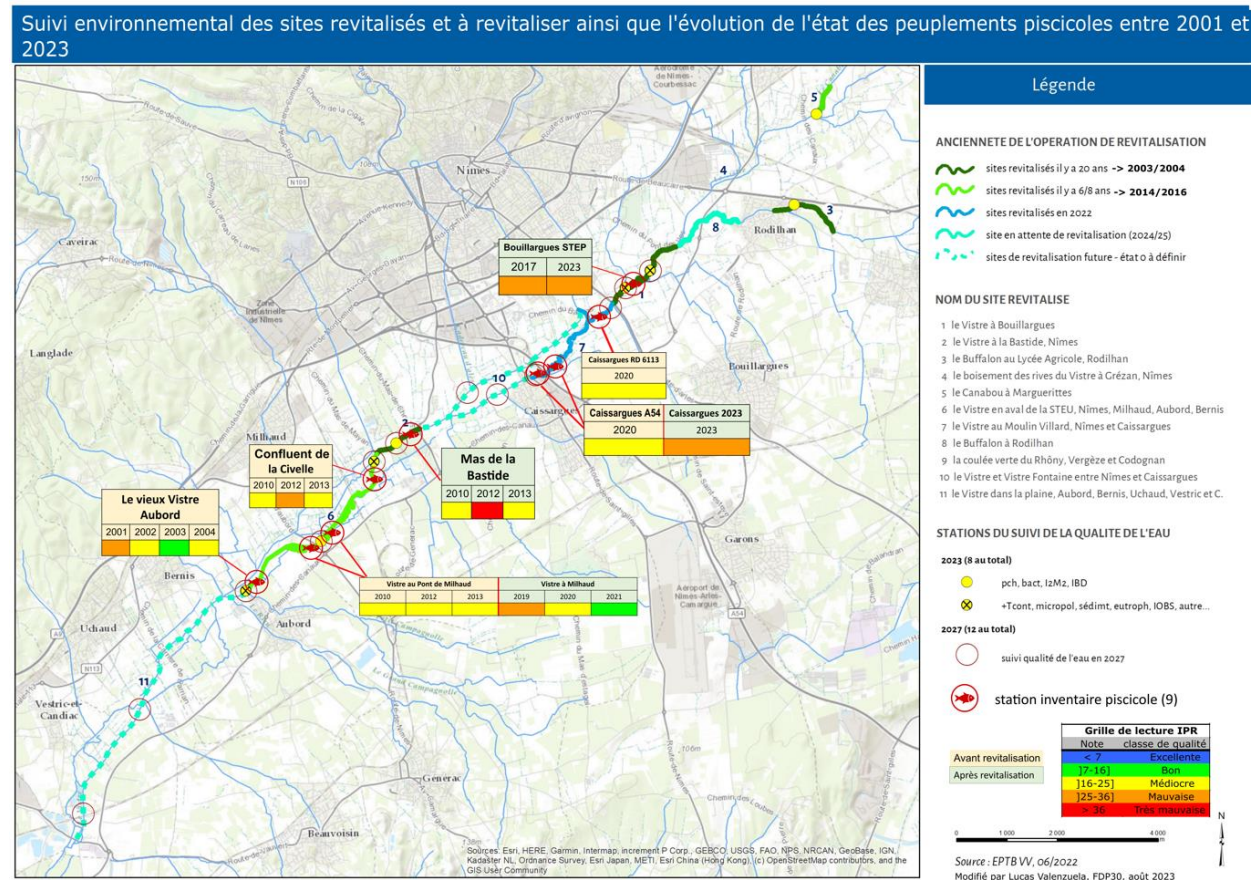
- lorsque la densité augmente indépendamment de la biomasse, la structure de la population est composée davantage de petits individus (légers).

Grâce à cette relation, on peut constater qu'il y a de légères modifications de structure pour certaines espèces :

- les populations de loches franches et de carassin inventoriés après travaux sont composées davantage de petits individus
- les barbeaux fluviatile sont beaucoup plus nombreux mais également plus grands qu'avant travaux : facteur de 13 pour la densité contre 13.3 pour la biomasse.

4.2.3 L'Indice Poisson Rivière

Carte 8-Schéma du suivi environnemental des sites revitalisés et à revitaliser ainsi que l'évolution de l'état des peuplements piscicoles entre 2001 et 2023 (EPTB V, 2022 ; modifié par Lucas Valenzuela (fdppma30), 2023)



Au regard de l'IPR, la qualité écologique au travers du paramètre poisson du bassin amont du Vistre est très hétérogène, elle oscille entre bonne et très mauvaise. Les 12 classes d'IPR sur la zone d'étude avant travaux comptent : 1 bon état, 9 médiocres et 2 mauvais états. Sur les 9 IPR après travaux, 1 est qualifié de bon, 3 de médiocre, 4 de mauvais et 1 de très mauvais (carte 8). Les résultats sont également variables à l'échelle d'un même tronçon revitalisé, comme sur le site n°6 ou les classes s'étales de bonne à mauvaise. Des évolutions de note sont aussi observées au sein d'une même station. Cependant, il est difficile de tirer des conclusions concernant l'impact des travaux sur la note IPR en l'absence d'état référence sur certaines stations comme à « Bouillargues STEP » et « Mas de la Bastide ». De même pour les stations ayant fait l'objet d'inventaires avant travaux seulement comme « Le vieux Vistre Aubord », « Confluent de Civelles » et « Caissargues RD 6113 ».

Les travaux de revitalisation modifient la morphologie de la rivière : pentes des berges, faciès, substrat, l'action mécanique des engins dans le lit modifie les compartiments biologiques. Suite aux perturbations, le retour de la faune piscicole sur les stations se fait dans un premier temps par les espèces pionnières¹³. Dans le Vistre, les espèces exotiques envahissantes ont généralement une capacité de reconquête plus élevée que les autres et sont donc des espèces pionnières. De ce constat, plusieurs hypothèses peuvent être émises à partir des notes IPR.

Ce phénomène explique le fait que la note IPR d'après travaux (n+1) sur le Vistre à Caissargues soit moins

¹³ Espèce de début de succession écologique (par exemple colonisant un milieu qui vient d'être perturbé, une coupe forestière, INPN).

bonne qu'avant travaux. Nous pouvons en conclure que le site n'a pas totalement cicatrisé à n+1 après les travaux. A noter que l'IPR change de classe, mais la différence entre les notes est faible : IPR A54 = 23.80 ; IPR 2023 = 25.20.

En ce qui concerne le suivi à Milhaud (« Pont de Milhaud » et « Milhaud »), on observe une dégradation à n+3 après les travaux (2019) puis une dynamique à l'amélioration en 2020 et 2021. Au vu du constat précédent, une hypothèse est envisageable : le temps de réponse positive aux travaux concernant les populations piscicoles du Vistre est de 4 ans. De cette hypothèse, on peut imaginer une amélioration de la note IPR sur la station de Caissargues à partir de 2026.

Il est difficile de tirer des conclusions pour les stations sans données sur l'état de référence (Bastide, Bouillargues) ou post travaux (Civelle, Aubord, Caissargues RD6613).

Cependant, des hypothèses peuvent être émises :

- Les qualités mauvaises identifiées sur le site n°1 (Bouillargues) en 2017 et 2023 peuvent être dû à une revitalisation peut fonctionnelle en 2004 car ce site était un site « pilote ». L'implantation du Castor a également pu impacter la note IPR.
- Les stations à la confluence de la Civelle et au pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013 peuvent être considéré comme des stations dite témoins altérés¹⁴ (TA) pour les inventaires de la même année à la Bastide. Partant de ce principe, une meilleure note IPR serait attendue à la Bastide comparée à ces deux stations TA. Cependant, la qualité ne semble pas être meilleure sur la zone restaurée n°2. Il est important de préciser qu'en 2010, seulement quelques linéaires du Vistre était revitalisé.

4.2.4 Biotypologie de Verneaux

Le tableau ci-dessous compare les classes d'abondances des espèces repères et cibles entre les inventaires avant travaux et après travaux. Pour rappel, le modèle biotypologique de Verneaux n'a pas été appliqué aux inventaires à Aubord pour cause de manque de données fiables pour la température des 30 jours consécutifs les plus chauds. C'est pourquoi, le jeu de données est composé de 9 analyses typologiques avant travaux et 9 après.

Tableau 27-Tableau de comparaison des occurrences et abondances (biotypologique de Verneaux) avant et après travaux pour les espèces repères et cible :

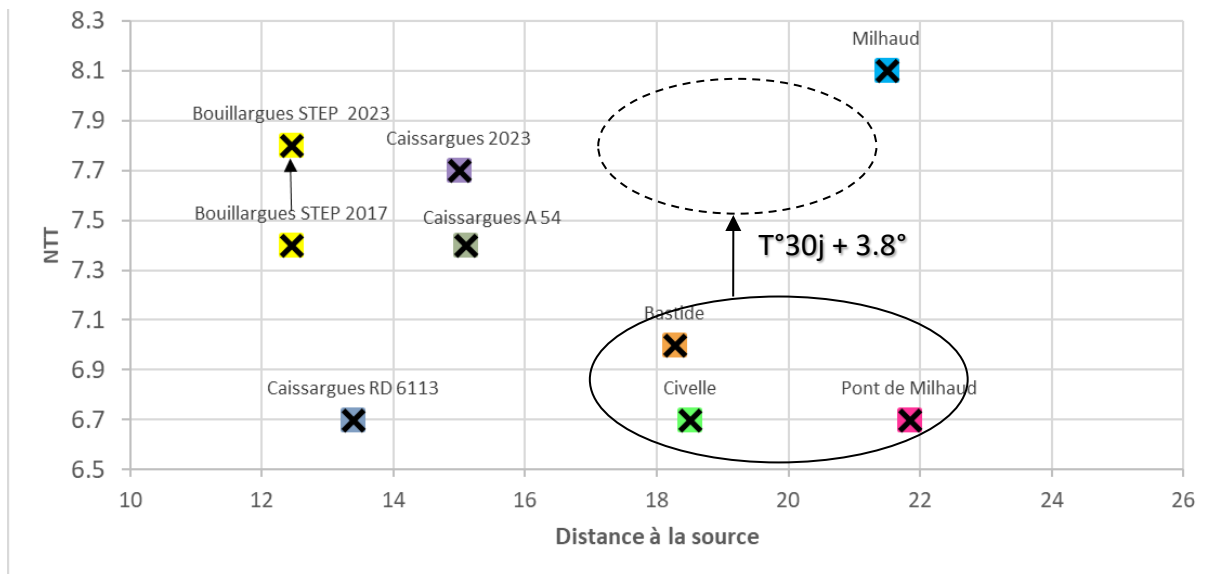
| | Avant travaux | | | | | Après travaux | | | | | | |
|-----|---------------|-------------------|------------|----------|-----------|------------------|-----------|-------------------|------------|----------|-----------|------------------|
| | Manquante | Grande sous-abon' | Sous-abon' | Conforme | Sur-abon' | Grande sur-abon' | Manquante | Grande sous-abon' | Sous-abon' | Conforme | Sur-abon' | Grande sur-abon' |
| ANG | | | | | 8 | | | | | | 9 | |
| BAF | 4 | 4 | | | | 5 | 2 | 1 | | | 1 | |
| GOU | | 1 | 7 | | | | 4 | 3 | | | 2 | |
| HOT | 8 | | | | | 5 | 1 | 2 | | | | |
| SPI | 8 | | | | | 7 | | 1 | 1 | | | |

Les abondances des anguilles, espèce cible du contexte, sur les inventaires avant et après travaux sont bonnes et stables. Les populations de barbeaux fluviatiles étaient fragiles avant travaux (4 manquantes et 4 grandes sous-abondances) et le sont toujours après travaux (majorité de manquante). Cependant, on retrouve après travaux une population en sur-abondance à Milhaud en 2019, ce qui est un bon signe dans la mesure où le barbeau peine à s'implanter sur la zone d'étude. Le constat est similaire pour les goujons, la sur-abondance des 2 populations traduit une amélioration de la qualité du cours d'eau. Les abondances du hotu et du spirilin après travaux sont fragiles mais leur seule présence est une excellente nouvelle car ils n'étaient pas observés

avant les travaux.

Pour aller plus loin, un graphique montrant les variations de NTT entre les stations en fonction de leur position sur le linéaire du cours d'eau est présenté ci-dessous :

Graphique 51-Niveau Typologique Théorique des stations sur le Vistre amont en fonction de leur distance à la source



Les niveaux typologiques varient entre B8 et B6+ sur le linéaire étudié et la richesse spécifique attendue varie de 30 à 24 espèces. Les NTT ont une tendance à la diminution vers l'aval de la zone d'étude. Cependant, selon le modèle théorique de Verneaux le nombre d'espèces théoriquement présente devrait augmenter avec l'augmentation de la distance à la source. Cette anomalie peut être expliquée par les différents paramètres abiotiques saisis pour le calcul du NTT. Pour les stations à la Bastide, Civelles et au pont de Milhaud inventoriées en 2010, 2012 et 2013 la température choisie des 30 jours consécutifs les plus chauds de l'eau a été de 22.1°C (données sur l'année 2011). En parallèle, le NTT pour les inventaires de la station de Milhaud en 2019, 2020 et 2021 a été calculé à partir d'une température de 25.9°C (données sur l'année 2019). Si l'on recalcule le NTT des stations anciennement inventoriées en ajoutant 3.8°C, leur NTT augmente de quasiment 1 niveau. Pour la station de Bouillargues, on observe une augmentation du NTT entre 2017 et 2023. Cette augmentation est due à un changement hydromorphologique induit par l'implantation du castor à proximité de la station. La section mouillée de la station est passée de 0.81m² à 2.04m². Cependant, au vu de la faible augmentation du NTT, nous avons choisi le même spectre d'espèces pour la comparaison des abondances, celui du NTT à 7.5 (tableau 8).

La station Caissargues RD 6113 a un biocénotype inférieure comparé aux stations voisines. Cette différence est liée à une pente qui est très localement plus élevée sur cette portion du linéaire : 3.4% contre en moyenne 1.5% sur le reste du contexte. De plus, la station Caissargues 2023 a un NTT différents que celui à Caissargues A54 pourtant très proche car les données morphologiques sont différentes. Les travaux de revitalisation sont à l'origine de ce changement.

Le tableau met donc en valeur les dynamiques naturelles du cours d'eau (castor à Bouillargues) ainsi que les effets de la revitalisation sur le NTT (Caissargues 2023). Cette analyse met aussi en évidence l'impact du réchauffement de l'eau sur les spectres d'espèces attendues selon la biotypologie de Verneaux. Ce réchauffement est à mettre en lien avec les étiages de plus en plus sévères mais également les actions anthropiques par le rejet des STEP.

Pour aller plus loin, en comparaison avec la zonation piscicole de Huet, les biocénotypes observés

correspondraient à la limite entre la zone à barbeau et la zone à brème.

4.3 Bilan de l'état des peuplements

Différents constats ont été faits :

- Les densités d'anguille ont légèrement diminué mais cette dynamique est difficilement explicable au vu de l'écologie de l'espèce. Cependant sa surabondance avant et après travaux est satisfaisante.
- Les densités de goujon sont majoritairement à la baisse, mais le déficit est contrebalancé par la présence de deux populations en sur-abondances après travaux.
- Que ça soit en classe de taille, en biomasse ou en densité, les populations de barbeau fluviatile inventoriés sont meilleures après les travaux. La diversification des faciès et l'augmentation des zones profondes semblent favoriser le développement des barbeaux au regard des goujons. Cependant, dans la moitié amont du linéaire sa présence reste encore anecdotique.
- Les quelques hotu et spirin observés sont des espèces positives pour le suivi environnemental des travaux. Cependant, les températures que l'eau du Vistre peut atteindre mettent en danger le spirin. En effet, bien que son préférendum thermique est plus large que celui du hotu, la température létale du spirin est particulièrement basse (27°C). Cette température a été dépassée à plusieurs reprises sur une période non négligeable durant les 7 années du suivi thermique. Même si d'autres paramètres comme la fonctionnalité des frayères peuvent expliquer le déficit d'effectif, la température est également un facteur justifiant la rareté du spirin.
- D'autres espèces ont des écologies qui peuvent témoigner d'un changement de la qualité globale du cours d'eau. La disparition du vairon et de la vandoise sur les tronçons revitalisés n'est pas alarmante au vu des densités anciennement pêchées.

Pour revenir aux données piscicoles qualitatifs et au diagnostic dressé par le bureau d'étude « cerdat développement » en 2013 (voir partie 1.3.4.3 Le Vistre au XX^e siècle) plusieurs constats peuvent être faits. Malgré des méthodes d'inventaires caduques, une unique espèce rhéophile avait été observée (loche franche) et le vairon semblait être présent uniquement sur le Campagnol. Au vu des résultats décrits précédemment, on note une grande amélioration concernant les espèces observées.

La mauvaise qualité chimique de l'eau est à l'origine du lancement de l'étude pathologique en 2023. Cependant, la population d'anguille observée à Bouillargues en 2023 ne semble pas présenter d'altérations ni d'anomalies. Les autres espèces étudiées (chevaine, gardon, ablette) sont en état sanitaires précaires et témoignent d'une mauvaise qualité chimique de l'eau.

Les indices ont également permis d'identifier des dynamiques concernant le paramètre poisson. Les populations d'espèces repères sont en sous abondances générale sur la zone d'étude. Récemment, les légères sur-abondances ponctuelles sont de bons présages. Concernant les notes IPR, au vu de la très large palette de résultat, il est difficile de tirer des conclusions sur les effets bénéfiques des travaux sur la note. Malgré l'augmentation des densités d'espèces rhéophiles, les notes restent majoritairement médiocres. L'augmentation des densités d'espèces exotiques comme le gambusie ou d'espèces tolérantes comme le gardon ou l'ablette après les revitalisations contrebalance les notes IPR. L'apparition d'espèces carnassières comme la perche pourrait accélérer un équilibre structurel entre espèces envahissantes et repères. Des hypothèses sur le temps de cicatrisation du milieu ont été émises. Un équilibre entre espèces pionnières et espèces repères est supposé à n+4 après renaturation. Au regard des données piscicoles disponibles et des

indices, cette hypothèse n'est pas scientifiquement acceptable mais elle est à vérifier lors des prochaines campagnes d'inventaire.

Malgré un cours d'eau qui se réchauffe et de plus en plus pollué, on observe une légère amélioration des caractéristiques des populations piscicoles ainsi que des indices étudiés. Le contexte du Vistre Amont peut être qualifié de médiocre avec une dynamique à l'amélioration. Le cours d'eau avait été caractérisé de faible potentiel piscicole par le diagnostic dressé en 2013. Au vu de la faible amélioration du compartiment poisson, de l'analyse avant/après revitalisation et de l'ampleur des travaux mise en œuvre pour améliorer la qualité morphologique, le Vistre peut encore être qualifié comme ayant un faible potentiel piscicole.

5 Discussions

5.1 Proposition d'axes de travail pour la suite du suivi

Il est nécessaire d'avoir connaissance de toutes les dynamiques environnementales et anthropiques liées au cours d'eau pour tenter d'identifier les bénéfices liés à la revitalisation. C'est sur ce point que le suivi environnemental et notamment piscicole pourrait être amélioré.

Tout d'abord, les changements globaux comme le réchauffement climatique a un impact direct sur la température de l'eau et donc les populations piscicoles. Durant les 22 ans du suivi environnemental, la trajectoire piscicole du Vistre a été impactée par ce changement climatique. Il est donc nécessaire de différencier la trajectoire naturelle liée aux changements globaux /des effets de la revitalisation. Pour ce faire, la pérennité des stations de thermie sur le Vistre à Vestric-et-Candiac et Milhaud doit être assurée. Une nouvelle station de mesure pourrait être mise en place à l'amont de la station d'épuration de Nîmes au niveau de la D999. Cette sonde permettrait de mieux appréhender les bénéfices des revitalisations du site n°7, 8 et également du futur tronçon n°8. Elle permettrait également d'évaluer l'impact des rejets de STEP et notamment celle de la métropole de Nîmes sur la température de l'eau.

D'autres événements plus ponctuels peuvent flouter les effets de la revitalisation : étiage anormalement long, changement de fonctionnement de STEP, crue centennale ... A l'avenir, le suivi piscicole devra davantage être confronté avec des données hydrologiques, chimiques et du fonctionnement des STEP.

Concernant les stations et la fréquence des opérations, afin de pouvoir analyser de nouvelle dynamique et confirmer les hypothèses émises à court terme, il sera nécessaire d'effectuer des pêches électriques aux stations de :

- Milhaud en 2024 pour confirmer l'amélioration de la qualité de l'eau observée en 2021 sur ce tronçon revitalisé,
- Mas de la Bastide en 2024 pour prouver les bénéfices de l'homogénéisation des revitalisations sur un site pionnier.

La création de deux nouvelles stations est attendue dans l'objectif de suivre les futurs sites revitalisés (N°10, 11). Une opération devra avoir lieu avant travaux en 2024 ou 2025 et une station dite témoin altéré devra être créé. Le choix de la localisation de la station témoins reste à définir, mais au vu l'ampleur de la revitalisation, l'unique linéaire non restauré se situe en aval du canal BRL. Une grande partie des données issues du suivi environnemental du Vistre son antérieur au suivi scientifique minimal¹⁵ instauré par l'OFB en 2010, ce qui

15 « TA : Subissant le même type d'altération mais qui ne serait pas concernée par les travaux de restauration. Finalité : Suivre l'évolution du milieu sans l'influence des travaux (AFB, 2019)

explique l'absence de station témoins et l'irrégularité des opérations avant 2010.

A plus long terme, il sera conseillé de :

- Continuer le suivi pathologique sur les espèces repères et cibles en priorité.
- Développer le RFID¹⁶ anguille car des individus présentant un retard dans leur migration génésique avec des hémorragies ont été constatés par le passé. C'est une espèce en danger critique d'extinction dans le monde et en France sur la liste rouge des espèces menacées.
- Faire un indice d'attractivité morphodynamique¹⁷ pour évaluer le potentiel piscicole des sites revitalisé et consolider l'interprétation des données piscicoles futurs.

Cette étude a permis de conforter le choix des espèces repères choisies pour ce contexte. Par ailleurs, si une population de Vandoise venait à réapparaître lors des prochaines campagnes d'inventaire, son passage en espèce repère serait envisageable. De plus, la population de bouvière sur la partie aval de la zone d'étude est à suivre.

5.2 Retour sur l'application des indices piscicoles dans le bassin versant

Après l'application des différentes approches analytiques sur la zone d'étude, il semble complexe d'en tirer un consensus immuable. Que ça soit l'IPR, le modèle biotypologique de Verneaux ou les autres méthodes présentées précédemment, toutes possèdent leurs limites. Dans le cas de cette étude, d'avantage de limites sont à souligner. En effet les caractéristiques particulières du jeu de données et du contexte du Vistre amont rendent particulièrement compliquée l'application des indices.

Le premier biais réside dans le simple fait que les modèles sont construits sur le principe de comparaison d'un peuplement théorique de référence dit « non altéré » avec un état observé. Dans le cas du Vistre ce biais est d'autant plus important lorsque l'on connaît l'histoire de l'aménagement du Vistre (1.3.4. Evolution et dynamique de la rivière Vistre). L'état du peuplement de référence est construit avec des données abiotiques et notamment des données morphologiques comme la section mouillée ou la profondeur moyenne par exemple. Cette donnée est contemporaine à l'inventaire, mais la morphologie du Vistre n'a cessé de changer depuis le Moyen-Âge. Alors comment à partir de données abiotiques contemporaine, un état d'un peuplement non altéré qui date du XII^{ème} siècle peut être émis ? Quand bien même il serait possible de connaître le peuplement non altéré du Vistre, serait-il pertinent d'établir des comparaisons avec l'observé ?

Le second biais général réside dans le fait que les données des inventaires historiques et récents sont tirées de méthodologies différentes. Tout d'abord, les méthodes de calculs des caractéristiques hydromorphologiques des stations inventoriés par l'OFB ne sont pas connu : largeur, profondeur moyenne (IPR), section mouillée, largeur du lit mineur (biotypologie). Les données topographiques brutes ne sont pas

15 M.Rolan-Meynard, et al, mai, 2019, AFB ; « Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau »

16 RFID (radio frequency identification)[...]technologie d'identification automatique qui utilise le rayonnement radiofréquence pour identifier des objets porteurs d'étiquettes lorsqu'ils passent à proximité d'un interrogateur (antenne, lecteur...). » (FDPPMA06, 2020)

17 Indice d'attractivité morphodynamique (IAM) : chiffrer globalement les capacités piscicoles associées à la structure physique d'un cours d'eau (TELEOS 1999-2003)

disponibles donc les méthodes de calculs n'ont pas pu être homogénéisées. Il est de même pour la dureté de l'eau nécessaire au calcul du NTT. Ont t'il pris la dureté totale : $CA^{2+} + Mg^{2+}$? seulement les ions calcium ? Par ailleurs certaines données d'entrée des indices ont pu être recalculées et homogénéisées pour tous les inventaires : surface bassin du versant amont, distance à la source, pente, altitude, température de l'air au mois de juillet et janvier et température de l'eau des 30 jours consécutifs les plus chauds. Cependant, les outils utilisés pour calculer les données d'entrée auraient pu être confrontées avec d'autres méthodes de calcul. Enfin, certaines espèces ne sont pas prises en compte dans l'établissement des indices et peuvent biaiser l'interprétation des résultats. Dans le cas du Vistre amont les espèces inventoriées qui n'ont pas été pris en compte sont : le pseudorasbora et le mulot cabot pour la biotypologie de Verneaux ; le peusorasbora, le mulot cabot et le gambusie pour l'IPR. Les écrevisses américaines et de Louisiane n'ont également pas été prises en compte.

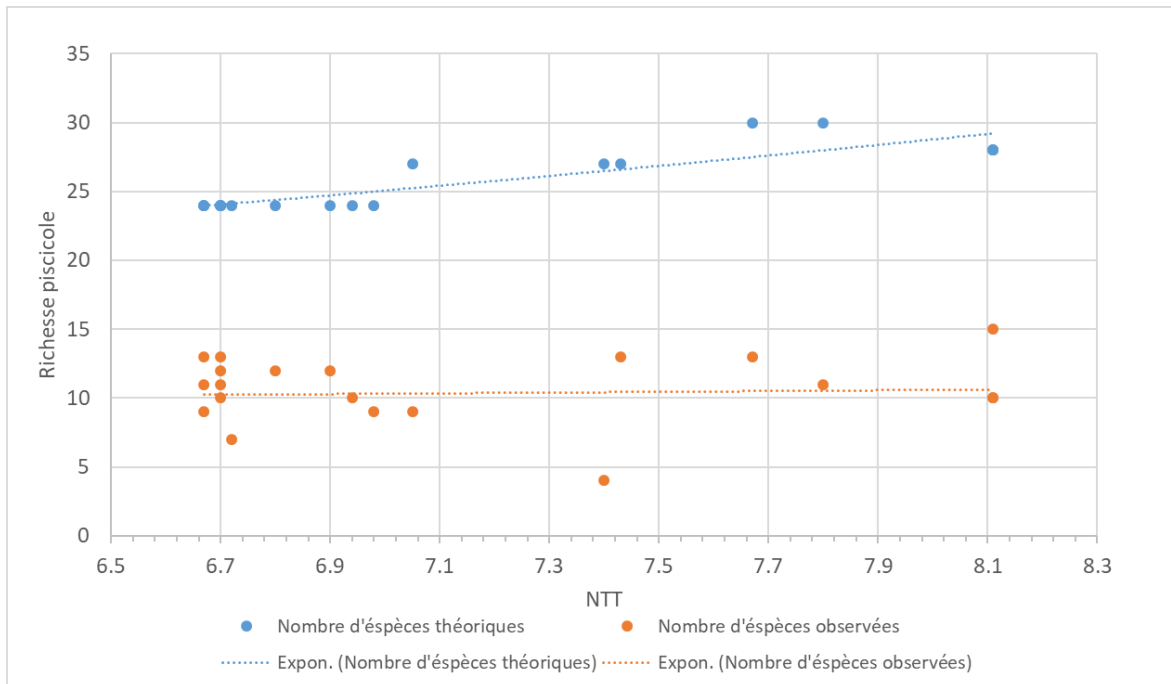
Concernant l'IPR spécifiquement, les résultats des classes seules ne sont pas significatives dans le cadre de cette étude. Au vu du nombre de données comparées, l'étude qualitative de la note IPR et non de la classe est davantage cohérente. De plus, certaines espèces repères du contexte sont parfois « non attendue » (probabilité de présence $p < 0,5$). Sur les 21 IPR réalisés, le barbeau fluviatile a été non attendue à 9 reprises, le hotu et le spirilin non jamais été attendus et le goujon a toujours eu une probabilité de présence supérieure à 0.5. Par ailleurs, la vandoise est attendue sur certains IPR. C'est une espèce qui peut être définie comme repère dans un contexte intermédiaire comme celui du Vistre amont, cependant sa présence reste anecdotique (1 individu inventorié). Cette différence entre le modèle prédictif d'occurrence de l'IPR et la gestion piscicole du contexte amont du Vistre peut poser question. Mais cela montre bien la nécessité d'aller plus loin que les prédictions faites par les indices pour mettre en place une gestion piscicole.

En ce qui concerne l'application de la biotypologie de Verneaux dans le cadre de cette étude, plusieurs constats ont été établis. Dans un premier temps, la donnée de la température de l'eau des 30 jours consécutifs les plus chauds a été adapté au vu des chroniques disponibles. Deux stations ont été mises en contribution : la station de Vestric-et-Candiac et Milhaud. Partant du fait que la donnée devait être la plus contemporaine et la plus proche possible de l'inventaire et que toutes les années n'ont pas fait l'objet d'un suivi thermique, des choix ont été fait. Le détail des températures utilisées est décrit dans la partie « 4.2.4 Biotypologie de Verneaux » Cette donnée d'entrée environnementale a un grand poids dans l'établissement du NTT, cependant elle reste améliorable dans le cas de cette étude.

Dans un second temps, un des principaux biais réside dans les méthodes d'estimations des effectifs et abondances des inventaires réalisés par l'OFB. En effet les données piscicoles brut de l'OFB ont été traitées avec la méthode d'estimation de De Lury (1947) tandis que la fédération de pêche du Gard préconise la méthode développée par Carle and Strub (1978). La biotypologie utilise les densités d'individus et biomasses à l'hectare estimés pour créer les classes d'abondances observées. Au vu des différences entre les résultats des deux méthodes, les données des inventaires de l'OFB n'ont pas été recalculées.

Une sur-estimation générale des occurrences est mise en avant dans le graphique suivant :

Graphique 52- Evolution de la richesse piscicole observée comparé à la richesse théorique sur le bassin versant amont du Vistre :



On pourrait avoir tendance à penser qu'un biocénotype B5 conviendrait davantage pour les stations de Vistre amont au vu :

- du nombre d'espèces observées (autour de 10)
- de la valeur des abondances des espèces repères pour cet abaque : 1 pour le hotu, spirilin, barbeau et 3 pour le goujon (tableau 8).

Cependant la présence de la bouvière, perche, gardon, ablette, carassin, pseudorasbora, carpe commune, perche soleil, rotengle et poisson-chat n'est pas attendue sur une station au biocénotype B5. Deux questions se posent alors : sommes-nous dans un contexte de biocénotype B5 dégradé sans truite, sans barbeaux méridionaux ni chabot et avec des espèces limnophiles ? Ou sommes-nous sur un biocénotype B7 avec un manque de richesse piscicole ?

Au vu de la façon dont le modèle biotypologique de Verneaux a été conçu et les biais généraux cités précédemment tout laisse à croire qu'il s'agit d'un biocénotype B7 avec une sur-estimation générale de la richesse spécifique. Cette grande sur-estimation, mise en lumière par le graphique 52, est dû aux caractéristiques particulières de l'hydro-écocoréion méditerranéenne. Les prédictions sur les abondances sont donc plus exploitables que les occurrences sur le bassin versant amont du Vistre.

Enfin, plusieurs erreurs ont été faites durant l'application de la biotypologie :

- l'oubli de l'épinoche pour certains inventaires
- la température des 30 jours les plus chauds pour les inventaires de 2012 et 2013 aurait dû être pris sur la chronique de température de 2012 et non de 2011. La donnée de température est de 23.6°C en 2012 au lieu de 22.1°C en 2011. Cette erreur modifie légèrement les NTT mais n'impacte pas les abaques d'espèces choisies.

Pour conclure, les indices étudiés présentent des caractéristiques propres et limites globales dont il faut tenir compte lors de leur application sur un bassin versant. A ces biais, liés à la manière dont ils ont été construits, s'ajoute d'autres biais qui sont liés aux caractéristiques environnementales du bassin dans lequel est appliqué l'indice. Dans le cas du Vistre amont, c'est le concept même de comparaison avec un état de référence non

dégradé qui est remis en question de par la trajectoire du cours d'eau. Si scientifiquement cette comparaison paraît abstraite, elle est un outil indispensable au gestionnaire pour évaluer l'état global du cours d'eau et prendre des mesures de gestion en conséquence.

5.3 Pistes d'amélioration envisagées

Ce mémoire est le fruit d'un travail approfondi d'appropriation et de réflexion. Une des limites de l'étude est la difficulté de comparer des données historiques avec des données piscicoles récentes produites par deux organismes différents. Une recherche plus approfondie sur la manière dont les données environnementales ont été produites par l'OFB aurait consolidé l'étude. D'autre part, L'IPR+ aurait pu être confronté au jeu de données. Cette étude aurait permis une première application de cet indice sur le bassin versant ainsi qu'une comparaison avec l'IPR. Une analyse multivariée aurait pu compléter le diagnostic piscicole notamment en ce qui concerne les occurrences des espèces. Enfin, la construction de tableaux pour comparer les occurrences et abondances a été nécessaire pour rendre lisible les résultats des indices. Mais la création des classes a engendré une perte d'informations notamment pour les probabilités de présence « P » de chaque espèce pour l'IPR.

5.4 Lien avec le Master GEMO

Bien que cette étude ait été appliquée dans un bassin versant de plaine les méthodes utilisées sont reproductibles dans tous les types d'écosystèmes. La biotypologie de Verneaux prend encore plus de sens dans les cours d'eau près des zones apicales. En effet au vu de la richesse spécifique faible des cours d'eau de montagne, l'analyse des structures des populations est primordiale pour évaluer la qualité d'un cours d'eau à travers l'ichtyofaune.

Dans un second temps, les activités réalisées dans le cadre du service civique m'ont appris différents aspects de la gestion d'un territoire et des cours d'eau.

Les activités annexes principales sont :

- inventaires naturalistes,
- élaboration de protocoles de suivis d'espèces,
- animations,
- réunions techniques,
- mise en œuvre de pêches électriques.

Conclusion

Pour répondre à la première partie de la problématique, la trajectoire piscicole du Vistre amont a été définie par différentes approches. Tout d'abord, une approche géohistorique a mis en avant les dynamiques environnementales passées afin de mieux apprécier les résultats récents. Cet état de l'art a permis de mettre en lumière une dégradation continue de la qualité globale du cours depuis le moyen âge. La bifurcation de la trajectoire hydromorphologique du Vistre par les travaux de revitalisation à partir du XXI^{ème} siècle est accompagné d'une chronique de données piscicoles plus ou moins récentes. Une trajectoire piscicole a été définie à partir des différentes méthodes d'analyses appliquées à ce jeu de données. Les travaux ont permis le retour significatif d'espèces indicatrices de la bonne qualité globale du cours d'eau. Les indices ont également permis de souligner les bénéfices de l'homogénéisation du linéaire revitalisé. Pour aller plus loin, une démarche prospective a permis de supposer une inertie positive à la revitalisation de 4 ans après travaux. Désormais, la trajectoire piscicole future est moins commandée par les aménagements passés que par la qualité chimique de l'eau sur le bassin. Les conditions hydrologiques et chimiques de plus en plus extrêmes du Vistre tendent à menacer l'amélioration de la qualité du paramètre poisson. L'atteinte de l'objectif de « bon potentiel écologique » à l'horizon 2027 fixé par le SDAGE en 2016 semble menacé.

Le second objectif de ce mémoire était d'identifier les points sur lesquels le suivi environnemental pouvait être amélioré et comprendre comment appliquer et interpréter les indices piscicoles dans ce bassin versant. Pour répondre à cela, le suivi pourrait être amélioré dans les prochaines années avec la création d'une station témoin ainsi que la mise en place d'une nouvelle station de thermie sur l'amont du Vistre. Ces suivis s'inscrivent dans une volonté de l'EPTB du Vistre de suivre au niveau biologique l'ensemble des revitalisations en partenariat avec l'Agence de l'eau RMC. Le regard critique sur l'application des indices piscicole a permis de conclure que l'IPR fournit les éléments les plus fiables sur le bassin versant. La biotypologie permet un suivi des abondances détaillées et est adaptable en prenant en compte la sur-estimation spécifique globale sur la zone d'étude. L'étude a également permis d'identifier les paramètres d'entrées qui sont optimisables dans le bassin pour l'application des indices. Cependant les résultats des indices mis en œuvre dans le cadre du suivi environnemental des sites revitalisés sont obstrués par l'absence de station dite « témoin » notamment.

Pour aller plus loin, la qualité chimique de l'eau et les prévisions hydrologiques sont des facteurs limitants pour l'amélioration du compartiment piscicole. Le diagnostic de 2013 présentait déjà cette problématique comme prioritaire. Nous pourrions nous demander la pertinence de tels travaux de revitalisation futur sur le bassin versant amont du Vistre.

Bibliographie

Articles scientifiques

- Belliard et Roset., 2006, Notice de présentation et d'utilisation IPR, Conseil Supérieur de la Pêche
- Bouleau G., Pont, D., 2015, Did You Say Reference Conditions? Ecological and Socio-economic Perspectives on the European Water Framework Directive
- Bruce B. Collette and Petru Bănărescu, 2011, Systematics and Zoogeography of the Fishes of the Family Percidae. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 34(10): 1450-1463
- Degiorgil F., Grandmttet J. P., Morillas N.; - TELEOS, 2002, Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station: l'IAM.
- Fiers, Valérie et al., 2003. Etudes scientifiques en espaces naturels. Cadre méthodologique pour le recueil et le traitement de données naturalistes. Cahiers techniques de l'ATEN. Vol. 72. 96 pages
- Flaux C., Scrinzi M., Djerbi H., 2022., À quand remonte l'état de référence « naturel » du Vistre de la Fontaine (Nîmes) ?, *Revue géographique des pays méditerranéens*
- Geofre J-F., Cornuaille D, 1994, Schéma d'aménagement hydraulique du Vistre entre Nîmes et la mer
- Gerdeaux, D.,1994, May, Mise en situation: suivi des populations et de la récolte de poissons en France. In Colloque franco-québécois sur l'intégration des technologies modernes à la gestion des poissons dulcicoles et amphihalins (p. 15).
- Huet M., 1949, Aperçu des relations de la pente et des populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z; Hydrol.*, II (3-4) : 332-351.
- Illies J., Botosaneanu L.,1963, Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérée surtout du point de vue faunistique . *Mitt. int. Ver. Limnol.* 12: 1–57.
- J.G. Wasson, A. Chandesris, H. Pella, L. Blanc., 2002, Définition des hydro-écorégions françaises métropolitaines. Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés. *irstea.*, pp.190
- Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny & D. Chessel, 2001, A probabilistic model characterizing riverine fish communities of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biology* 46: 399-415
- Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny, J. Belliard, R. Berrebi dit Thomas & J.P. Porcher, 2002, Adaptation et validation d'un indice poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau français. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366: 405-433.
- Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny & J.P. Porcher, 2002, Development and validation of a fish-based index (FBI) for the assessment of rivers "health" in France. *Freshwater Biology* 47: 1720-1735.
- PASQUIER, L., 1981, Le Cailar, le Viste et le Rhône à travers l'histoire.
- Pont D., 1995, Stratégies démographiques des poissons des rivières françaises, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*

- Py M., Roure R., 2002, Le Cailar (Gard) Un nouveau comptoir lagunaire protohistorique au confluent du Rhône et du Vistre, p. 171-214, *Revue géographique des pays méditerranéens*
- Raymond, J. & Degiorgi, F. (2000). Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité des cours d'eau : Guide technique.
- Rogers C. & Pont D. 2005. Création de base de données thermiques devant servir au calcul de l'Indice Poisson normalisé. Université de Lyon1 - CSP. 36 p.
- Tomanova S, 2010, Relations longueur/poids pour les poissons d'eau douce en France, ONEMA
- Vannote R-B., Minshall. G-W., Cummins K-W., Sedell J-R., Cushin C-E., 1980, The river continuum concept. *Fish. Aquat. Sci.* 37: 130 - 137.
- Verneaux J., 1973, Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie . Thèse d'état, Besançon : 257
- Von Bertalanffy L., 1938, A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*. Vol. 10, No 2, pp 181-213

Rapport/Plan de gestion/Mémoire/Thèse

- Agence française pour la biodiversité, 2017, Carhyce Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau
- Agence française pour la biodiversité, 2019, GUIDE pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau
- AFB, 2018, Typologies des cours d'eau, extrait du Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie
- AQUASCOP, 2012, Évaluation des impacts des rejets d'assainissement sur l'état écologique du Vistre et des cours d'eau principaux de son bassin versant pour le groupement de commande SM EPTB Vistre et Communauté d'Agglomération Nîmes Métropole.
- Cerdat développement, AERMC, 2013, ETUDE MORPHOLOGIQUE DU BASSIN DU VISTRE, ETUDE MORPHOLOGIQUE DU BASSIN DU VISTRE
- FDPMA du Gard; Document provisoire, 2022, Actualisation du PDPG (Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion Piscicole) du département du Gard (2022-2027),
- FDPMA du Gard, 2017, Plan départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (2017 – 2021)
- FDPMA de Haute-Savoie ,2017, DIAGNOSTIC PISCICOLE DU BASSIN DES USSES - Campagne 2016
- FDPMA du Haut-Rhin, 2021, COMPTE RENDU ANNUEL DE PECHE SCIENTIFIQUE 2020 : RESEAU DE SUIVI PISCICOLE, PLAN QUINQUENNAL ET ETAT PATHOLOGIQUE
- FDPMA de Savoie, 2010, Suivi piscicole de la qualité des affluents du lac du Bourget Volume III : Synthèse
- J Lefevre, 2020, Revue bibliographique sur la relation entre la température et le poisson : préférendum, optimum, sub-optimum, fièvre et traits de personnalité, Liège université Library

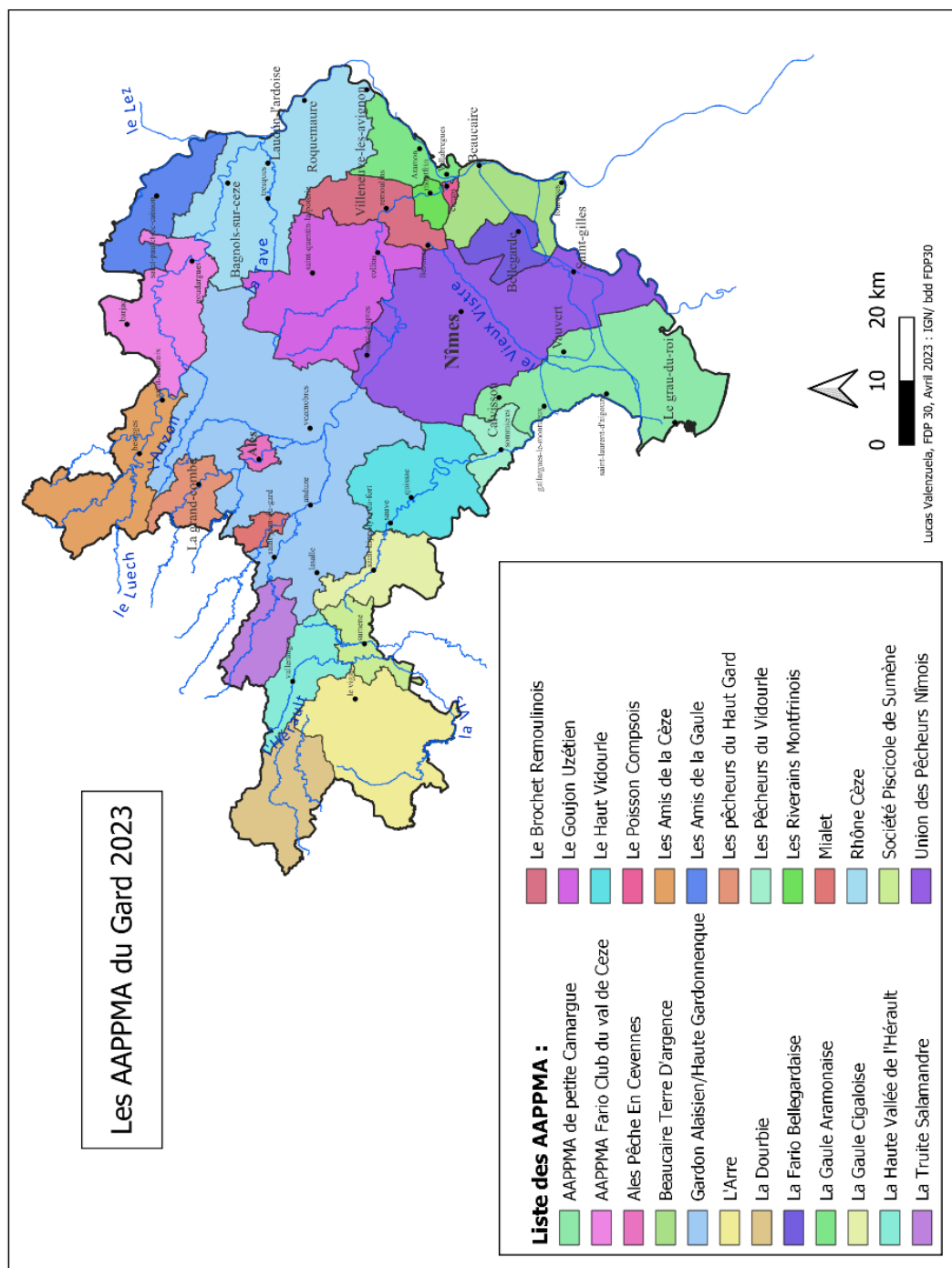
- JUGIE M., 2018, Trajectoire hydrogéomorphologique d'un petit cours d'eau périurbain francilien. Aménagement, « désaménagement »?, DOCTORAT de l'UNIVERSITE DE PARIS 1 PANTHEON-SORBONNE
- Migrateur Rhône-Méditerranée, 2022, PLAGEPOMI 2022-2027 Bassin Rhône-Méditerranée
- OFB, 2022, La pêche scientifique à l'électricité dans les milieux aquatiques continentaux
- ONEMA., 2007, RESEAU HYDROBIOLOGIQUE ET PISCICOLE Bassin Rhône Méditerranée et Corse Synthèse des données de 1995 à 2004
- ONEMA, 2012, GUIDE PRATIQUE DE MISE EN ŒUVRE DES OPERATIONS DE PECHE A L'ELECTRICITE
- Parc Naturel Régional du Morvan, Agence de l'Eau Loire Bretagne, 2012, Caractérisation de l'Etat biologique par le Poisson de plusieurs masses d'eau du bassin de la Loire
- PUCE Environnement, 1988, Etudes des phénomènes d'Eutrophisation sur le Vistre au cours de l'été 1998
- Valenzuela L., 2022, Réactivation de la coopération transfrontalière pour la gestion de la Garonne, Département Géographie, Aménagement, Environnement, université de Toulouse

Site internet

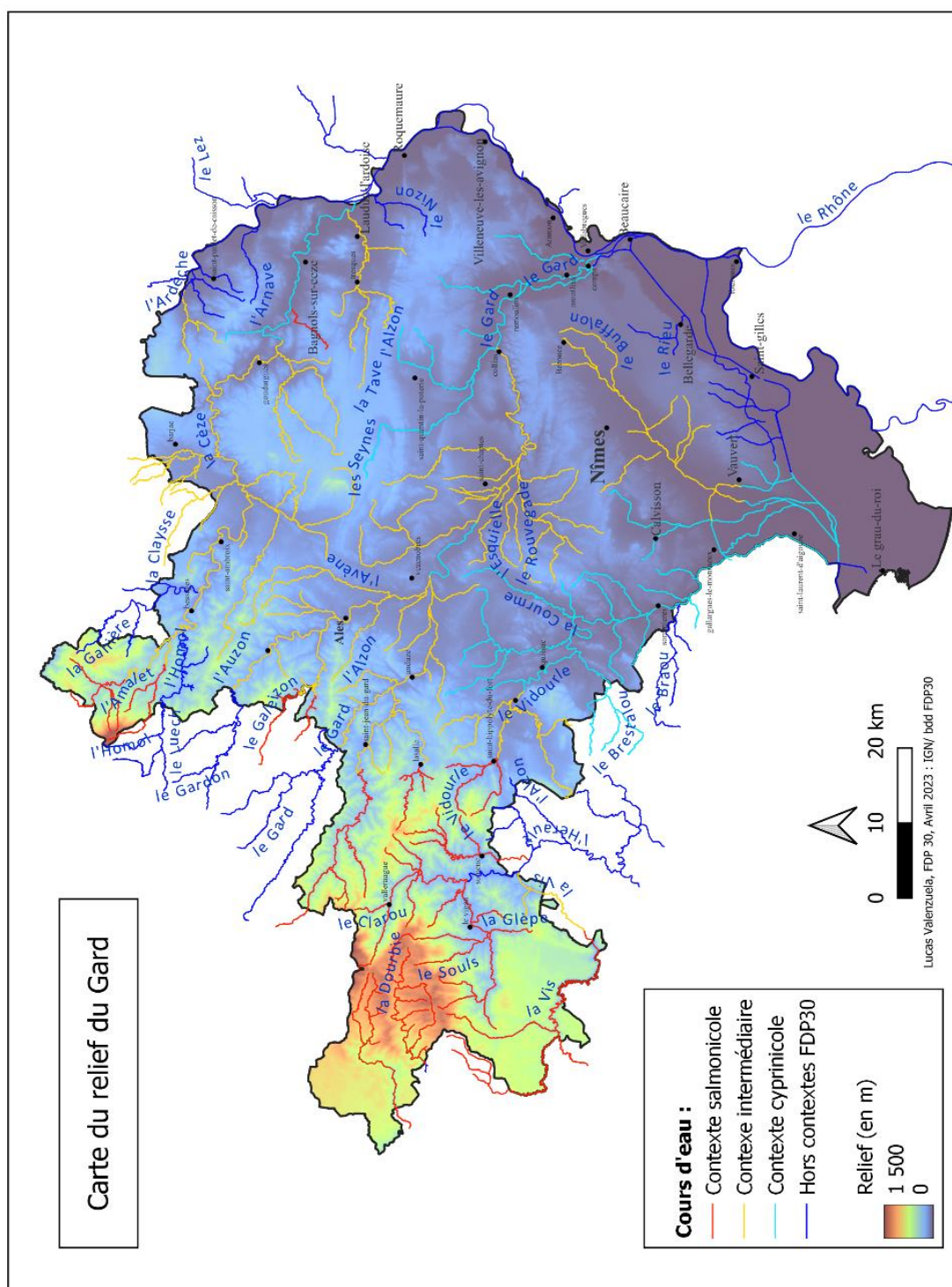
- Fédération Nationale de la Pêche en France (federationpeche.fr)
- FÉDÉRATION DE PÊCHE DU GARD (pechegard.com)
- Observatoire de la continuité écologique et des usages de l'eau (continuite-ecologique.fr)

Annexes

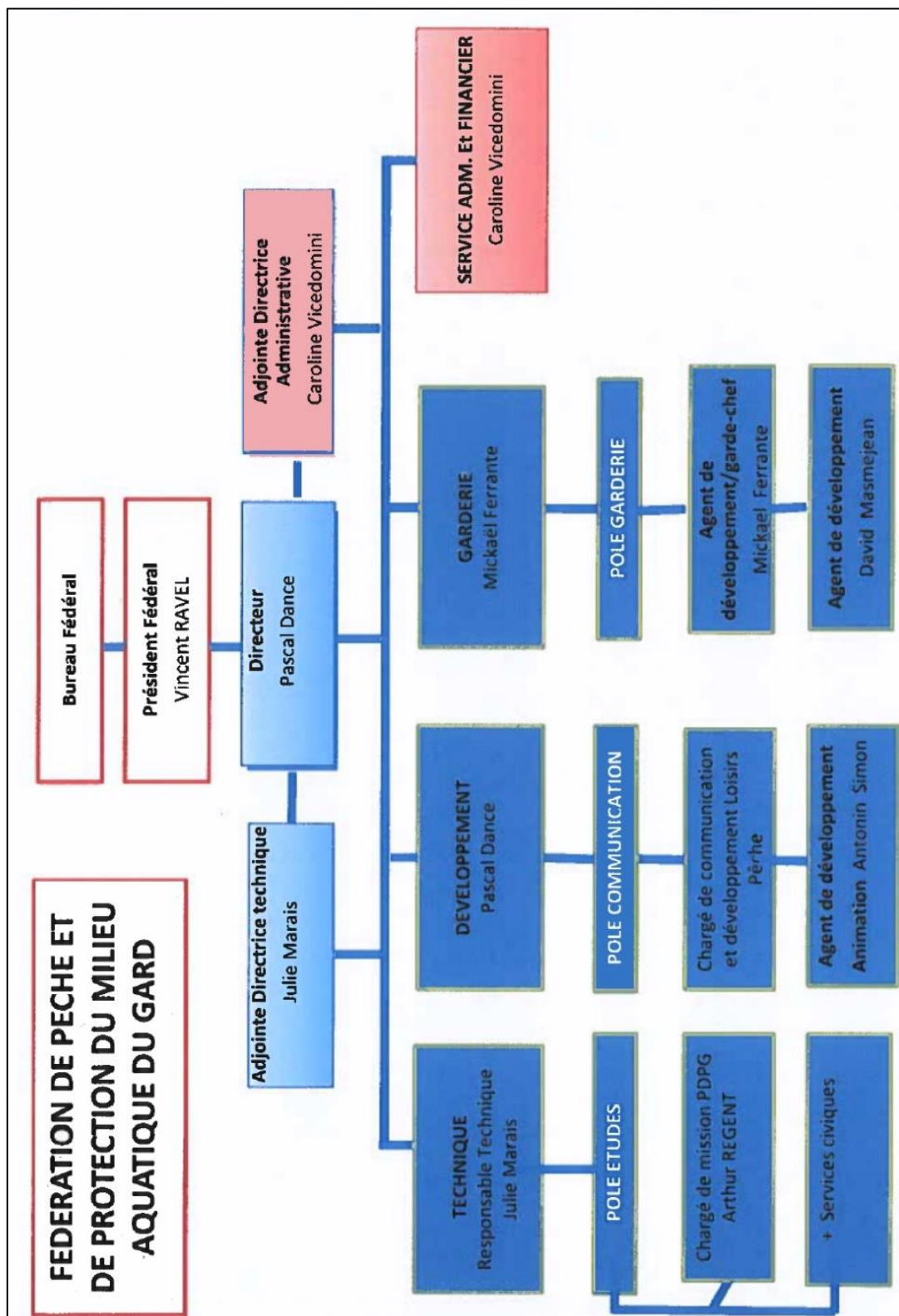
Annexe 1-AAPPMA du Gard 2023. Sources : Données FDPMA30



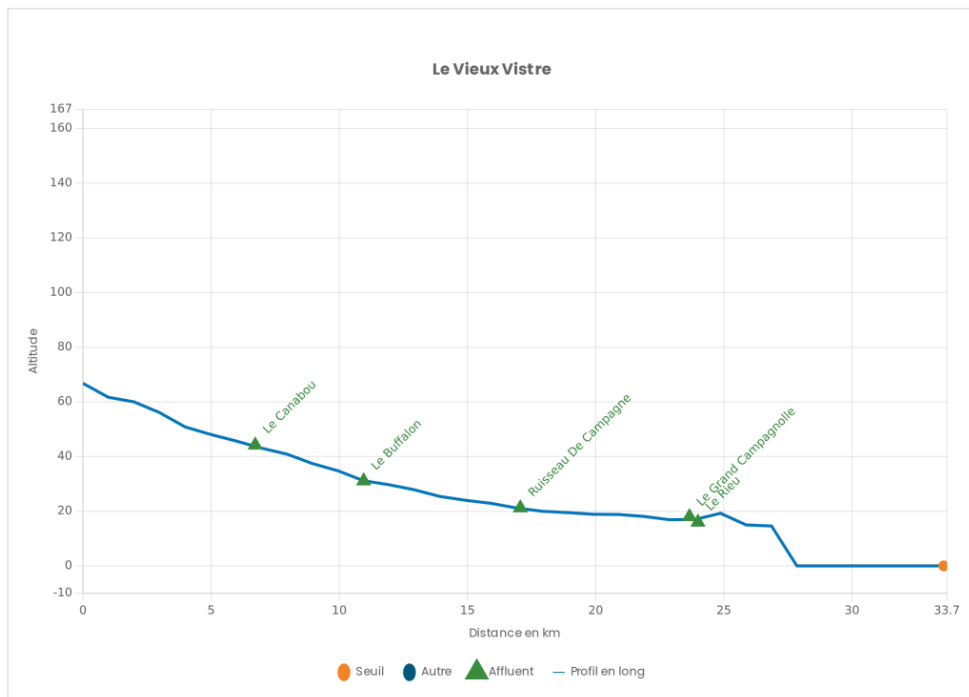
Annexe 2-Carte du relief du Gard



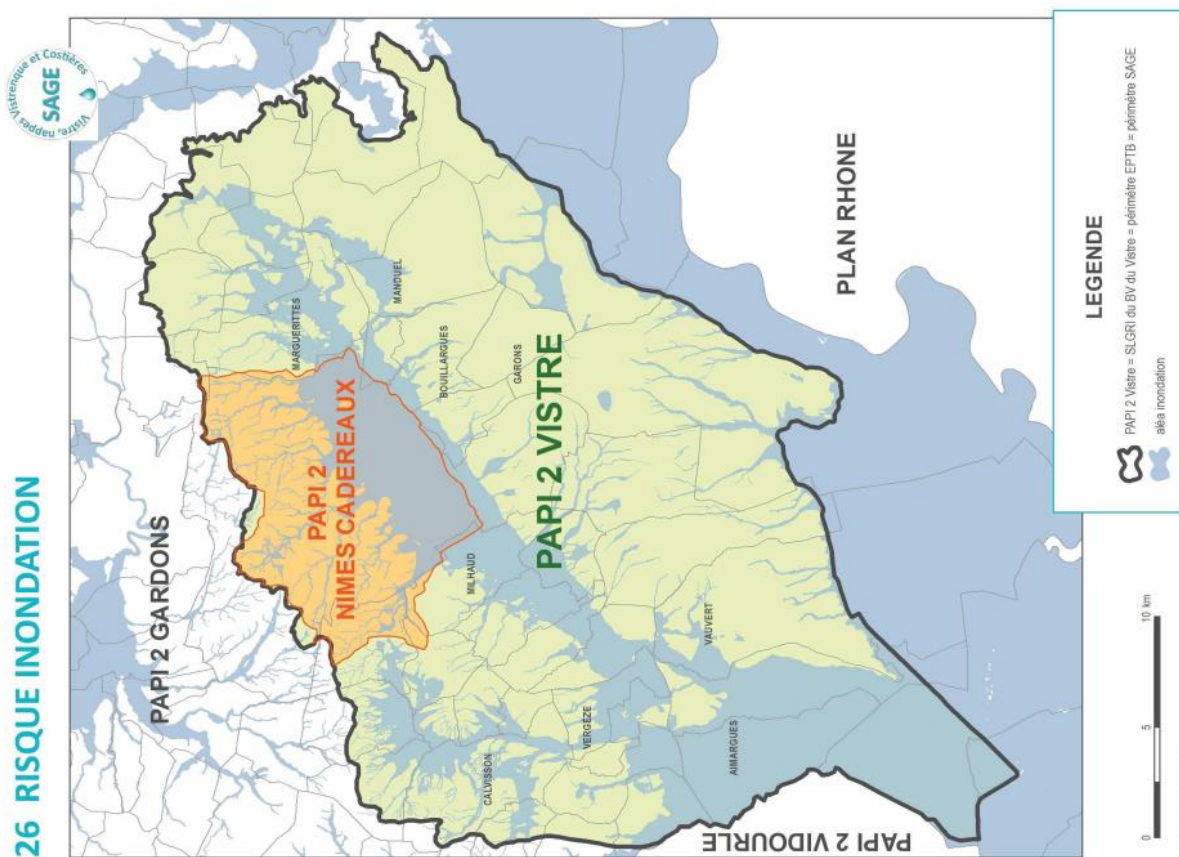
Annexe 3- Organigramme de la fédération de pêche et de protection des milieux aquatiques (06/04/2023, FDPMA 30)



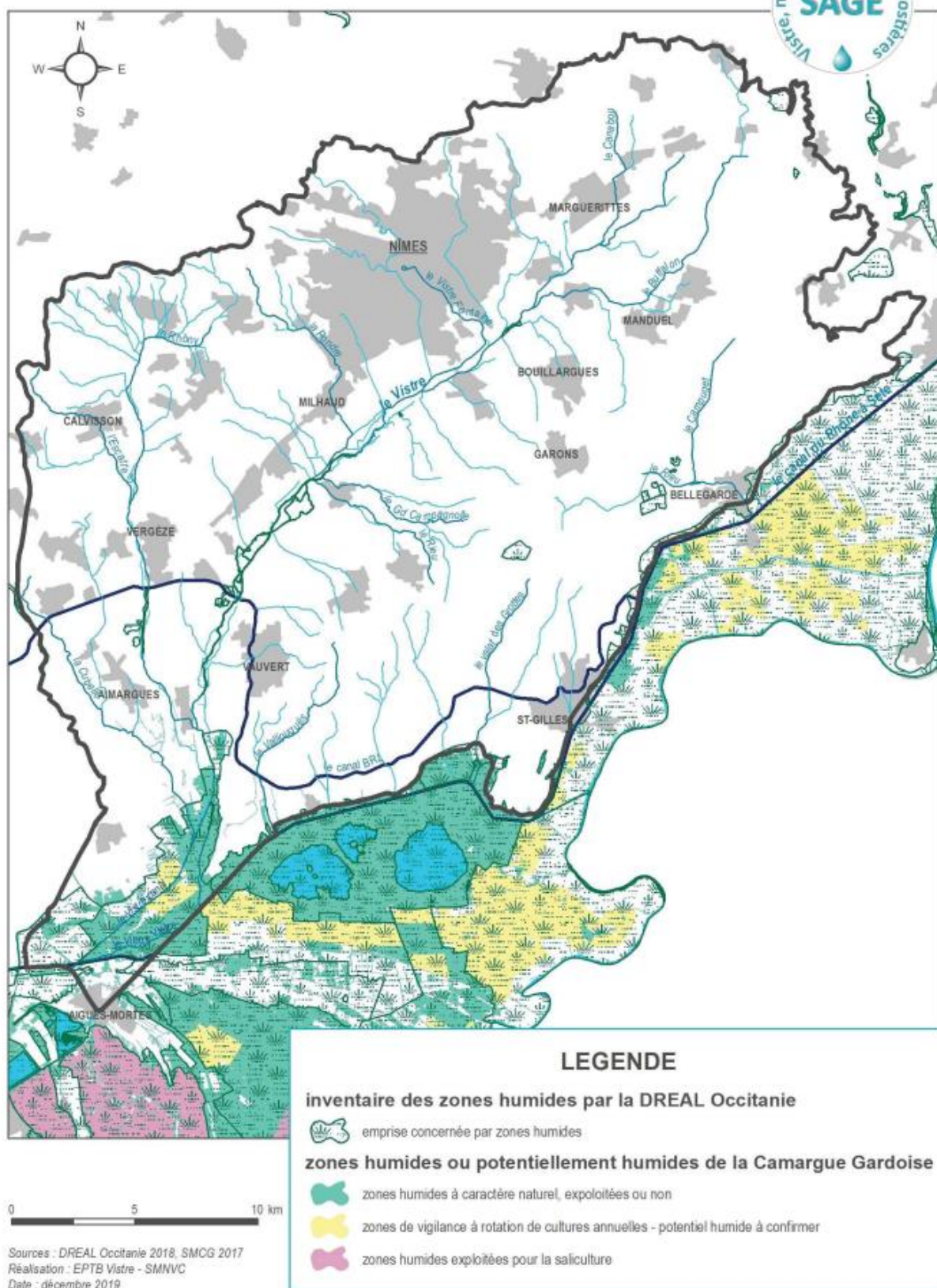
Annexe 4-Altimétrie de la zone d'étude (FDP 30 PDPG)



Annexe 5- Carte du Risque inondation sur le bassin du Vistre (EPTB Vistre, 2019)

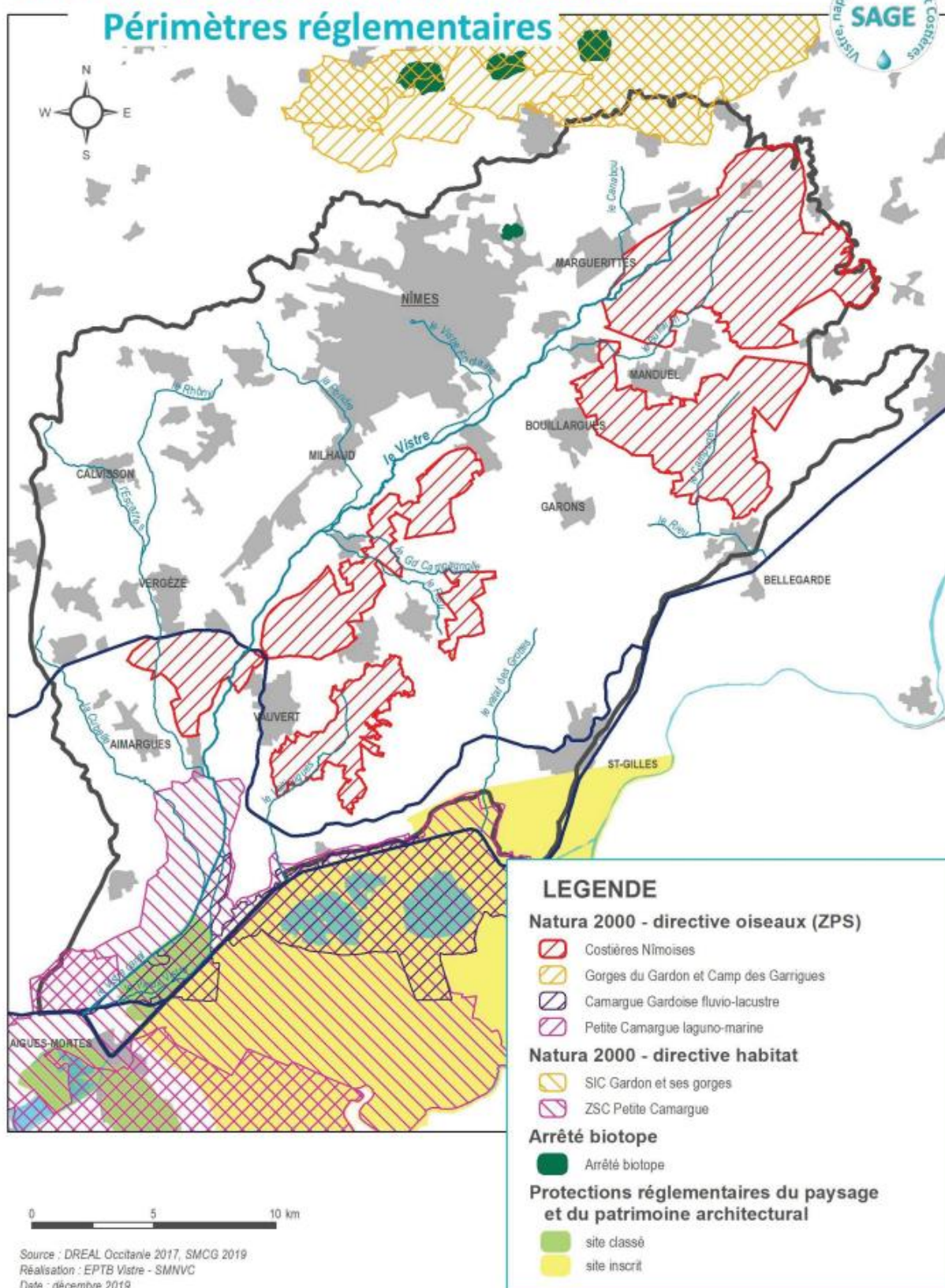


18 COURS D'EAU ET ZONES HUMIDES

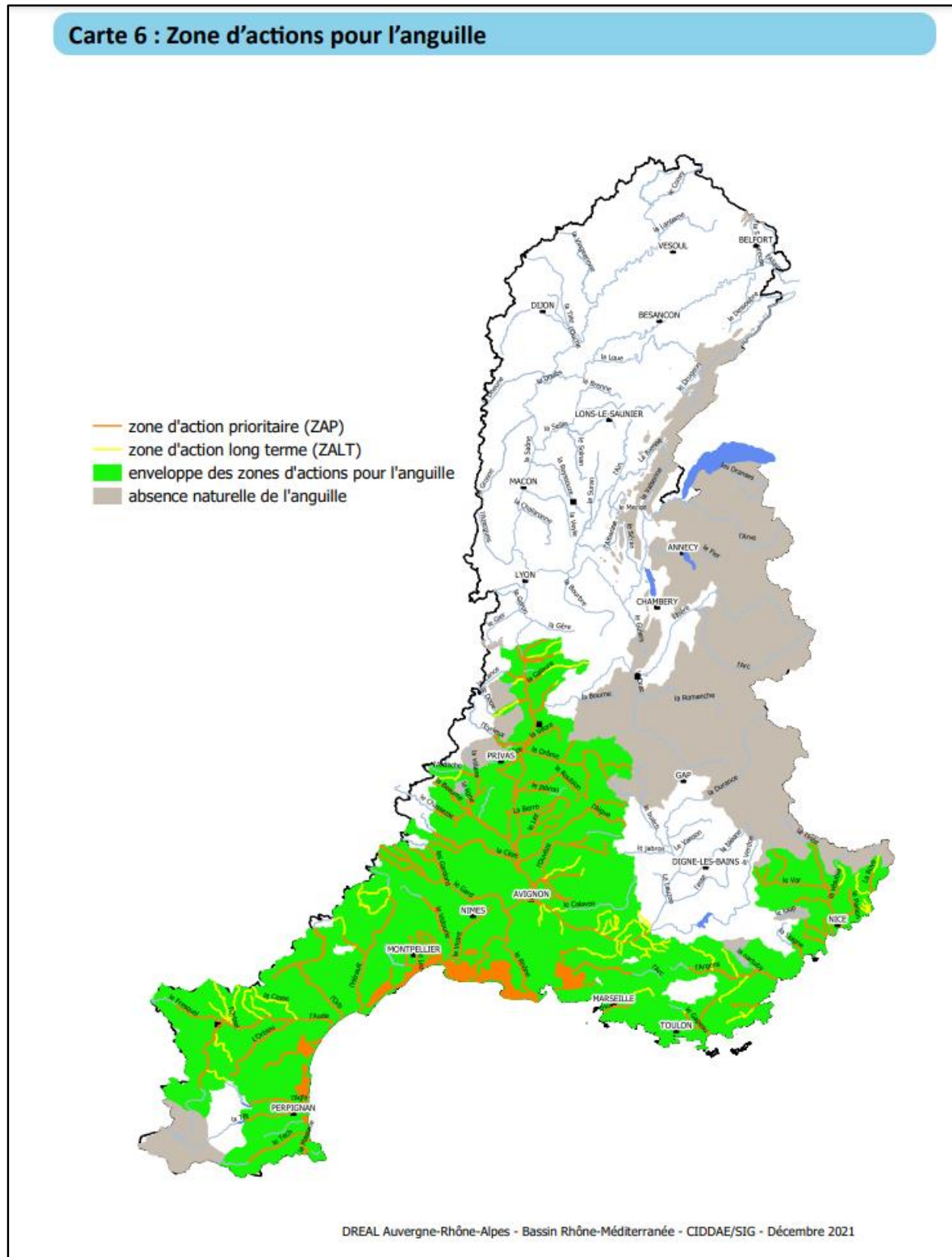


Annexe 7-Carte des espaces naturels protégés sur le bassin du Vistre (EPTB Vistre, 2019)

25-2 ESPACES NATURELS PROTEGES



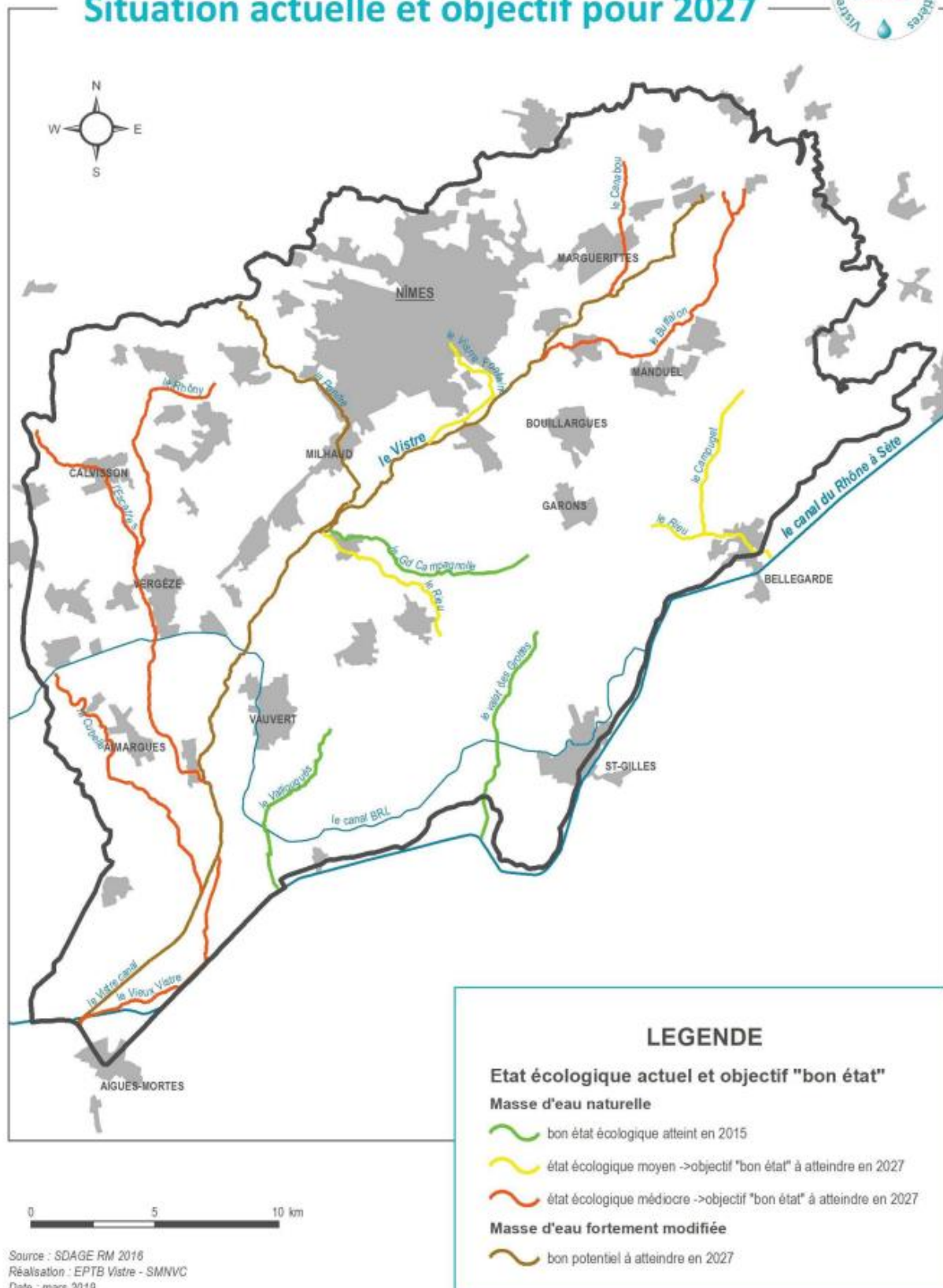
Annexe 8-Carte des cours d'eau en zone d'action prioritaire pour l'anguille (Dreal, 2021)



Annexe 9- Etat écologique des cours d'eau du bassin versant du Vistre (EPTB VV, 2019)

20 ETAT ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU

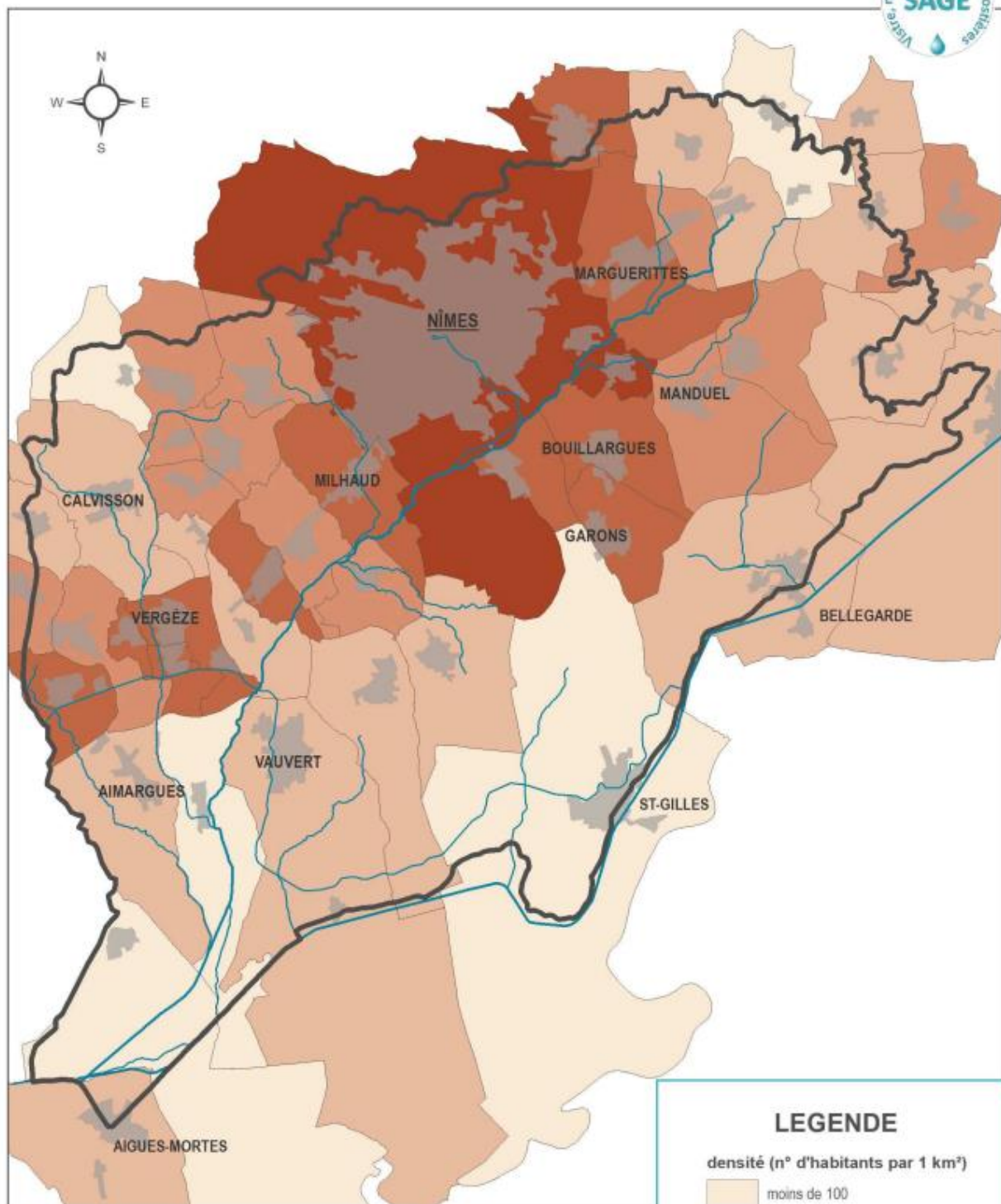
Situation actuelle et objectif pour 2027



Source : SDAGE RM 2016
 Réalisation : EPTB Vistre - SMNVC
 Date : mars 2019

Annexe 10-Démographie sur le bassin versant du Vistre VV (EPTB, 2022)

07 DEMOGRAPHIE



Source : INSEE 2015
Réalisation : EPTB Vistre - SMNVC
Date : janvier 2020

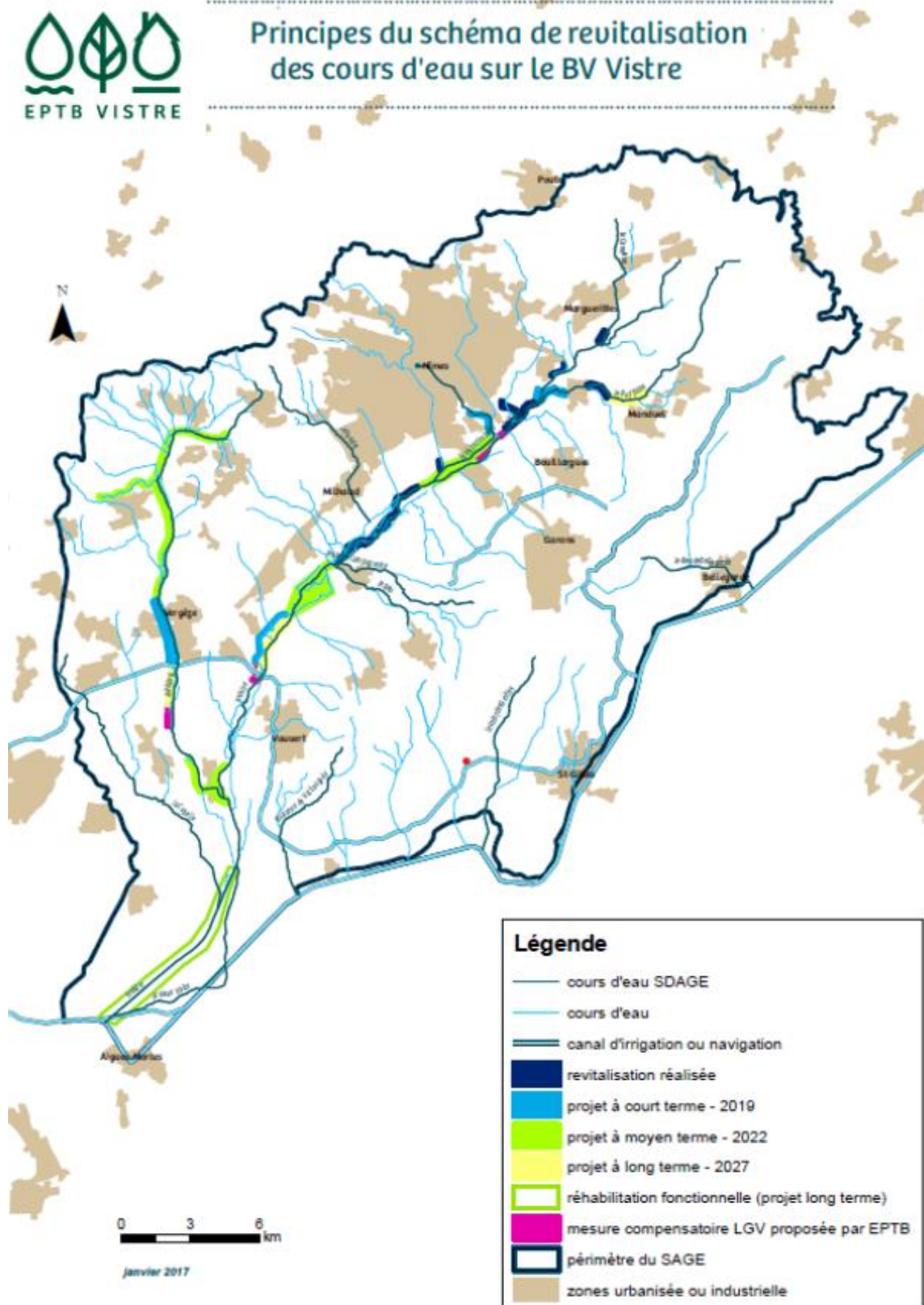
Annexe 11-Liste des espèces piscicoles (abréviation, nom commun, nom latin) (source: inconnu)

Liste des espèces piscicoles (abréviation, nom commun, nom latin) :

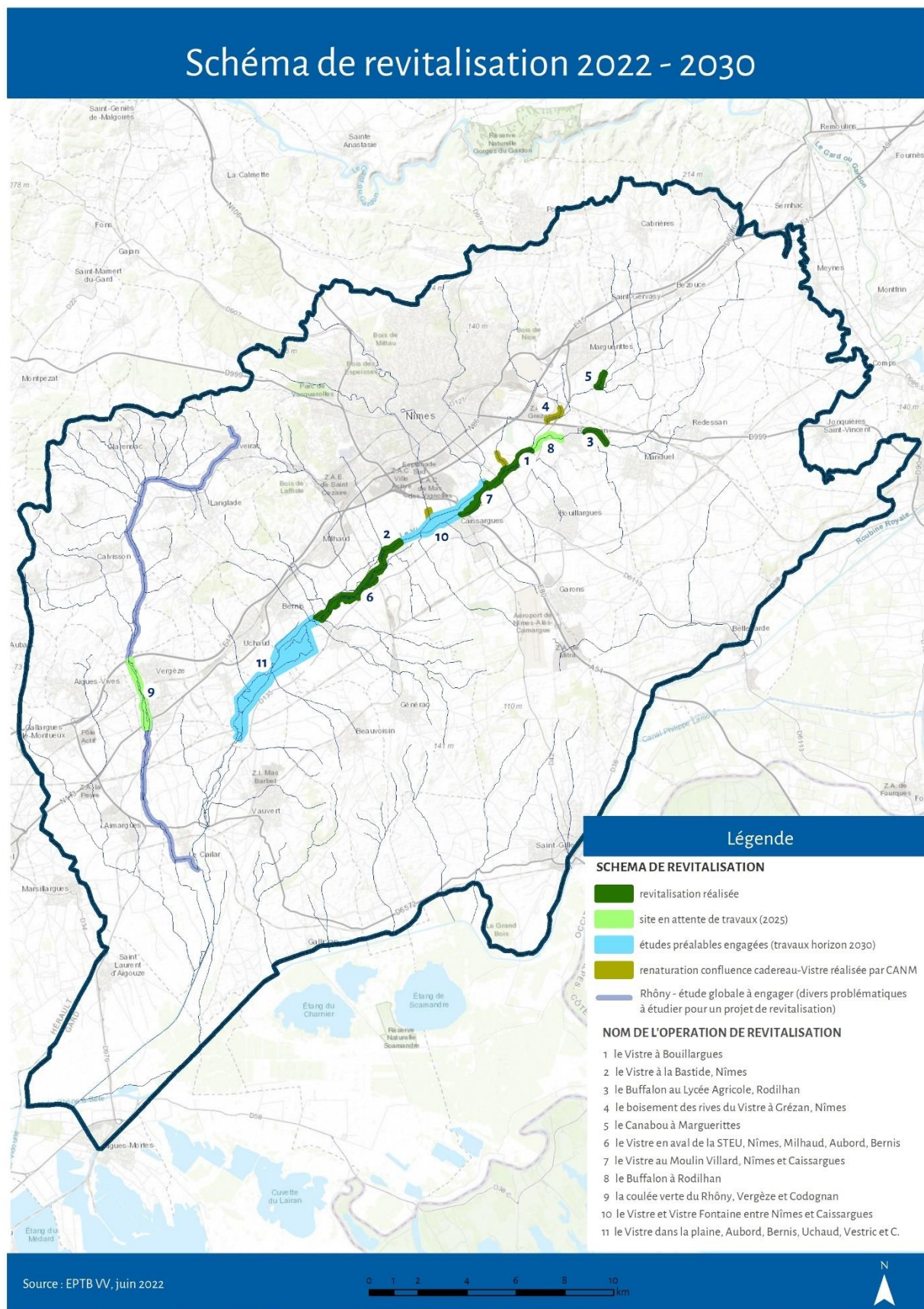
| Abréviation | Nom commun | Nom latin |
|-------------|--|--------------------------------|
| ABH | Able de heckel | <i>Leucaspis delineatus</i> |
| ABL | Ablette | <i>Alburnus alburnus</i> |
| ALA | Grande alose | <i>Alosa alosa</i> |
| ALF | Alose feinte | <i>Alosa fallax</i> |
| ANG | Anguille | <i>Anguilla anguilla</i> |
| APH | Aphanius d'Espagne | <i>Aphanius iberus</i> |
| APP | Ecrevisse à pieds blancs | <i>Autopotamobius pallipes</i> |
| APR | Apron | <i>Zingel asper</i> |
| ASA | Ecrevisse à pieds rouges | <i>Astacus astacus</i> |
| ASL | Ecrevisse à pattes grêles | <i>Astacus leptodactylus</i> |
| ATH | Atherine | <i>Atherina boyeri</i> |
| BAF | Barbeau fluviatile | <i>Barbus barbus</i> |
| BAM | Barbeau méridional | <i>Barbus meridionalis</i> |
| BBG | Black-bass à grande bouche | <i>Micropterus salmoides</i> |
| BBP | Black-bass à petite bouche | <i>Micropterus dolomieu</i> |
| BLE | Blennie fluviatile | <i>Blennius fluviatilis</i> |
| BLN | Blageon | <i>Leuciscus souffia</i> |
| BOU | Bouvière | <i>Rhodeus sericeus</i> |
| BRB | Brème bordelière | <i>Blicca bjoerkna</i> |
| BRE | Brème | <i>Abramis brama</i> |
| BRO | Brochet | <i>Esox lucius</i> |
| CAA | Carassin doré (poiss. rouge) | <i>Carassius auratus</i> |
| CAS | Carassin | <i>Carassius carassius</i> |
| CCO | Carpe commune | <i>Cyprinus carpio</i> |
| CCU | Carpe cuir | <i>Cyprinus carpio</i> |
| CDR | Crapet de roche | <i>Ambloplites rupestris</i> |
| GHA | Chabot | <i>Cottus gobio</i> |
| CHE | Chevaine | <i>Leuciscus cephalus</i> |
| CMI | Carpe miroir | <i>Cyprinus carpio</i> |
| COR | Corégone | <i>Coregonus sp</i> |
| CPV | Cyprinodonte de valence | <i>Valencia hispanica</i> |
| CRI | Cristivomer | <i>Salvelinus namaycush</i> |
| GYP | Cyprinidés (forme juvénile mal identifiée) | |
| EPI | Epinoche | <i>Gasterosteus aculeatus</i> |
| EPT | Epinochette | <i>Pungitius pungitius</i> |
| EST | Esturgeon | <i>Acipenser sturio</i> |
| FLE | Flet | <i>Platichthys flesus</i> |
| GAM | Gambusie | <i>Gambusia affinis</i> |
| GAR | Gardon | <i>Rutilus rutilus</i> |
| GOU | Goujon | <i>Gobio gobio</i> |

| | | |
|-----|------------------------------|------------------------------------|
| GRE | Gremille | <i>Gymnocephalus cernua</i> |
| HOT | Hotu | <i>Chondrostoma nasus</i> |
| HUC | Huchon | <i>Hucho hucho</i> |
| HYB | Hybride de cyprinidés | |
| IDE | Ide melanotte | <i>Leuciscus idus</i> |
| LOE | Loche d'étang | <i>Misgurnus fossilis</i> |
| LOF | Loche franche | <i>Nemacheilus barbatulus</i> |
| LOR | Loche de rivière | <i>Cobitis tenia</i> |
| LOT | Lotte de rivière | <i>Lota lota</i> |
| LOU | Bar (loup) | <i>Dicentrarchus labrax</i> |
| LPM | Lamproie marine | <i>Petromyzon marinus</i> |
| LPP | Lamproie de planer | <i>Lampetra planeri</i> |
| LPR | Lamproie de rivière | <i>Lampetra fluviatilis</i> |
| MGL | Mulet a grosse lèvre | <i>Chelon labrosus</i> |
| MUC | Mulet cabot | <i>Mugil cephalus</i> |
| MUD | Mulet dore | <i>Liza aurata</i> |
| MUP | Mulet porc | <i>Liza ramada</i> |
| OBL | Omble chevalier | <i>Salvelinus alpinus</i> |
| OBR | Ombre commun | <i>Thymallus thymallus</i> |
| OGL | Ecrevisse américaine | <i>Orconectes limosus</i> |
| PCC | Ecrevisse rouge de Louisiane | <i>Procambarus clarkii</i> |
| PCH | Poisson chat | <i>Ictalurus melas</i> |
| PER | Perche | <i>Perca fluviatilis</i> |
| PES | Perche soleil | <i>Lepomis gibbosus</i> |
| PFL | Ecrevisse signal | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| PLI | Plie | <i>Pleuronectes platessa</i> |
| PSR | Pseudorasbora | <i>Pseudorasbora parva</i> |
| ROT | Rotengle | <i>Scardinius erythrophthalmus</i> |
| SAN | Sandre | <i>Stizostedion lucioperca</i> |
| SAT | Saumon atlantique | <i>Salmo salar</i> |
| SCO | Saumon coho | <i>Oncorhynchus kisutch</i> |
| SDF | Saumon de fontaine | <i>Salvelinus fontinalis</i> |
| SIL | Silure glane | <i>Silurus glanis</i> |
| SPI | Spirin | <i>Alburnoides bipunctatus</i> |
| TAC | Truite arc en ciel | <i>Oncorhynchus mykiss</i> |
| TAN | Tanche | <i>Tinca tinca</i> |
| TOX | Toxostome | <i>Chondrostoma toxostoma</i> |
| TRF | Truite de rivière | <i>Salmo trutta fario</i> |
| TRL | Truite de lac | <i>Salmo trutta lacustris</i> |
| TRM | Truite de mer | <i>Salmo trutta trutta</i> |
| UMP | Poisson chien | <i>Umbra pygmea</i> |
| VAI | Vairon | <i>Phoxinus phoxinus</i> |
| VAN | Vandoise | <i>Leuciscus leuciscus</i> |

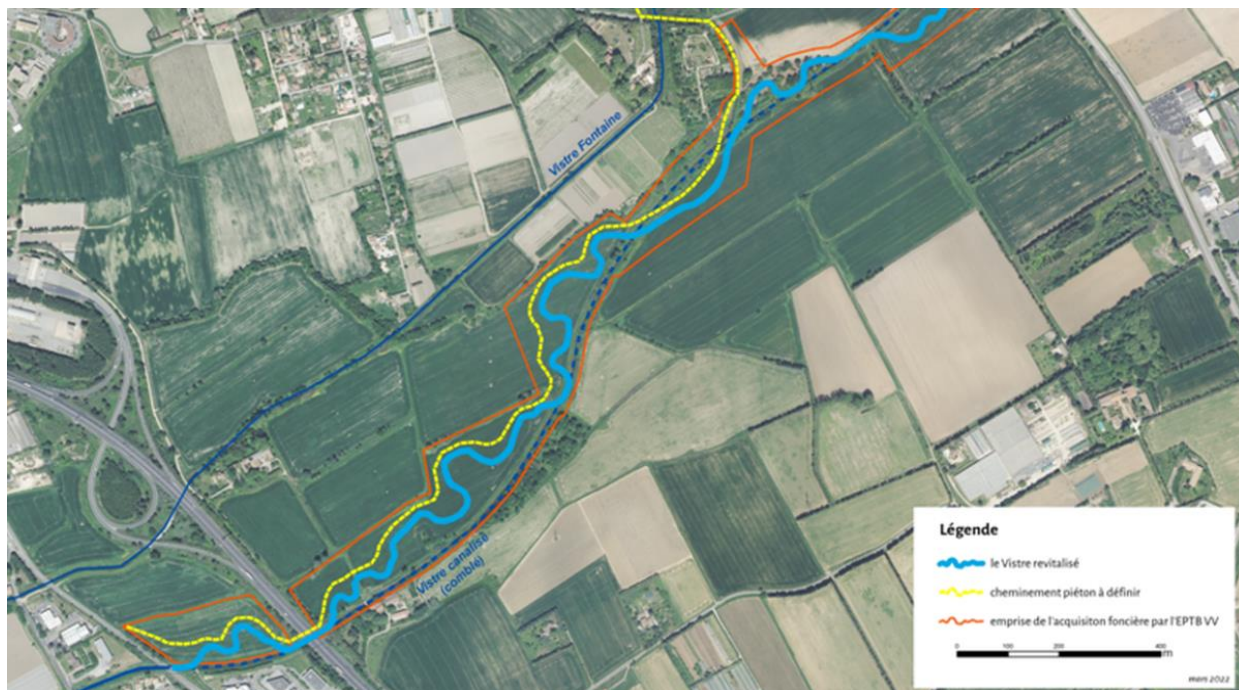
Annexe 12- Schéma de revitalisation initial (EPTB VV, 2017)



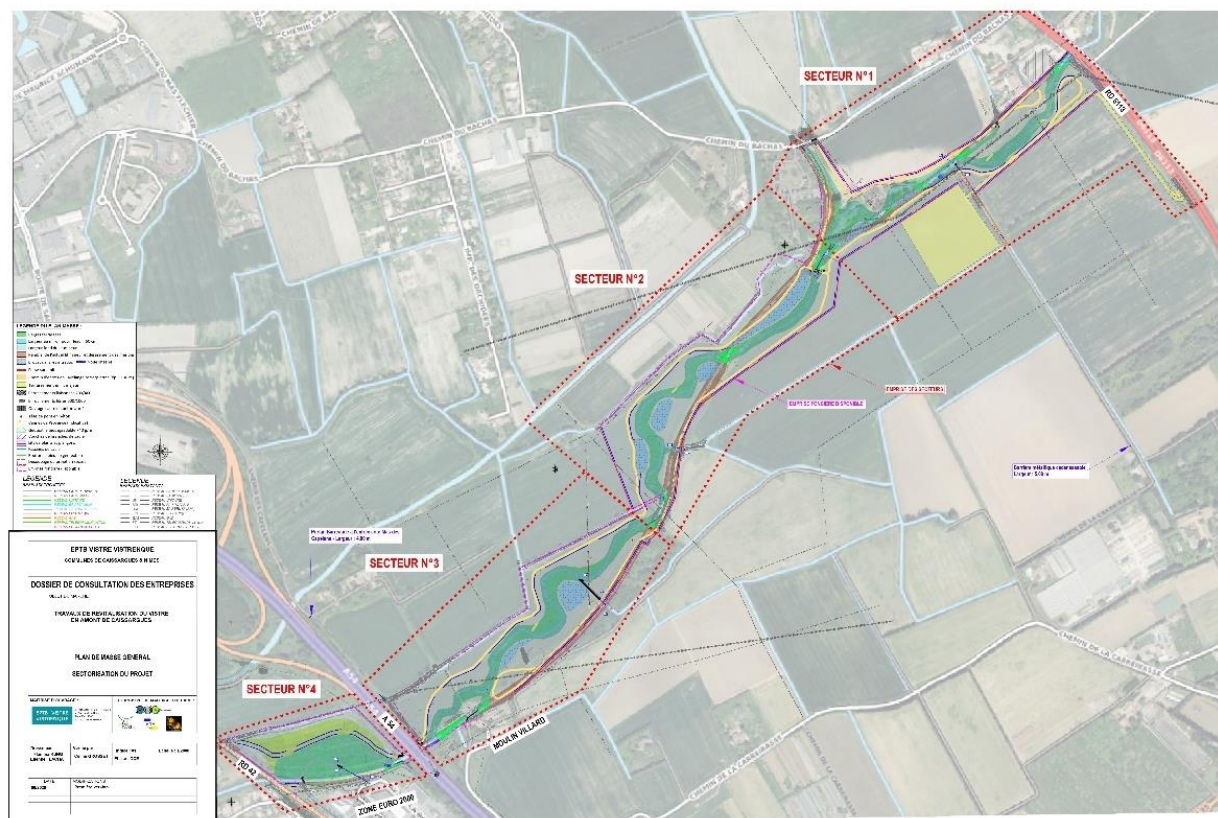
Annexe 13-Schéma de revitalisation révisé (EPTB VV, 2022)



Annexe 14- Schéma de la revitalisation à Caissargue (EPTB VV,2022)

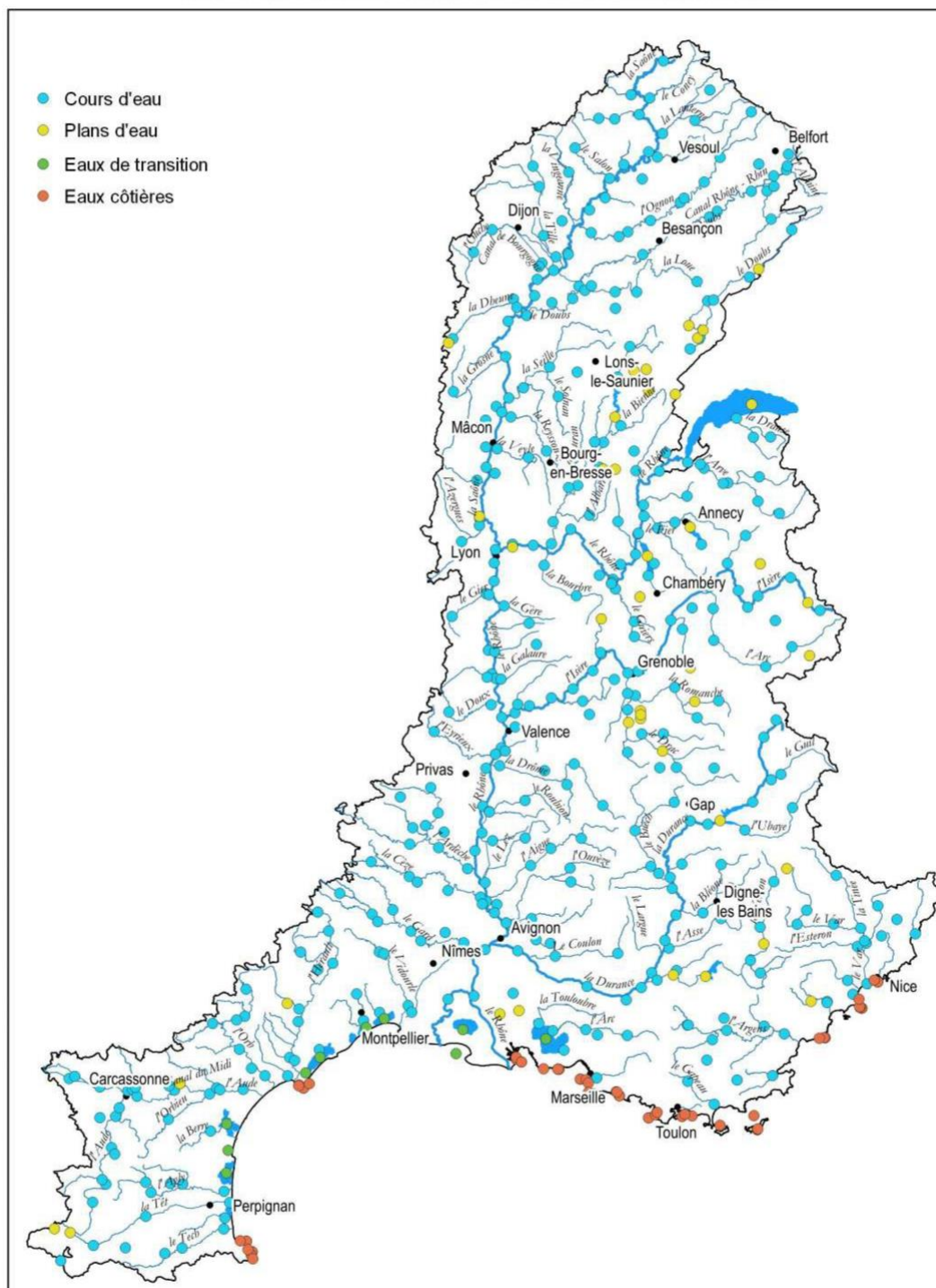


Annexe 15-plan de sectorisation du projet de revitalisation à Caissargues (EPTB VV, 2020)



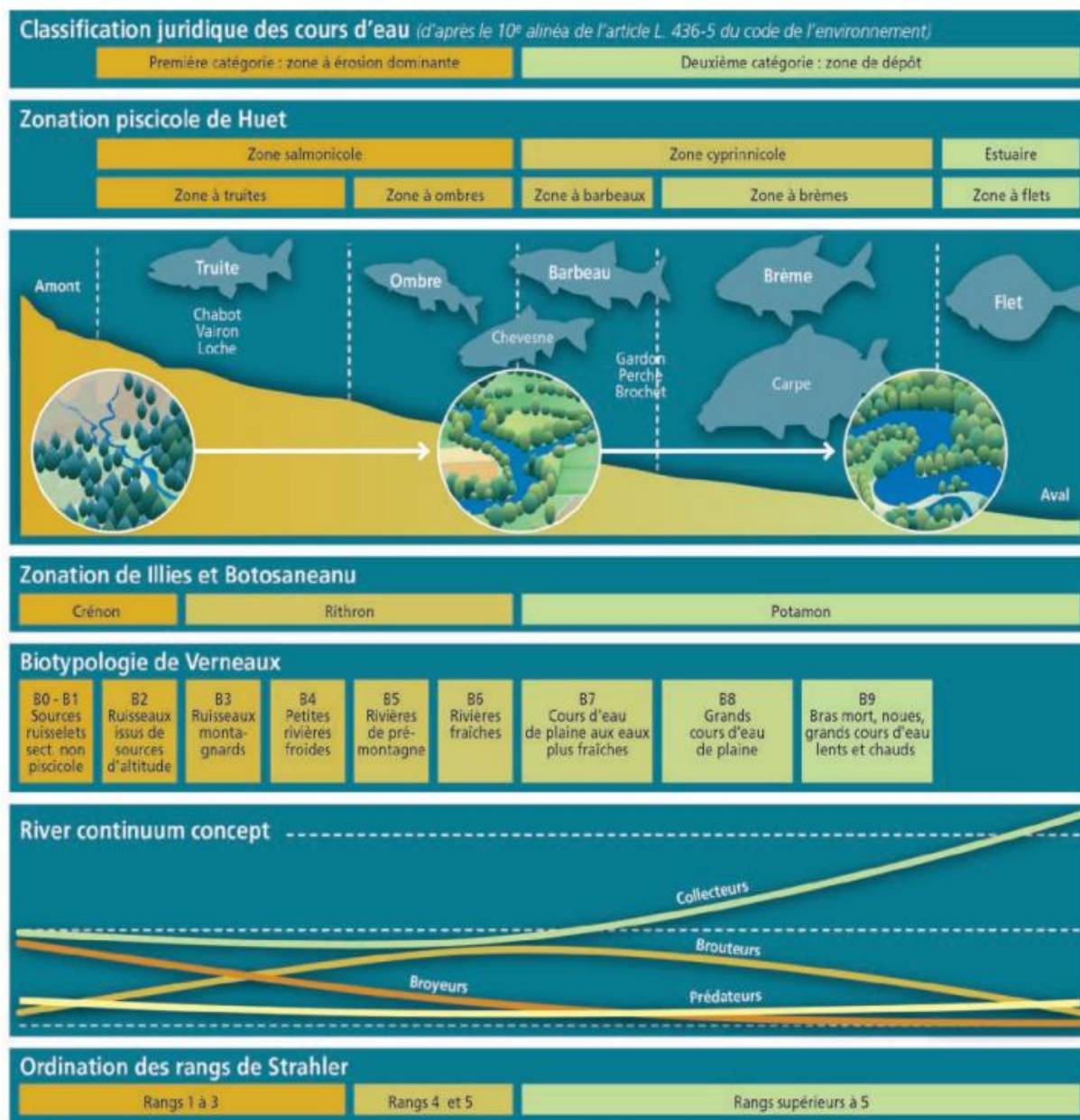
Annexe 16-Réseau de contrôle de surveillance des eaux de surface du bassin Rhône-Méditerranée (Eaufrance, Programme de surveillance 2022-2027, 2022)

Réseau de contrôle de surveillance des eaux de surface



Source : Programme de surveillance 2022-2027

Annexe 17- Les zonations écologiques des cours d'eau (illustration réalisée par l'OFB)



C. Couvert - Graphies



Mise en correspondance des zonations écologiques et typologiques des cours d'eau

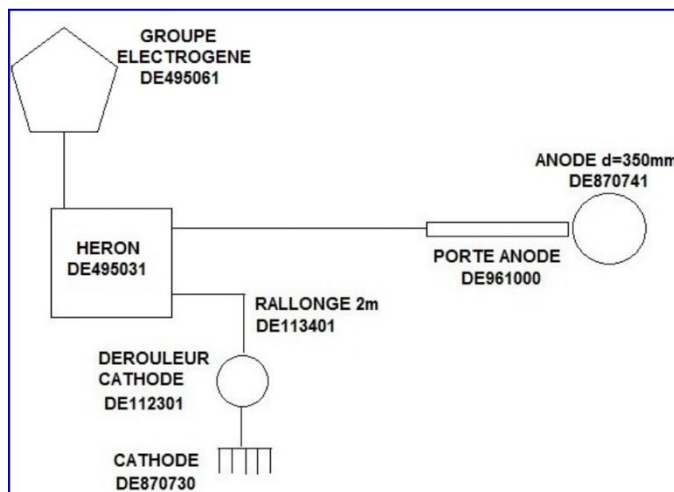
Annexe 18-Exemple d'une fiche terrain pour l'inventaire des poissons (OFB)

| LISTE POISSONS | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|--|--------------|----------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|------------|--------------|
| Heure de début de Pêche | | H | | Page n° | | 272 | | Pêche n° | | 7 | | | | | |
| Heure de fin de Pêche | | H | | ou type de points EPA : | | <input type="checkbox"/> Représ. <input type="checkbox"/> Complément | | Rivière | | VISTRE | | | | | |
| | | | | | | | | Station | | VISTRE à CAISSARGUE | | | | | |
| | | | | | | | | | | Date : 29/06/23 | | | | | |
| ESPECES | Longueur à la fourche (ou mm) | Longueur totale (ou mm) | Masse individuelle ou du lot en g | L | Effectif du lot | Pathologie | Observations | ESPECES | Longueur à la fourche (ou mm) | Longueur totale (ou mm) | Masse individuelle ou du lot en g | L | Effectif du lot | Pathologie | Observations |
| 1 | HIOIT | 11612 | 11413 | | | | | 26 | CAIS | 11618 | 11717 | | | | |
| 2 | CARPE | 151515 | 1291617 | | | | | 27 | CIAIS | 11710 | 11910 | | | | |
| 3 | PEIS | 11814 | 11113 | | | | | 28 | CIAIS | 11910 | 11414 | | | | |
| 4 | CAIR | 11718 | 11216 | | | | | 29 | CIAIS | 11610 | 11717 | | | | |
| 5 | CAIR | 11718 | 11216 | | | | | 30 | CAIR | 11810 | 11912 | | | | |
| 6 | SARGE | 15015 | 1214814 | | | | | 31 | CARPE | 12410 | 12312 | | | | |
| 7 | CARPE | 151515 | 121370 | | | | | 32 | CARPE | 12128 | 12128 | | | | |
| 8 | PEIS | 11112 | 11312 | | | | | 33 | CAIR | 12510 | 13125 | | | | |
| 9 | AINIG | 13010 | 11415 | | | | | 34 | CARPE | 12512 | 12618 | | | | |
| 10 | AINIG | 13815 | 111010 | | | | | 35 | HIOIT | 11519 | 11219 | | | | |
| 11 | AINIG | 13510 | 11813 | | | | | 36 | CAIR | 11012 | 11116 | | | | |
| 12 | CAIR | 12610 | 112113 | | | | | 37 | CAIR | 11012 | 11113 | | | | |
| 13 | CAIR | 12312 | 111318 | | | | | 38 | CAIR | 1100 | 1126 | | | | |
| 14 | CAIR | 11311 | 11710 | | | | | 39 | CAIR | 11518 | 11113 | | | | |
| 15 | CHKE | 12015 | 111012 | | | | | 40 | | | | | | | |
| 16 | CHKE | 12411 | 11613 | | | | | 41 | | | | | | | |
| 17 | CNIG | 12212 | 111218 | | | | | 42 | | | | | | | |
| 18 | CNIG | 12010 | 11812 | | | | | 43 | | | | | | | |
| 19 | CNIG | 12215 | 111216 | | | | | 44 | | | | | | | |
| 20 | AINIG | 141610 | 12013 | | | | | 45 | | | | | | | |
| 21 | AINIG | 141815 | 11918 | | | | | 46 | | | | | | | |
| 22 | AINIG | 151410 | 13318 | | | | | 47 | | | | | | | |
| 23 | HIOIT | 11715 | 11512 | | | | | 48 | | | | | | | |
| 24 | HIOIT | 11518 | 11314 | | | | | 49 | | | | | | | |
| 25 | HIOIT | 11315 | 11216 | | | | | 50 | | | | | | | |

Rappel : signification des lots :

- Lot N : mensurations (taille, poids) individuelles
- Lot I : Tailles mesurées individuellement; poids global du lot
- Lot G : (à éviter) taille du plus petit et plus grand poisson; poids global et effectif total du lot
- Lot L : Poids global et effectif du lot incluant l'échantillon "lot S" associé
- Lot S : échantillon attaché à un lot L précis; contenant au moins 30 poissons renseignés avec l'information individuelle taille (et éventuellement poids)

Annexe 20-Schéma de la configuration du matériel lors des pêches électrique (dreamelectronique)



Annexe 21-Correspondances des compartiment biotypologiques et des zonations selon la bibliographie (Raymon et Degiori, 2000)

| Blocénotypes VERNEAUX (1973-1976-1981) | Zones de débit LILIES & BOTOSANEANU [1963] | Zones piscicoles HUET (1947) | Zones dynamiques CUMMINS (1972) | exemples de type morphologiques ERNEAUX (1973-1981) + observations perso. |
|--|---|---|--|--|
| B0 | CRÉNON | non piscicole | ÉROSION DOMINANTE | Source et torrent glaciaires |
| B1 | | | | |
| B2 | épi | Sables des cours précédents Sables de nappes de plaine Rivière "glaciaire" ou ru montagnard | | |
| B3 | | | | méta |
| B4 | RHITHRON | Ombre | | |
| B5 | | | | hypo |
| B6 | épi | Brème | Sables des cours précédents Rivière de plaine | |
| B7 | | | | POTAMON |
| B8 | méta | Estuaire | | |
| B9 | | | hypo | |

Annexe 22-Correspondance des compartiments biotypologiques et des zonations selon la bibliographie (Raymond et Degiorgi, 2000)

Tableau XV : Tableau simplifié des principales causes potentielles des principales lésions anatomo-morphologiques des poissons

| Lésions | Principales causes potentielles |
|--|---|
| Maigreurs | Privation prolongée de nourriture, stress physiologique, parasitisme externe et interne, <i>intoxications chroniques</i> , bactérioses chroniques |
| Tumeurs et autres « grosseurs » | Virus, <i>contaminants environnementaux</i> , parasitisme, bactérioses chroniques, prédisposition génétique, vieillissement (à l'origine de mutations) |
| Déformations et malformations | <i>Métaux lourds (Cd, Pb, Zn)</i> , <i>pesticides organochlorés et organophosphorés</i> , parasitisme, virus, bactéries, toxines algales, sursaturations gazeuses, carences vitaminiques |
| Absence d'organes | Parasitisme, septicémies bactériennes, frottements, blessures, cannibalisme, prédation, turbines de centrales hydroélectriques, sursaturations gazeuses |
| Altérations de la couleur | Infections virales, bactériennes, parasitaires, mycosiques, tumeurs, stress, hypoxie, excès de CO ₂ , sursaturations gazeuses, carences vitaminiques, irritations |
| Lésions hémorragiques | Maladies infectieuses, parasitisme, traumatismes, plaies, blessures, irritations, carences en vitamine A |
| Erosions | Carences alimentaires et vitaminiques, <i>Pollutions chimiques</i> , brûlures, engins de capture, frottements, parasitoses et bactérioses externes |
| Nécroses | <i>Métaux lourds</i> , <i>pollutions chimiques (pétrole brut, Cd, effluents de pâte à papier)</i> , carences nutritionnelles, brûlures (UV), traumatismes, cannibalisme, parasitoses externes, maladies bactériennes et virales |
| Ulcères (hémorragiques) | <i>Pollutions chimiques</i> , <i>hydrocarbures</i> , nutrition déficiente, infections bactériennes ou mycosiques, parasites, traumatismes, prédateurs |

Annexe 23-Grille de codification des pathologies (Elie P. et Girard P., 2014)

| Grille de codification des anomalies anatomo-morphologiques externes et des ectoparasites des poissons visibles à l'œil nu | | Code |
|--|---|------|
| Altérations anatomo-morphologiques | Localisations anatomiques | |
| Absence d'organes | Tout le corps | C |
| Bulles de gaz | Tête | T |
| Déformations, difformités et malformations | Mâchoire | M |
| Erosion | Bouche | G |
| Nécrose | Barbillon | J |
| Hypersécrétion de mucus | Narine | Z |
| Hypertrophie et hyperplasie | Ceil | Y |
| Lésions hémorragiques et congestives | Opercule (fente branchiale chez l'anguille) | O |
| Maigreurs | Branchie (sauf anguille, congre, lamproie) | B |
| Plaies et lésions anciennes (cicatrices) | Dos (= face pigmentée ou zénithale) | D |
| Tumeurs, kystes, nodules et autres grosseurs | Colonne vertébrale | V |
| Ulcères (hémorragiques) et ulcérations | Flanc | F |
| Etat pathologique multiforme | Ligne latérale | L |
| Altérations de la couleur | Ecaille | E |
| Opacité | Abdomen (= face aveugle ou nadirale) | A |
| Coloration sombre (mélanose) | Orifice urogénital (anus) | U |
| Coloration terne ou pâle, dépigmentation | Nageoire dorsale | H |
| Parasitisme | Nageoire pectorale | P |
| Points blancs | Nageoire pélvienne | R |
| Points noirs | Nageoire anale | S |
| Crustacés | Nageoire caudale | Q |
| Hirudines (sangues) | Nageoire adipeuse (salmonidés seulement) | J |
| Lamproies | Pédoncule caudal | K |

Figure 1 : Code des anomalies établi par l'ASPS

| Grille de quantification des anomalies et du parasitisme externe | | Code |
|--|--|------|
| Nombre de lésions (N) et/ou Abondance parasitaire (Ab) | Taux (%) de recouvrement corporel (S²) | |
| N = 0 et/ou absence (Ab) | S ² = 0 % | 0 |
| N < 3 et/ou abondance (Ab) faible | S ² < 5 % | 1 |
| N = 4-6 et/ou abondance (Ab) moyenne | S ² = 5-10 % | 2 |
| N = 7-10 et/ou abondance (Ab) forte | S ² = 10-20 % | 3 |
| N > 10 et/ou abondance (Ab) très forte | S ² > 20 % | 4 |

Figure 2 : Code (Q) de la quantification des lésions établi par l'ASPS

Annexe 24- Grille d'interprétation biologique des classes de taille d'anguille (d'après Lambert et Rigaud, 1999)

| Classe de taille (mm) | Correspondance biologique | Correspondance « Comportement migratoire » |
|----------------------------------|--|--|
|] 50 – 150] | Civelle et jeune anguille jaune d'un été | En migration anadrome |
|] 150 – 300] | Anguille jaune non sexuellement différenciée d'au moins 2 étés | Potentiellement en migration anadrome |
|] 300 – 450] | Anguille mâle jaune et argentée, femelle jaune | Mâles considérés comme sédentaires ou en migration catadrome – Femelles considérées comme sédentaires |
|] 450 – 600] | Anguille femelle jaune ou argentée, anguille mâle présentant un retard dans sa migration génésique | Femelles considérées comme sédentaires ou en migration catadrome – Sédentarisation définitive possible des mâles |
|] 600 – 1200] | Anguille femelle qui présente un retard pour sa migration génésique | Sédentarisation définitive possible des femelles |

Annexe 25-Photographies des pathologies observées lors des inventaires piscicoles à Caissargues et Bouillargues en 2023









| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| Hémorragie à l'abdomen sur chevaine (Bouillargues) | Hémorragie à la bouche sur gardon (Bouillargues) | Sangsue à la narine sur gardon (Bouillargues) |
|  | | |
| Nécrose de la bouche et de la caudale sur chevaine (Caissargues) | | |
|  | | |
| Hémorragie à la tête et à la nageoire pelvienne sur chevaine (Caissargues) | | |
|  |  | |
| Plaie et nécrose sur abdomen d'un gardon (Caissargues) | Erosion du flanc sur gardon (Caissargues) | |
|  | | |
| Hémorragie à la tête sur gardon (Caissargues) | | |

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | CONTEXTE DU STAGE | 2 |
| 1.1 | LA FEDERATION DE PECHE DU GARD : ACTEUR DE L'EAU DU TERRITOIRE | 2 |
| 1.1.1 | <i>La fédération de pêche</i> | 2 |
| 1.1.2 | <i>L'équipe de l'association</i> | 2 |
| 1.1.3 | <i>Financement</i> | 3 |
| 1.1.4 | <i>Présentation du territoire</i> | 3 |
| 1.2 | CONTEXTE DE L'ETUDE | 5 |
| 1.2.1 | <i>La commande de l'EPTB Vistre Vistrenque</i> | 5 |
| 1.2.2 | <i>Objectif de l'étude</i> | 6 |
| 1.3 | PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : LE BASSIN VERSANT DU VISTRE AMONT | 6 |
| 1.3.1 | <i>Caractéristiques physiques et hydriques de la bio-région</i> | 7 |
| 1.3.2 | <i>Une biodiversité dégradée</i> | 9 |
| 1.3.3 | <i>Contexte économique et social</i> | 10 |
| 1.3.4 | <i>Evolutions et dynamiques de la rivière Vistre</i> | 10 |
| 1.3.4.1 | L'état initial du réseau hydrographique | 11 |
| 1.3.4.2 | Le Vistre avant le XX ^e siècle | 11 |
| 1.3.4.3 | Le Vistre au XX ^e siècle | 13 |
| 1.3.4.4 | Le Vistre au XXI ^e siècle | 17 |
| 1.3.5 | <i>Les stations de pêches électriques</i> | 18 |
| 2 | CADRE INSTITUTIONNEL ET THEORIQUE DU SUIVI PISCICOLE..... | 19 |
| 2.1 | LES DIRECTIVES EUROPEENNES | 19 |
| 2.2 | L'APPLICATION DES DIRECTIVES EN FRANCE | 19 |
| 2.2.1 | <i>A l'échelle nationale</i> | 19 |
| 2.2.2 | <i>A l'échelle des grands bassins versants</i> | 20 |
| 2.2.3 | <i>A l'échelle du SAGE</i> | 20 |
| 2.2.4 | <i>A l'échelle du département</i> | 20 |
| 2.3 | ANALYSE ET CRITIQUE DE LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE SUR LE SUIVI PISCICOLE | 21 |
| 2.3.1 | <i>Intérêt et spécificité de l'ichtyofaune</i> | 21 |
| 2.3.2 | <i>Les différentes analyses ichtyologiques</i> | 21 |
| 2.4 | PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE DU STAGE..... | 24 |
| 3 | DEMARCHE METHODOLOGIQUE | 24 |
| 3.1 | PRESENTATION DES MISSIONS DU STAGE | 24 |
| 3.2 | MATERIEL ET METHODOLOGIE APPLIQUEE A L'ETUDE | 25 |
| 3.2.1 | <i>Protocoles de suivi piscicoles</i> | 25 |
| 3.2.1.1 | Pêche électrique par prospection à pied complète | 25 |
| 3.2.1.2 | Données hydromorphologiques | 26 |
| 3.2.2 | <i>Matériel de pêche</i> | 27 |
| 3.2.3 | <i>Traitement et analyse des données de pêche électriques</i> | 28 |
| 3.2.3.1 | Analyse statistique du peuplement piscicole | 28 |
| 3.2.3.2 | L'Indice Poisson Rivière..... | 29 |
| 3.2.3.3 | Biotypologie de Jean Verneaux | 30 |
| 3.2.3.4 | Écopathologie | 32 |
| 3.2.3.5 | Température | 34 |
| 4 | RESULTATS ET ANALYSES DES PECHEES ELECTRIQUES..... | 34 |
| 4.1 | SYNTHESE DES PECHEES ELECTRIQUES PAR SITE REVITALISE (APPROCHE STATIONELLE) | 35 |
| 4.1.1 | <i>« Le Vistre à Bouillargues » (site revitalisé n°1)</i> | 35 |
| 4.1.2 | <i>« Le Vistre à la Bastide, Nîmes » (site revitalisé n°2)</i> | 41 |
| 4.1.3 | <i>« Le Vistre en aval de la STEU, Nîmes, Milhaud, Aubord, Bernis » (site revitalisé n°6)</i> | 44 |
| 4.1.4 | <i>« Le Vistre au Moulin Villard, Nîmes et Caissargues » (n°7)</i> | 61 |
| 4.2 | CROISEMENT ET INTERPRETATION DES RESULTATS DU VISTRE (APPROCHE GLOBALE) | 66 |
| 4.2.1 | <i>Thermie du cours d'eau</i> | 66 |
| 4.2.2 | <i>Densités et biomasses globales moyennes</i> | 69 |
| 4.2.3 | <i>L'Indice Poisson Rivière</i> | 71 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.2.4 | Biotypologie de Verneaux..... | 72 |
| 4.3 | BILAN DE L'ETAT DES PEUPEMENTS..... | 74 |
| 5 | DISCUSSIONS | 75 |
| 5.1 | PROPOSITION D'AXES DE TRAVAIL POUR LA SUITE DU SUIVI | 75 |
| 5.2 | RETOUR SUR L'APPLICATION DES INDICES PISCICOLES DANS LE BASSIN VERSANT..... | 76 |
| 5.3 | PISTES D'AMELIORATION ENVISAGEES | 79 |
| 5.4 | LIEN AVEC LE MASTER GEMO..... | 79 |

Liste des cartes

| | |
|--|----|
| Carte 1- Bassins versants du Gard | 4 |
| Carte 2-Contextes piscicoles des cours d'eau du Gard-PDPG en cours de réactualisation | 5 |
| Carte 3- Carte de la zone d'étude : le Vistre Amont..... | 7 |
| Carte 4-Carte simplifiée de la géologie de la Zone d'étude (FDPPMA 30, BRGM) | 8 |
| Carte 5-Occupation du sol de la zone d'étude (FDPPMA 30, Corine Land Cover) | 9 |
| Carte 6-Le canal du Vistre sur la carte de Cassini (EPTB VV) | 12 |
| Carte 7- Schéma du suivi environnemental des sites revitalisés et à revitaliser (EPTB V, 2022 ; modifié par Lucas Valenzuela, 2023) | 18 |
| Carte 8-Schéma du suivi environnemental des sites revitalisés et à revitaliser ainsi que l'évolution de l'état des peuplements piscicoles entre 2001 et 2023 (EPTB V, 2022 ; modifié par Lucas Valenzuela (fdppma30), 2023)..... | 71 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1-Moulin du Cailar au 19ème siècle | 12 |
| Figure 2-VISTRE A VESTRIC-ET-CANDIAC EN 2016..... | 14 |
| Figure 3 Profil du Vistre après (Profil actuel du Vistre (2013)) et avant canalisation (Profil ancien du Vistre) (cerdat environnement, 2013) | 14 |
| Figure 4-Profil d'un lit restauré selon cerdat environnement, 2013..... | 16 |
| Figure 5 Exemple de prospection à pied (Guide de pêche électrique, OFB, 2012)..... | 26 |
| Figure 6- Matériel de pêche électrique type "hérons" (dream-electronique)..... | 27 |
| Figure 7-Grille d'interprétation de l'état de santé des poissons | 33 |
| Figure 8- Sonde thermique..... | 34 |
| Figure 9-Localisation des stations "Pont de Milhaud" et "Milhaud" | 51 |
| Figure 10-Localisation des stations "Caissargues A54", "Caissargues 2023" et "Caissargues RD6113" ... | 61 |

Liste des graphiques

| | |
|---|----|
| Graphique 1- Exemple d'une structure de taille polymodale pour une population de truite fario, impliquant la présence de plusieurs cohortes | 28 |
| Graphique 2- Effectifs estimé de poissons capturés par pêche électrique à Bouillargues en 2017 et 2023 (Méthode Carle & Strub) | 36 |
| Graphique 3-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site de Bouillargues en 2017 et 2023..... | 36 |
| Graphique 4-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique à Bouillargues en 2017 et 2023..... | 36 |
| Graphique 5- Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre à Bouillargues : | 37 |
| Graphique 6-Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques à Bouillargues en 2017 et 2023 | 38 |
| Graphique 7-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques de Bouillargues en 2017 et 2023 | 39 |
| Graphique 8- Proportion des faciès d'écoulement sur les deux pêches électriques du Vistre à Bouillargues : | 39 |
| Graphique 9-Effectifs réel de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Bastide en 2010,2012 et 2013..... | 41 |
| Graphique 10- Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre de Bastide en 2010, 2012 et 2013..... | 41 |
| Graphique 11-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Bastide en | |

| | |
|---|----|
| 2010, 2012 et 2013..... | 42 |
| Graphique 12- Classes de tailles des barbeaux fluviatile capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Bastide en 2010, 2012 et 2013..... | 42 |
| Graphique 13 -Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre à la Bastide : | 42 |
| Graphique 14-Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques du Vistre à la Bastide en 2010,2012 et 2013 | 43 |
| Graphique 15-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques du Vistre à la Bastide en 2010,2012 et 2013 | 44 |
| Graphique 16-Effectifs réel de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à Aubord en 2001,2002,2003 et 2004 | 45 |
| Graphique 17-Classes de tailles des anguilles capturées par pêche électrique sur le Vistre à Aubord en 2001, 2002, 2003 et 2004..... | 45 |
| Graphique 18-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site d'Aubord en 2001,2002,2003 et 2004 | 46 |
| Graphique 19-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques sur le site d'Aubord en 2001,2002,2003 et 2004 | 46 |
| Graphique 20-Effectifs réel de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Civelle en 2010,2012 et 2013..... | 47 |
| Graphique 21-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Civelle en 2010, 2012 et 2013..... | 48 |
| Graphique 22-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le Vistre à la Civelle en 2010, 2012 et 2013..... | 48 |
| Graphique 23- Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre à la Civelle : | 48 |
| Graphique 24- Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques sur le Vistre à la Civelle : | 49 |
| Graphique 25-Effectifs de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 (effectifs bruts) et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 (effectifs estimés par Méthode Carle & Strub) Espèces repères | 51 |
| Graphique 26-Classes de tailles des barbeaux fluviatile capturés par pêche électrique sur le site Pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013 | 52 |
| Graphique 27-Classes de tailles des barbeaux fluviatile capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021 | 52 |
| Graphique 28-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site Pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013..... | 53 |
| Graphique 29-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021..... | 53 |
| Graphique 30-Classes de tailles des hotus et spirilins capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021 | 54 |
| Graphique 31-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre au pont de Milhaud en 2010, 2012 et 2013 | 54 |
| Graphique 32- Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le Vistre à Milhaud en 2019, 2020 et 2021..... | 54 |
| Graphique 33-Effectifs de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 (effectifs bruts) et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 (effectifs estimés par Méthode Carle & Strub) Espèces exotiques envahissantes | 55 |
| Graphique 34- Effectifs de poissons capturés par pêche électrique sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 (effectifs bruts) et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 (effectifs estimés par Méthode Carle & Strub) Autres espèces | 55 |
| Graphique 35-Proportion de biomasse à l'hectare des espèces repères par rapport aux biomasses totales des pêches électriques du Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, | |

| | |
|--|----|
| 2020, 2021 : Espèces repères | 56 |
| . Graphique 36-Proportion de biomasse à l'hectare des espèces repères par rapport aux biomasses totales des pêches électriques du Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 : Espèces autres | 57 |
| Graphique 37-Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021 | 57 |
| Graphique 38- Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques sur le Vistre à "Pont de Milhaud" en 2010,2012, 2013 et "Milhaud" en 2019, 2020, 2021. | 59 |
| Graphique 39-Proportion des faciès d'écoulement sur les trois pêches électriques du Vistre à la station "Pont de Milhaud" | 60 |
| Graphique 40- Proportion des faciès d'écoulement sur les trois pêches électriques du Vistre à la station "Milhaud" | 60 |
| Graphique 41- Effectifs estimés de poissons capturés par pêche électrique sur le site revitalisé de Caissargues entre 2020 et 2023 (Méthode Carle & Strub) | 62 |
| Graphique 42-Classes de tailles des goujons capturés par pêche électrique sur le site revitalisé de Caissargues en 2020 et 2023 | 62 |
| Graphique 43-Classes de tailles des anguilles capturés par pêche électrique sur le site revitalisé de Caissargue en 2020 et 2023 | 63 |
| Graphique 44- Proportion de biomasse à l'hectare des espèces les plus représentées sur le Vistre Caissargues : | 63 |
| Graphique 45- Proportion des composantes T1, T2 et T3 dans la note globale du NTT sur les pêches électriques du Vistre à Caissargues | 64 |
| Graphique 46-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques du Vistre à Caissargues : | 65 |
| Graphique 47- Proportion des faciès d'écoulement sur les trois pêches électriques du Vistre à Caissargues : | 65 |
| Graphique 48- Température moyenne journalière de l'eau sur le Vistre à Vestric-et-Candiac et température létale des espèces repères du contexte | 67 |
| Graphique 49-Température moyenne journalière de l'eau sur le Vistre à Vestric-et-Candiac et preferendum thermique des espèces repères du contexte..... | 68 |
| Graphique 50-Température moyenne des 30 jours les plus chauds mesurées chaque années et dates médianes correspondantes | 68 |
| Graphique 51-Niveau Typologique Théorique des stations sur le Vistre amont en fonction de leur distance à la source | 73 |
| Graphique 52- Evolution de la richesse piscicole observée comparé à la richesse théorique sur le bassin versant amont du Vistre : | 78 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| <i>Tableau 1-Tableaux des avantages, contraintes et limites de l'utilisation de l'ichtyofaune. Raymond, J. & Degiorgi, F. (2000).</i> | 21 |
| Tableau 2-Digramme de Gantt des missions réalisées..... | 25 |
| Tableau 3- Tableau synthétique des longueurs de linéaires minimales à prospecter pour réaliser un échantillonnage exhaustif en fonction de la largeur des cours d'eau prospectés (d'après Belliard et al., 2012) | 25 |
| Tableau 4-Synthèse des variables abiotiques prises en compte lors du calcul de l'IPR..... | 29 |
| Tableau 5-Synthèse des classes de qualité associées aux scores de l'IPR..... | 29 |
| Tableau 6-Synthèse des métriques biotiques utilisées pour le calcul de l'IPR..... | 29 |
| Tableau 7-Répartition longitudinale (au sens biotypologique) des abondances optimales potentielles de 40 espèces (CSP DR, 1995) (Raymond et Degiorgi, 2000) | 31 |
| Tableau 8-Correspondance entre la prévalence des lésions et les classes de qualité de l'eau établies par l'Agence de l'Eau (d'après Girard, 1998) | 33 |

| | |
|---|----|
| Tableau 9-Légende des occurrences et abondances selon la biotypologie de Verneaux..... | 35 |
| Tableau 10-Légende des occurrences selon l'IPR..... | 35 |
| Tableau 11-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Bouillargues 2017,2023 | 38 |
| Tableau 12-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Bouillargues 2017,2023..... | 39 |
| Tableau 13- Résultats codes pathologiques et indices pathologiques : Bouillargues 2023..... | 40 |
| Tableau 14- Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Bastide | 43 |
| Tableau 15-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Bastide..... | 44 |
| Tableau 16-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Aubord..... | 47 |
| Tableau 17-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Civelle..... | 49 |
| Tableau 18-Proportion des scores associés aux métriques, calculé selon l'IPR pour les pêches électriques sur le site à la Civelle en 2010, 2012et 2013 | 50 |
| Tableau 19-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Civelle..... | 50 |
| Tableau 20-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Pont de Milhaud et Milhaud..... | 58 |
| Tableau 21-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Pont de Milhaud et Milhaud..... | 60 |
| Tableau 22-Tableau de comparaison des occurrences et abondances définies selon la méthode biotypologique de Verneaux : Caissargues | 64 |
| Tableau 23-Tableau de comparaison des occurrences définies selon la méthode de l'IPR : Caissargues | 65 |
| Tableau 24-- Résultats codes pathologiques et indices pathologiques : Caissargues 2023..... | 66 |
| Tableau 25-Date de début et fin du suivi de la thermie de l'eau du Vistre à Vestric-et-Candiac | 67 |
| Tableau 26- Tableau et légende de comparaison des densités d'individus et biomasses à l'hectare avant et après travaux..... | 69 |
| Tableau 27-Tableau de comparaison des occurrences et abondances (biotypologique de Verneaux) avant et après travaux pour les espèces repères et cible : | 72 |

Liste des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1-AAPPMA du Gard 2023. Sources : Données FDPPMA30..... | 84 |
| Annexe 2-Carte du relief du Gard..... | 85 |
| Annexe 3- Organigramme de la fédération de pêche et de protection des milieux aquatiques (06/04/2023, FDPPMA 30) | 86 |
| Annexe 4-Altimétrie de la zone d'étude (FDP 30 PDPG)..... | 87 |
| Annexe 5- Carte du Risque inondation sur le bassin du Vistre (EPTB Vistre, 2019)..... | 87 |
| Annexe 6-Carte des zones humides sur le bassin du Vistre (EPTB Vistre, 2019) | 88 |
| Annexe 7-Carte des espaces naturels protégés sur le bassin du Vistre (EPTB Vistre, 2019) | 89 |
| Annexe 8-Carte des cours d'eau en zone d'action prioritaire pour l'anguille (Dreal, 2021)..... | 90 |
| Annexe 9- Etat écologique des cours d'eau du bassin versant du Vistre (EPTB VV, 2019) | 91 |
| Annexe 10-Démographie sur le bassin versant du Vistre VV (EPTB, 2022)..... | 92 |
| Annexe 11-Liste des espèces piscicoles (abréviation, nom commun, nom latin) (source: inconnu)..... | 93 |
| Annexe 12- Schéma de revitalisation initial (EPTB VV, 2017) | 95 |
| Annexe 13-Schéma de revitalisation révisé (EPTB VV, 2022)..... | 96 |
| Annexe 14- Schéma de la revitalisation à Caissargue (EPTB VV,2022) | 97 |
| Annexe 15-plan de sectorisation du projet de revitalisation à Caissargues (EPTB VV, 2020)..... | 97 |
| Annexe 16-Réseau de contrôle de surveillance des eaux de surface du bassin Rhône-Méditerranée (Eaufrance, Programme de surveillance 2022-2027, 2022)..... | 98 |
| Annexe 17-Les zonations écologiques des cours d'eau (illustration réalisée par l'OFB) | 99 |

| | |
|---|-----|
| Annexe 18-Exemple d'une fiche terrain pour l'inventaire des poissons (OFB)..... | 100 |
| Annexe 19-Exemple d'une Fiche terrain pour saisir les données morphologiques de la station (OFB) . | 101 |
| Annexe 20-Schéma de la configuration du matériel lors des pêches électrique (dreamelectronique).. | 102 |
| Annexe 21-Correspondances des compartiment biotypologiques et des zonations selon la bibliographie (Raymon et Degiori, 2000)..... | 102 |
| Annexe 22-Correspondance des compartiments biotypologiques et des zonations selon la bibliographie (Raymond et Degiorgi, 2000)..... | 103 |
| Annexe 23-Grille de codification des pathologies (Elie P. et Girard P., 2014) | 103 |
| Annexe 24- Grille d'interprétation biologique des classes de taille d'anguille (d'après Lambert et Rigaud, 1999)..... | 104 |
| Annexe 25-Photographies des pathologies observées lors des inventaires piscicoles à Caissargues et Bouillargues en 2023 | 105 |

Liste des sigles

FDPPMA : Fédération Départemental pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

AAPPMA : Association Agrée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

DCE : Directive Cadre Européenne sur l'Eau

EPTB : Établissement Public Territorial de Bassin

PDPG : Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion piscicole

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Les abréviations des espèces piscicoles est disponible en annexe 11

Mots clés : Diagnostic piscicole ; Restauration Vistre ; Indice ichtyologique ; Analyse piscicole ; Trajectoire piscicole