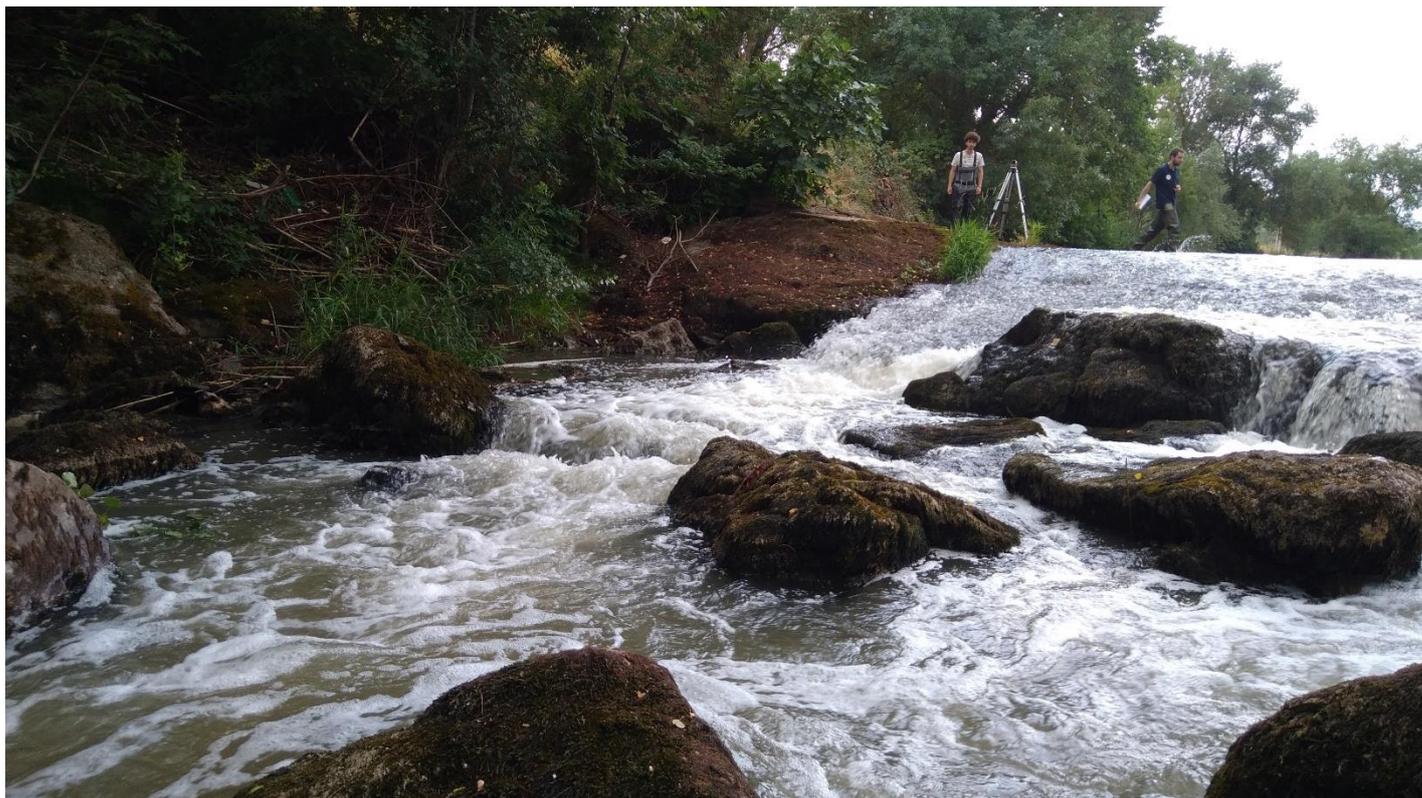


# Note technique : Projet de restauration de la continuité écologique sur le Fresquel

## DIAGNOSTIC PRÉALABLE AU RÉTABLISSEMENT DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE SUR LE SEUIL DE LA SEIGNE (MOULIN DU PONT ROMAIN (ROE 46 964)).



## Table des matières

1. Introduction :	4
2. Présentation du site :	6
2.1 Présentation générale	6
2.2 Présentation de l'ouvrage et débits associés	7
2.3 Contexte historique de l'ouvrage	8
2.4 Propriété	9
<b>2.4 Contexte Règlementaire du Fresquel :</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Contexte hydrologique du Fresquel à proximité du seuil de la Seigne :</b>	<b>11</b>
<b>2.6 Contexte biologique du FRESQUEL sur la zone d'étude:</b>	<b>12</b>
2.6.1 Caractéristiques morphologiques de la station	12
2.6.2 Composition des peuplements	13
2.6.3 Structuration des espèces repères	14
2.4.5 Analyse des résultats de l'Indice Poisson Rivière (IPR)	16
2.4.6 Analyse critique des résultats	17
2.5 Les gains écologiques potentiels	17
3. Estimation de la franchissabilité de l'ouvrage selon la méthode de l'Information sur la Continuité Ecologique (ICE, ONEMA 2015)	17
<b>3.1 Détermination des capacités de franchissement des espèces repères :</b>	<b>17</b>
3. Application du protocole ICE au seuil de la Seigne	18
<b>3.1 Notion de franchissabilité appliquée aux obstacles verticaux ou quasi-verticaux (source ICE) :</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Diagnostic de franchissabilité appliqué aux seuils de la Seigne</b>	<b>20</b>
4. orientation d'aménagement	23
<b>4.1 Abaissement de la côte de l'ouvrage</b>	<b>23</b>
4.1.1 Les usages associés	23
4.1.2 Mobilité du lit et enjeux associés	25
4.1.1 Positionnement des transects et caractéristiques géométriques au niveau de l'ouvrage	27
4.1.2 Calage du modèle selon un état initial	28
4.1.3 Scénario de l'arasement partiel	30
4.1.4 Scénario de l'arasement total	33
4.2 Equipement de l'ouvrage	34
4.4 Rivière de contournement	36
4.4.1 Contournement en rive droite	37
4.4.2 Contournement en rive gauche	38

5. Synthèse des éléments techniques et financiers .....	41
5.1 Analyse des éléments clés en faveur de la suppression totale .....	41
5.2 Récapitulatif des avantages et inconvénients des 5 scénarios .....	42
Synthèse des éléments bibliographiques : .....	43

# 1. Introduction :

Le seuil de la Seigne est désormais le premier ouvrage bloquant que rencontrent les espèces recherchant à se déplacer entre l'axe Aude et le Fresquel. Depuis que les travaux engagés par le syndicat intercommunal du Fresquel ont permis de restaurer la continuité écologique au droit du seuil de Lachau, cet ouvrage se comporte désormais comme la première barrière physique du Fresquel. Il est important de noter que d'autres ouvrages à l'amont ont également fait l'objet de travaux d'effacement permettant de rouvrir un linéaire conséquent. Le seuil de la Seigne devient par conséquent stratégique au regard du linéaire rendu accessible aux espèces.

Plus généralement, le bassin versant du Fresquel est essentiellement agricole bien que ses affluents rive gauche en provenance de la montagne noire soient issus d'un contexte forestier. La pente moyenne est plutôt faible avec dans le secteur d'étude une valeur plutôt faible caractéristique du contexte piscicole concerné. En effet, on observe sur le cours aval du Fresquel une pente moyenne de 1.1‰ avant de confluer en rive gauche avec l'Aude. Ce secteur est le bassin de vie le plus important de l'Aude avec l'agglomération de Carcassonne où se mêlent zones urbanisées, industriels et activités viticoles. Sur le plan piscicole, les espèces de seconde catégorie dominent très nettement le peuplement et tout particulièrement les cyprinidés rhéophiles.

Sur cette partie aval du bassin versant, les cours d'eau sur ce secteur ont subi de grandes modifications, avec d'importants travaux de recalibrages, curages et d'endiguements. Ces travaux ont fortement impacté le bon fonctionnement des cours d'eau (incision du lit, homogénéisation des faciès, envasement du lit mineur, amplification des crues, ...). La principale action à mener pour améliorer la qualité du peuplement piscicole est donc la restauration hydromorphologique du Fresquel (reconnexion des bras déconnectés, reméandrage ...).

Au regard de l'état de connaissance de la masse d'eau et de ce contexte en particulier, le PDPG de l'Aude a fixé des préconisations pour en améliorer l'état de conservation comme le présentent les tableaux ci-contre.

Intitulé	Statut
Contribution à la restauration de la continuité écologique	En cours
Reconnexion des méandres et bras morts du Fresquel	En cours
Restauration de la ripisylve et des berges	En cours
Connaissance : Etude hydromorphologique du Fresquel	En cours
Gérer les ouvrages d'assainissement collectif	
Surveillance rejet icpe - caves coopératives	En cours

## Fresquel amont confluence Aude

- Domaine: **Intermédiaire**
- Etat fonctionnel: **Très perturbé**
- Type de contexte: Cours d'eau
- Espèces repère: Barbeau fluviatile, Toxostome, Vairon, Vandoise rostrée
- Espèces cible: Anguille d'Europe, Lamproie de planer



Etat des lieux      **Diagnostics**      Préconisations      Photos

### Informations piscicoles

### Pressions

### Diagnostics

#### Données piscicoles générales

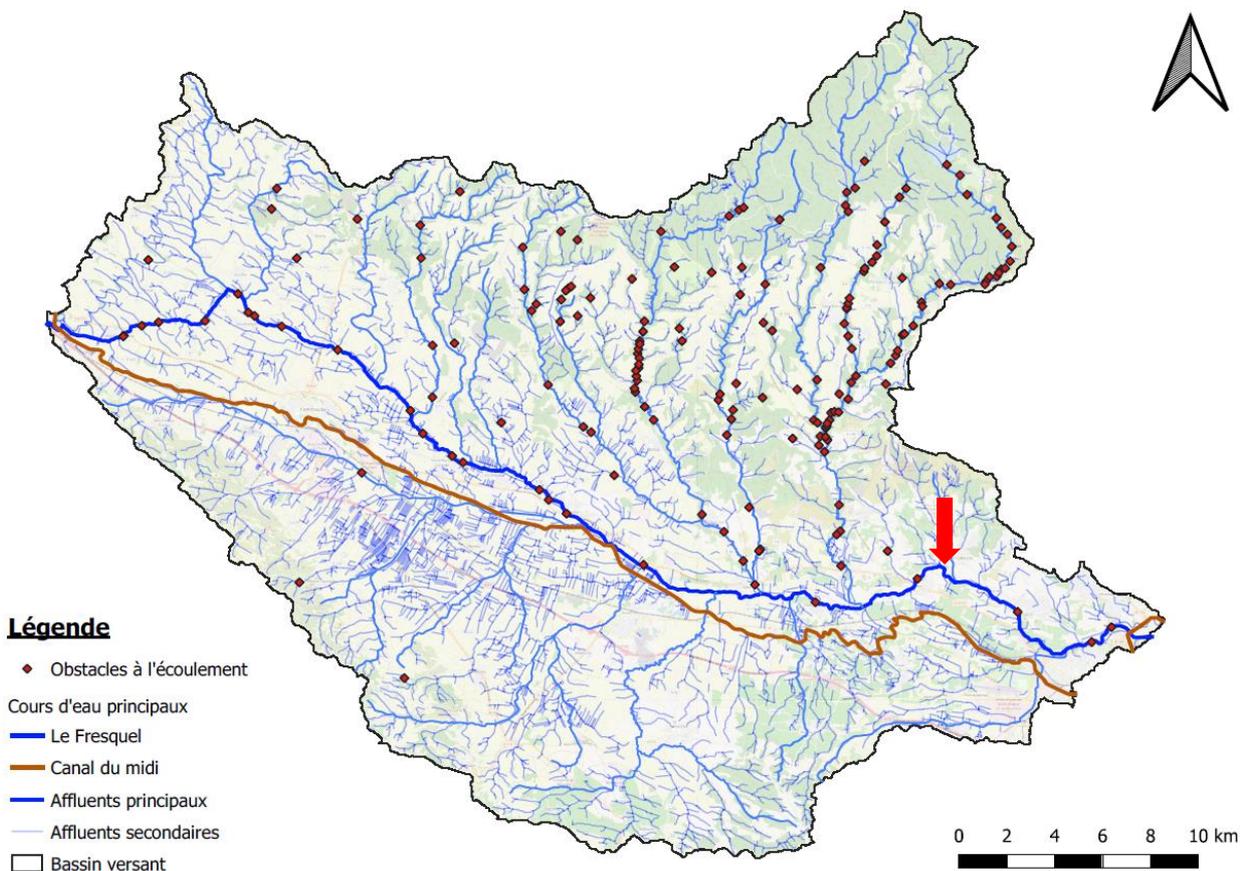
- Zonation piscicole: Zone à barbeaux
- Biocénotype: B7 - B8
- Peuplement actuel:
  - Espèces majoritaires: Ablette, Barbeau commun, Bouvière, Chevaine, Gardon, Goujon, Grémille, Silure, Spirin, Toxostome, Vairon
  - Espèces occasionnelles: Brochet, Carassin commun, Loche franche, Perche commune
  - Espèces d'intérêt particulier: Lamproie de planer
- Peuplement potentiel:
  - Espèces centrales: Ablette, Barbeau commun, Chevaine, Goujon, Spirin, Vandoise rostrée
  - Espèces intermédiaires: Bouvière, Brochet, Gardon, Perche commune, Tanche, Toxostome
- Poissons migrateurs: Anguille
- Espèces invasives: Ecrevisse américaine, Ecrevisse rouge de Louisiane, Perche soleil, Pseudorasbora

Avec 32 obstacles à l'écoulement référencés (ROE) sur son linéaire, le cloisonnement du Fresquel apparaît comme très important et diminue drastiquement les potentialités écologiques du cours d'eau. Les impacts sur les populations piscicoles sont nombreux :

- Entrave aux déplacements saisonniers périodiques en lien avec réchauffement estival du cours d'eau induisant de fortes mortalités (impossibilité d'accéder aux zones propices à la survie et / ou surdensités en aval des ouvrages).
- Entrave de la migration saisonnière de reproduction induisant une diminution du potentiel de reproduction des géniteurs (frayères de substitutions, surdensités sur les frayères).
- Effets cumulés indirects des obstacles en lien avec les retenues induites : réchauffement important des eaux, baisse sensible des débits par évaporation dans un contexte de manque chronique, colmatage du substrat défavorables aux espèces lithophiles (Barbeaux Fluviales, Toxostomes, Vandoise,...)

Dans le cadre de son programme d'action visant restauration de la continuité écologique sur les ouvrages dont il était propriétaire, le syndicat intercommunal d'aménagement hydraulique du Fresquel a permis de décroisonner un certain linéaire. Le seuil de la Seigne représente donc un verrou pour la connexion avec l'Aude, ce qui le rend particulièrement stratégique.

Le présent rapport a ainsi pour objet l'évaluation en l'état de la franchissabilité de l'ouvrage de la Seigne en fonction des espèces repères identifiées par le PDPG 11 (Protocole I.C.E.). Dans un second temps, il est proposé d'étudier le scénario d'aménagement de l'ouvrage par un système de franchissement à l'aide du logiciel Cassiopée élaboré par l'OFB. Une analyse des gains écologiques potentiels associés à l'aménagement de l'ouvrage permettra de conclure sur les réflexions à conduire sur la zone d'étude.



## 2. Présentation du site :

### 2.1 Présentation générale

Le seuil de la Seigne également appelé Moulin du pont romain est référencé au niveau national sous l'identifiant ROE 46 964. Le seuil que l'on devine sur la photographie aérienne dérive les eaux vers le bâti avant de rejoindre le lit du Fresquel quelques dizaines de mètres à l'aval.



L'ouvrage est en mauvais état mais solidement installé sur une dalle de calcaire servant de point dur. L'incision généralisée du cours d'eau est particulièrement visible à l'aval du seuil où la roche mère apparaît sur plusieurs dizaines de mètres carrés. Au regard de la pente moyenne très faible (0,1 %), la zone de remous hydraulique et sédimentaire est relativement longue en amont (1.85 km). Sur ce linéaire, les habitats de berges restent attractifs car maintenus en eaux mais l'habitat de granulométrie recherchée par les espèces repères du contexte est largement dégradé par le colmatage.

## 2.2 Présentation de l'ouvrage et débits associés

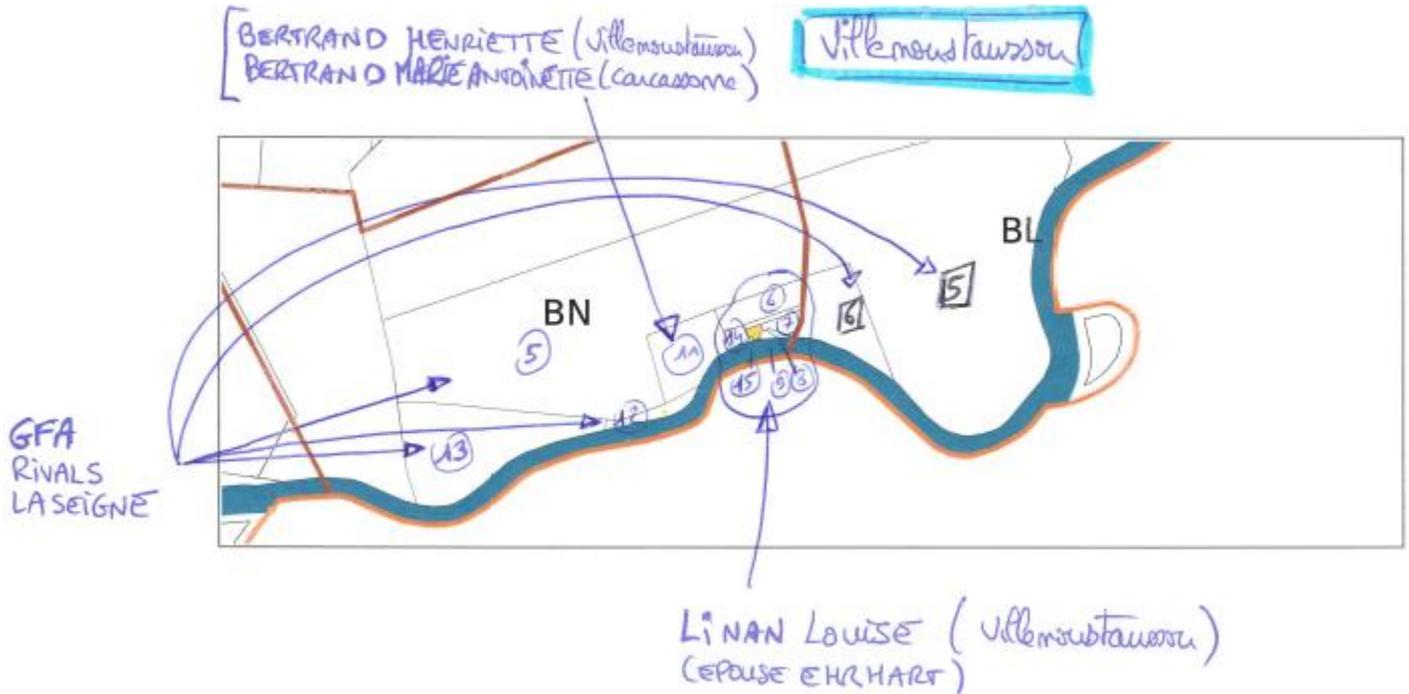
	Débits mesurés Pont rouge	Débits estimés Seigne (0,99)
Débits mesurés le 01/09/2022 (jour des relevés topographiques)	0,7	0,69



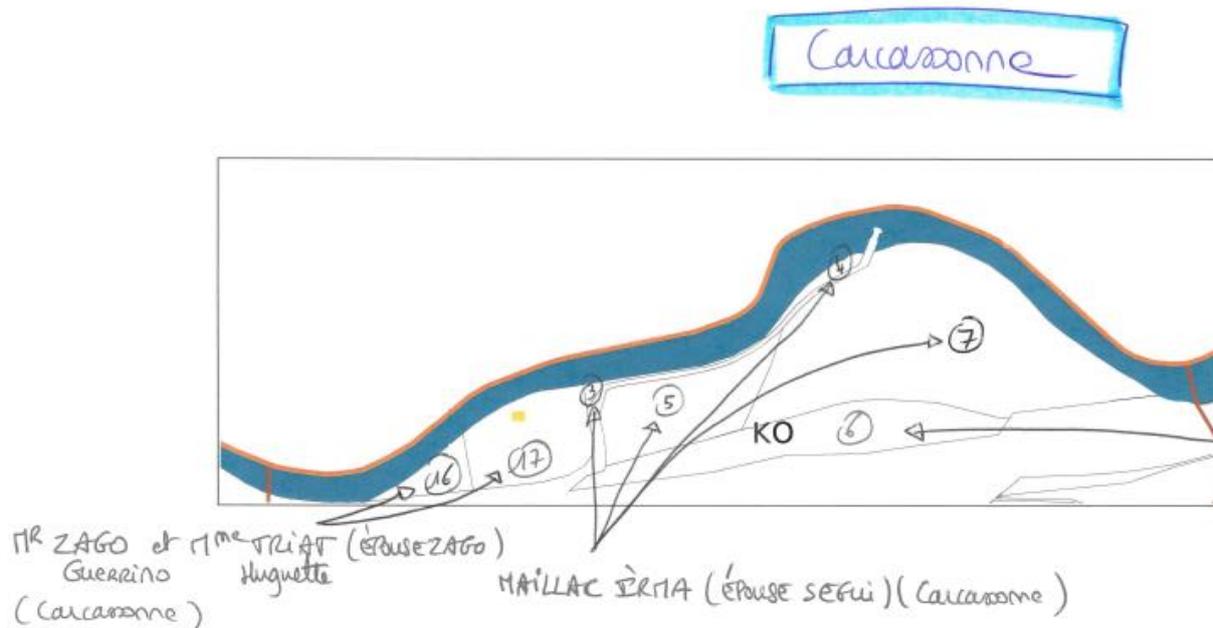


## 2.4 Propriété

Sur la zone étudiée, le lit du Fresquel marque une frontière administrative entre les communes de Villemoustaussou et de Carcassonne. Naturellement, la rive gauche est rattachée à la commune de Villemoustaussou. On observe sur les deux sections présentées sur le schéma ci-dessous le découpage des parcelles historiquement liées au seuil et au moulin. Les éléments du cadastre nous apportent ici l'information qu'un exploitant agricole GFA est propriétaire de 3 parcelles à proximité du seuil et que les parcelles reliées au moulin sont propriété d'une seule personne.



Les deux propriétaires en rive droite sont répartis le long de la berge. Mr et Mme ZAGO semblent exploiter les terres (maraichage) parcelles 16 et 17 du schéma ci-dessous.



## 2.4 Contexte Règlementaire du Fresquel :

a) Classement du cours d'eau au titre de l'article L214-17 du Code de l'Environnement :

Le Fresquel fait l'objet d'un classement en Liste 1 et 2 vis-à-vis de la libre circulation des espèces piscicoles.

- Le Fresquel de la Rougeanne À l'Aude (classement : Liste 2)
- Le Fresquel de sa confluence avec le ruisseau de l'Argentouire à l'Aude (classement : Liste 1)

Cette liste est établie sur la base des réservoirs biologiques du SDAGE, des cours d'eau en très bon état écologique et des cours d'eau nécessitant une protection complète des poissons migrateurs amphihalins, plus spécifiquement de l'Anguille dans le cas présent. L'objet de ce classement est de contribuer à l'objectif de non dégradation des milieux aquatiques.

Ainsi, sur les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau figurant dans cette liste, aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique (cf. article R214-109 du code de l'environnement). Le renouvellement de l'autorisation des ouvrages existants est subordonné à des prescriptions particulières (cf. article L214-17 du code de l'environnement).

Ce classement impose la réalisation de dispositifs assurant la circulation des poissons migrateurs sur les ouvrages construits ou rénovés dans ces cours d'eau.

b) Plan de Gestion des poissons migrateurs – Bassin Rhône Méditerranée 2016 / 2021 :

Le PLAGEPOMI est un document de planification identifiant les enjeux et définissant les objectifs, priorités et recommandations du bassin en faveur de la préservation des poissons migrateurs amphihalins. Il précise les territoires sur lesquels les enjeux des 3 espèces concernées doivent être pris en compte tant pour la restauration des milieux aquatiques que pour le suivi et l'amélioration des connaissances. La stratégie adoptée en faveur des poissons migrateurs amphihalins a été d'inscrire ces territoires de façon conjointe dans le PLAGEPOMI 2016-2021 et dans l'OF6A du SDAGE 2016-2021 relative à la restauration des milieux aquatiques.

Dans le cadre de l'évaluation des enjeux de reconquête des axes migratoires des espèces amphihalines, le Fresquel de la Rougeanne à l'Aude est identifié comme une Zone d'Action Prioritaire (ZAP) pour l'Anguille.

Ce classement correspond à un ensemble de cours d'eau ou tronçons de cours d'eau dans lequel il existe un enjeu pour une espèce ou une population de poissons migrateurs amphihalins, par la présence d'habitats, de zones de grossissement ou de reproduction essentiels pour son maintien. La délimitation d'une ZAP confère à cette zone des objectifs de préservation et de restauration à court terme, celui de l'échéance du PLAGEPOMI (2022 / 2027), de colonisation de ces habitats et/ou du retour à la mer avec un faible risque de mortalité.

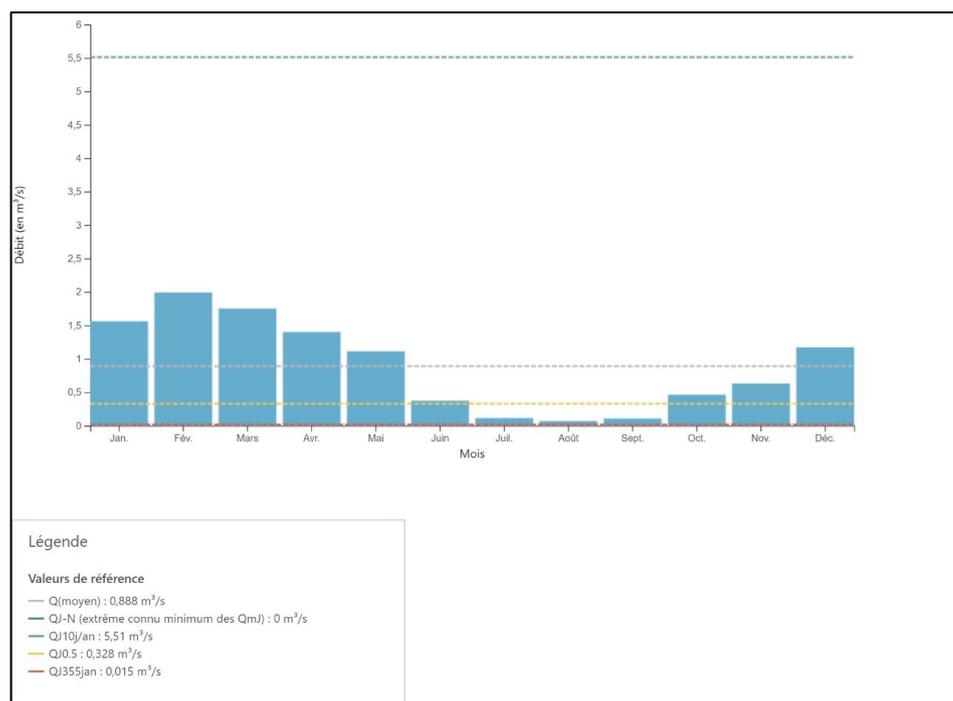
## 2.5 Contexte hydrologique du Fresquel à proximité du seuil de la Seigne :

Bien que ce cas de figure soit généralement rare, nous disposons dans le cadre de cette étude de données hydrologiques fiables avec la station du Service de Prévion des Crues (SPC) de la DREAL nommée station du Pont Rouge à proximité (1,2 km).

Nous aurons donc l'avantage de disposer de données fiables et précises pour l'analyse hydrologique particulièrement importante pour la conception d'ouvrage de franchissement. Leur bon fonctionnement en phase d'exploitation est avant tout lié à une bonne répartition des débits, il est donc nécessaire de disposer de données fiables.

Le bassin versant du Fresquel est sous influence océanique. Il bénéficie d'apports réguliers depuis la partie ouest du Département mais également depuis la montagne noire. Considérée comme château d'eau du Département, le réseau hydrographique reste cependant très artificialisé avec de nombreux barrages, prises d'eau et dérivation altérant fortement l'hydrologie naturelle.

Le graphique ci-dessous permet de représenter la répartition des débits moyens mensuels et le tableau ci-contre présente les principaux analysés sur la station. De par sa proximité à la station de mesure, un coefficient de pondération de 0,99 est appliqué, ce qui explique le peu de variation entre la station et la zone d'étude.



	Débits mesurés Pont rouge	Débits estimés Seigne (0,99)
Débits classés Fréquence 0,5	2,38	2,36
Quinquennale sèche	2,73	2,70
Débits mesurés le 01/09/2022 (jour des relevés topographiques)	0,7	0,69
Module	5,32	5,27
Quinquennale humide	7,07	7,00
Crue biennale	73,5	72,77
Crue quinquennale	127	125,73

On observe une répartition plutôt logique des débits avec des débits plus importants en fin d'hiver et début du printemps. À noter que les étiages sont de plus en plus sévères y compris sur cette partie du Département.

### Principaux éléments concernant l'hydrologie :

- Débits inférieurs au module 70 % du temps ;
- Débits d'étiage particulièrement faibles (120 l/s) ;
- Débits de crue parfois très élevés (de 140 à 320 m<sup>3</sup>/s)

## 2.6 Contexte biologique du FRESQUEL sur la zone d'étude :

Le PDPG 11 identifie plusieurs contextes piscicoles distincts sur le bassin versant du Fresquel. La zone d'étude concerne le contexte « Fresquel amont confluence Aude », il se trouve à l'extrémité aval du bassin versant.

Le peuplement en place est dominé par les cyprinidés rhéophiles avec une population de Barbeau fluviatile, Chevesne, Goujon, Bouvière, Spirlin et Pseudorasbora. Ce peuplement est complété de plusieurs espèces annexes dont une espèce cible : l'Anguille.

Ce contexte est estimé comme très perturbé puisque le cortège spécifique est déstructuré avec l'absence d'une espèce repère : la Vandoise rostrée et la présence d'espèces non-électives comme le Silure ou le Carassin. De plus, la présence en forte abondance de Pseudorasbora (espèce exotique envahissante) depuis 2009-2010 dans le milieu impacte la population du fait que cette espèce est vecteur d'un parasite mortel pour les autres poissons (*Sphaerothecum destruens*), prédate les pontes et impose une forte compétition pour les ressources alimentaires aux espèces indigènes. (Rapport complet en annexe)



### 2.6.1 Caractéristiques morphologiques de la station

La Station du Fresquel en aval du Gué de La Prade se situe en amont de la zone d'influence du seuil de la Seigne. Cette dernière a été sélectionnée du fait de sa représentativité et de sa diversité. Il est ainsi possible d'y observer une alternance caractéristique de faciès d'écoulement de type Radier / Plat / Mouille.

Définition des faciès d'écoulements	Granulométrie principale	Granulométrie secondaire
COURANT (28%)	Graviers (0,2-1,6 cm)	Cailloux fins (Ø1.6 / 3.2 cm)
PLAT (53%)	Sables fins (62,5-0,5 µm)	Graviers (0,2-1,6 cm)
PROFOND (19%)	Sables fins (62,5-0,5 µm)	Blocs (Ø 25.6 à 102.4 mm)
Habitat principal	Sous Berges / Systèmes racinaires	
Habitat secondaire	Granulométrie	
Colmatage	Sédiments fins et Sables	
Végétation aquatique	Absente	

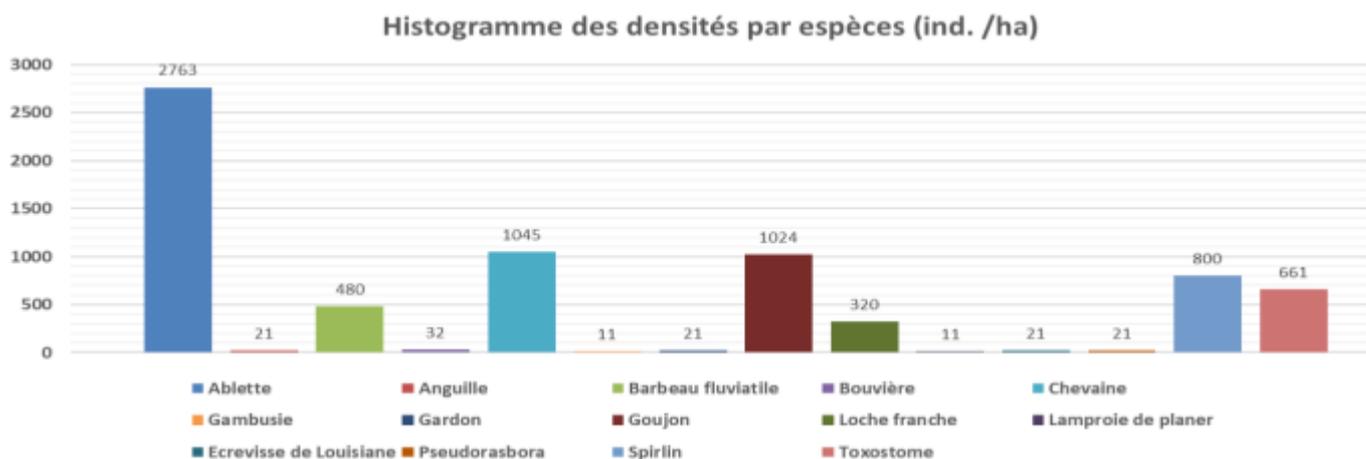
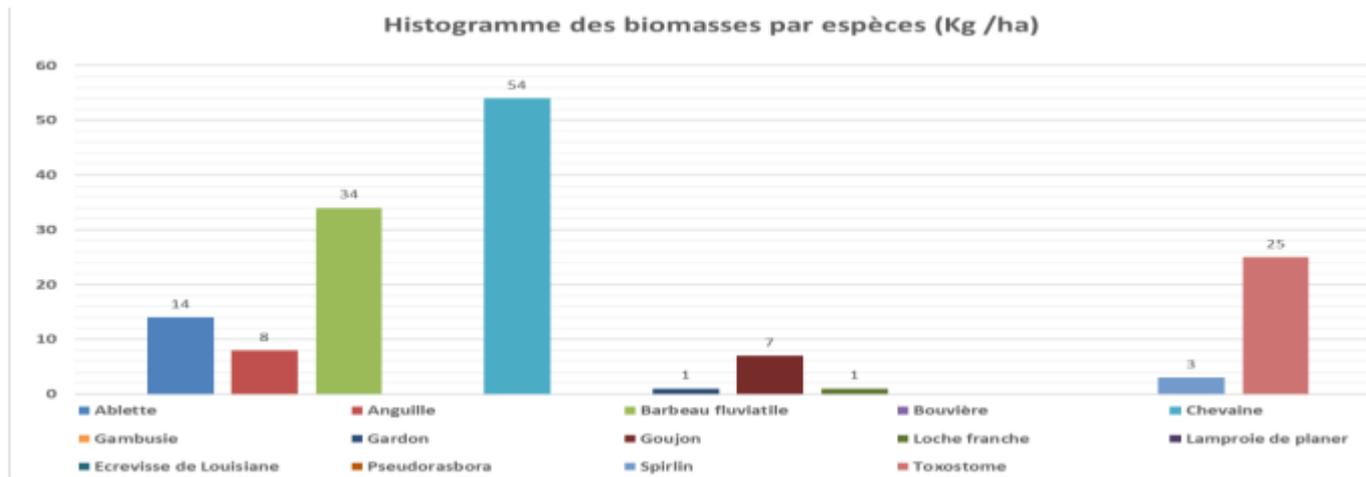
Les faciès lenticques de type plats et profonds restent néanmoins dominants. La turbidité de l'eau ne favorise pas le développement de végétation aquatique de type macrophytes en dépit d'une forte exposition au soleil liée à la largeur du cours d'eau. La granulométrie dominante est plutôt fine (sable / graviers) et globalement assez colmatée notamment au niveau des faciès les plus lenticques. La présence de bloc sur la partie amont de la station est liée à la présence d'un enrochement à but de protection en périphérie d'affouillements. L'habitat disponible pour les populations piscicoles est surtout associé aux berges et étroitement lié aux systèmes de chevelus racinaires ou les sous berges induits par la végétation riparienne. Ce type d'habitat est inégalement réparti sur la station et se focalise au niveau des radiers. En effet, ces abris piscicoles étaient pour la plupart exondés au niveau des faciès profonds et plats.



### 2.6.2 Composition des peuplements

Les histogrammes présentés ci-dessus illustrent la répartition des biomasses et des densités par espèces. Il ressort plusieurs points de cette analyse :

- Le Chevesne représente la biomasse la plus importante
- Les deux espèces présentant une biomasse conséquente sont les espèces repères de ce contexte
- La densité la plus élevée est observée chez l'Ablette, viennent ensuite le Goujon et le Chevesne.
- **La présence de la Lamproie de Planer** : espèce cible du contexte piscicole, protégée à l'échelle nationale (arrêté du 08/12/1988) et d'intérêt communautaire (annexe 2 de la directive habitat).



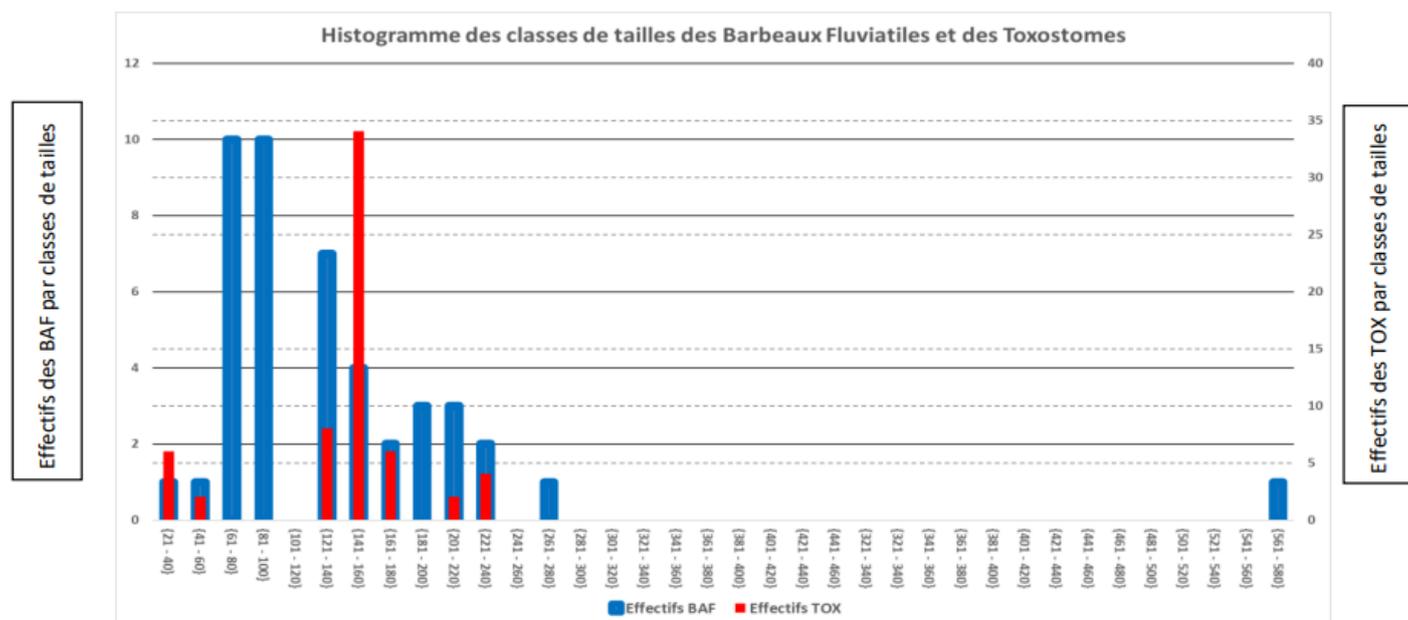
### 2.6.3 Structuration des espèces repères

Les espèces repères servent à déterminer l'état de fonctionnalité d'un peuplement piscicole à l'échelle de chaque unité de gestion (contexte piscicole). Les espèces choisies doivent être, d'une part, très exigeantes en termes de qualité de milieu (sensibilité aux perturbations), et d'autre part, bien connues du point de vue de leurs biologies et de leurs écologies. Le PDPG de l'Aude a défini le contexte « Fresquel Confluence Aude » comme un contexte intermédiaire dont les peuplements de référence sont associés à un cortège de cyprinidés rhéophiles (Cf. PDPG Document cadre, FNPF 2015) : Barbeau fluviatile, Toxostome, Vairon, Vandoise rostrée. Le classement de ce tronçon en zone d'action prioritaire pour l'Anguille d'Europe, par le PLAGEPOMI 2022 / 2027 fait de ce taxon une espèce cible de ce contexte.

**Le Barbeau Fluviatile et Toxostome :** Au cours de cet échantillonnage certaines espèces de référence n'ont pas été contactées : le Vairon et la Vandoise Rostrée. Cet élément devra être considéré dans la mesure où, au sein du cortège de cyprinidés, ces taxons se placent parmi les plus exigeants en termes de qualité thermique et habitacionnelle (notamment pour la Vandoise). À défaut, l'analyse des structures de populations se portera plus précisément sur le Barbeau Fluviatile et Toxostome dont les proportions et classes de tailles présentent des similarités.

Sans rentrer dans les détails d'éléments qui ne sauraient être révélés que par une étude scalimétrique, l'analyse de la structure de la population sur cette station indique la présence de plusieurs générations de poissons sur les deux espèces. Il est cependant possible de constater que les deux taxons semblent pouvoir accomplir l'intégralité de leur cycle vital à hauteur de la station. En effet, pour chacune des espèces considérées, il est possible d'observer des cohortes d'alevins de l'année (entre 40 et 100 mm), des subadultes (entre 100 et 180 mm) et des adultes (classes supérieures à 200 mm).

Ce dernier stade de développement est le moins représenté pour chacune des espèces. Néanmoins, la décroissance progressive du nombre d'individus sur les classes plus âgées reste une constante de conformité.



**L'Anguille d'Europe :** En sa qualité de poisson migrateur, l'Anguille d'Europe peut être considérée comme indicateur des altérations morphologiques ainsi que du continuum des bassins versants. Au-delà de la détermination de son abondance globale, l'analyse des tailles de poissons renseigne sur leur âge approximatif et permet de déduire la part de recrutement dans la population. Selon les travaux de Laffaille et al., (2003), les classes de tailles peuvent être interprétées comme suit :

- 50 – 150 mm : Individus en migration dans leur première ou deuxième année de vie continentale ;
  - 150 – 300 mm : Individus en migration et en croissance (2 à 5 étés continentaux de croissance selon les sites et les individus) ;
  - 300 – 450 mm : Individu mâle pouvant s'argenter ou individu femelle en croissance ;
  - 450 – 600 mm : Individus femelles pouvant s'argenter. Petits gabarits (150 – 400 g) le plus souvent associés aux milieux peu profonds.
  - 600 – 750 mm : Individus femelles pouvant s'argenter. Gabarits moyens (400 – 800 g). Les deux spécimens capturés le 06/07/2021 sur la station du Fresquel à Carcassonne affichaient respectivement des mesures de 445 et 620 mm.
- Cette population d'Anguille peut ainsi être considérée comme vieillissante du fait du très faible renouvellement à minima (absence d'individus de montaison). L'absence de représentation des classes 50 / 300 mm est cependant à relativiser du fait de la position continentale de la station sur le bassin de l'Aude. Par ailleurs, nous noterons que l'absence de surdensité locale d'Anguilles en phase de migration anadrome peut parfaitement être corrélée aux travaux de réouverture de l'axe du Fresquel réalisés par SMAH Fresquel, notamment à Pennautier. En effet, la restauration de la continuité écologique en amont immédiat de la station a probablement entraîné une « dilution » des concentrations en individus de montaison sur ce tronçon de cours d'eau. Un potentiel report vers l'amont du phénomène de blocage n'est cependant pas à exclure au droit du prochain seuil infranchissable présent sur le Fresquel.

## 2.4.5 Analyse des résultats de l'Indice Poisson Rivière (IPR)

Compte tenu des caractéristiques environnementales, le modèle probabiliste associé à l'indice indique qu'en situation de référence :

- Au niveau de l'occurrence théorique des espèces :
  - Une bonne corrélation sur six taxons à forte probabilité de présence : Ablette, Anguille, Barbeau Fluvial, Chevesne, Gardon, Goujon.
  - Une forte probabilité de présence théorique de trois espèces absentes de l'inventaire : Barbeau Méridional, Vairon et Vandoise.
  - Une faible probabilité de présence théorique d'espèces pourtant capturées : Bouvière, Lamproie de Planer et Spirilin (probabilités de captures proches de 0%).
- Au niveau des métriques basées sur l'abondance des espèces capturées en fonction de leurs traits biologiques (tableau synthèse des résultats) les métriques pénalisantes sont :
  - Les densités d'individus tolérants (peu exigeants vis-à-vis de la qualité des habitats et de l'eau) : plus important que sur le peuplement de référence (LOF, CHE, GAR, ABL).
  - La densité d'individu omnivores (opportunistes alimentaires peu exigeants) : plus important que sur le peuplement de référence (ABL, TOX, CHE, GAR).
  - La densité totale d'individus (capacité de production du milieu) : plus important que sur le peuplement de référence. Finalement, les faibles divergences détectées par le modèle probabiliste sur ses métriques de base se traduisent par une valeur assez élevée de l'IPR (16.7) témoignant d'un peuplement piscicole qualifié de Médiocre (proche des limites inférieures de classe).

<i>Synthèse des résultats</i>					
Métrique	Abréviation	Valeur théorique	Valeur observée	Probabilité*	Score associé
Nombre d'espèces rhéophiles	NER	2.9	3.0	0.5	1.3
Nombre d'espèces lithophiles	NEL	3.1	4.0	0.8	0.5
Nombre total d'espèce	NTE	9.7	11.0	0.6	1.0
Densité d'individus tolérants	DIT	0.1	0.4	0.1	4.3
Densité d'individus omnivores	DIO	0.0	0.4	0.0	6.1
Densité d'individus invertivores	DII	0.0	0.2	1.0	0.0
Densité totale d'individus	DTI	0.2	0.7	0.2	3.5
<b>Valeur totale de l'I.P.R.</b>					<b>16.7</b>
<b>Classe de qualité / Etat du peuplement</b>					<b>Médiocre</b>

Note de IPR	Classe de qualité
<7	<b>Excellente</b>
]7-16]	<b>Bonne</b>
]16-25]	<b>Médiocre</b>
]25-36]	<b>Mauvaise</b>
>36	<b>Très Mauvaise</b>

## 2.4.6 Analyse critique des résultats

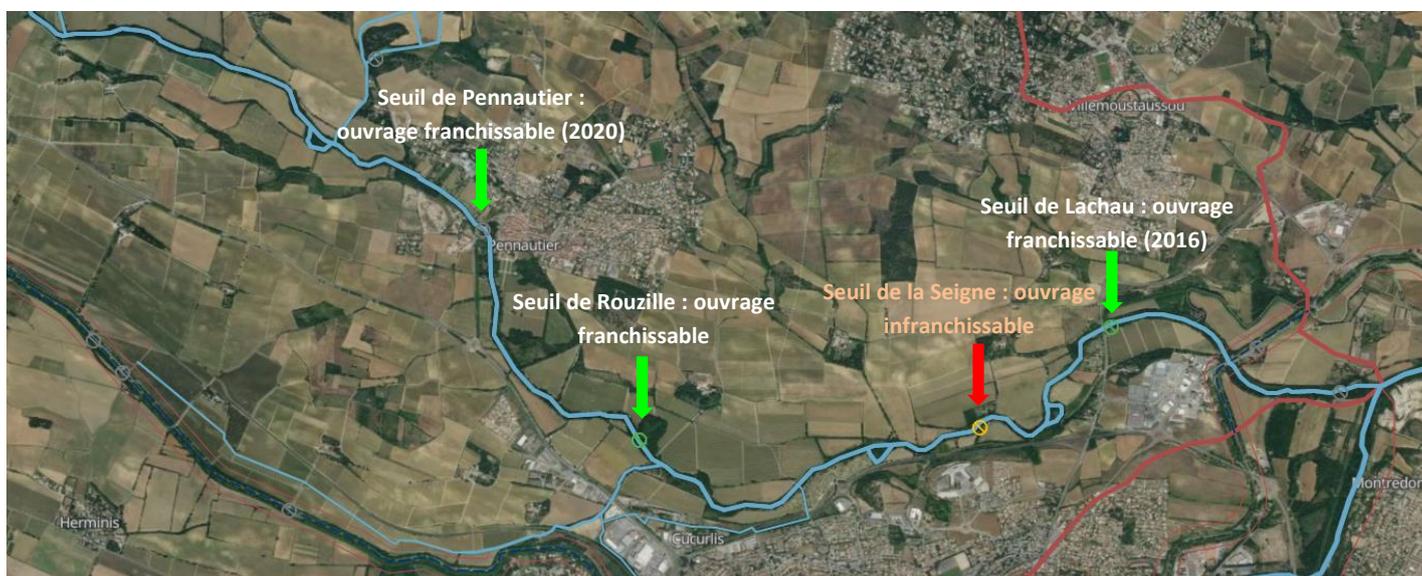
Le peuplement piscicole de référence modélisé intègre assez bien les spécificités biogéographiques locales en termes de probabilité de présence des communautés piscicoles résidentes. Ainsi, les caractéristiques physiques et thermiques de la station (températures moyennes des mois de Janvier et Juillet) sont associées à un peuplement théorique centré sur les espèces de cyprinidés rhéophiles capturés sur la station. L'IPR met en évidence une convergence des indicateurs symptomatiques de perturbations du milieu avec une baisse du nombre et des densités d'espèces sensibles au profit d'une augmentation du nombre et des densités d'espèces tolérantes. Vis-à-vis de notre inventaire cela se traduit par la domination densitaire d'espèces possédant des traits thermophiles et les opportunistes alimentaires (omnivores voire détritvores (LOF, Ecrevisse de Louisiane)).

## 2.5 Les gains écologiques potentiels

Le seuil de la Seigne revêt un caractère stratégique vis-à-vis de la continuité écologique notamment au travers des travaux entrepris par le syndicat intercommunal du Fresquel qui depuis les années 2010 réalise des travaux de rétablissement des flux biologiques et sédimentaires.

En effet, depuis le démantèlement du barrage de Lachau à l'automne 2016, de Pennautier en 2021, et l'aménagement du seuil de Pezens en 2022, le linéaire du Fresquel a été décloisonné de manière significative. Si les ouvrages amont et aval ont été traités, reste le cas du moulin de la Seigne qui aujourd'hui cantonne les espèces sur le cours aval du Fresquel.

Ainsi, l'aménagement du seuil de la Seigne permettrait de décloisonner 14,7 km de cours d'eau amont et rendrait fonctionnel le Fresquel depuis sa connexion avec l'Aude jusqu'au seuil de Saint Eulalie soit un total de 17,7 km.



Les gains écologiques attendus sont en effet importants sur ce linéaire dans la mesure où la qualité d’habitat est plutôt correcte. Bien qu’il n’y ait pas eu de relevé d’habitat au sens strict du terme, la photo ci-contre illustre la plus grande majorité du faciès d’écoulement observé. Il est clairement démontré que le seuil de la Seigne sur ce parcours modifie considérablement le profil en long du parcours et bouleverse une surface importante des habitats en créant un plan d’eau (remous hydraulique) de presque deux kilomètres.



L’alternance des faciès d’écoulement radier/mouille est globalement bien respectée sur l’amont présentant ainsi des conditions d’habitabilité favorables aux espèces cibles.

### 3. Application du protocole ICE au seuil de la Seigne

Le protocole ICE repose sur la confrontation des caractéristiques topographiques et hydrauliques au niveau d’un obstacle et des capacités physiques de déplacement (par nage, saut ou reptation) des espèces de poissons considérées. Il s’appuie sur un recueil de données descriptives des obstacles, en évitant au maximum le recours à l’expertise. Le résultat de cette analyse permet de diagnostiquer un “risque” de blocage plus ou moins fort au niveau de chaque site pour une espèce ou un groupe d’espèces piscicoles ciblées.

Pour répondre aux objectifs du protocole ICE, différentes espèces de poissons ont été regroupées en fonction de leur capacité de nage (essentiellement leur vitesse de pointe et les tirants d’eau minimum nécessaires à la nage) et de leur aptitude au saut. Ces caractéristiques sont les deux principaux traits biologiques qui vont influencer leur capacité à franchir des barrières physiques.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales informations liées aux espèces ICE, appliqué au peuplement potentiellement présent sur le site de la Seigne (Inventaire Gué de la Prade ; 28/06/2022) :

Espèces	Groupe ICE	Capacité de hauteur de saut				Tirant d’eau minimal sur l’obstacle.	Vitesse maximale moyenne en m/s sur 10 secondes.		
		Lpmin	Lpmoy	Lpmax	DHextr		Min	Moy	Max
Barbeau fluviatile	7a	Nulle			1.5 m	0.1 m	2.5	3.25	4
Vandoise rostrée	8 d	Nulle			1.5 m	0.05 m	2	2.75	3.5
Toxostome	9a	Nulle			1 m	0.05 m	1.5	2.25	3
Lamproie de Planer	9b	Nulle			1 m	0.05 m	1.5	2.25	3
Anguille d’Europe (stade jaune : Taille supérieure à 0.12 m)	11a	Nulle			1 m	0.02 m	<1.5 m/s		
Anguille d’Europe (stade civelle : Taille inférieure à 0.12 m)	11c	Nulle			1 m	0.02 m	<1.5 m/s		

### 3.1 Notion de franchissabilité appliquée aux obstacles verticaux ou quasi-verticaux (source ICE) :

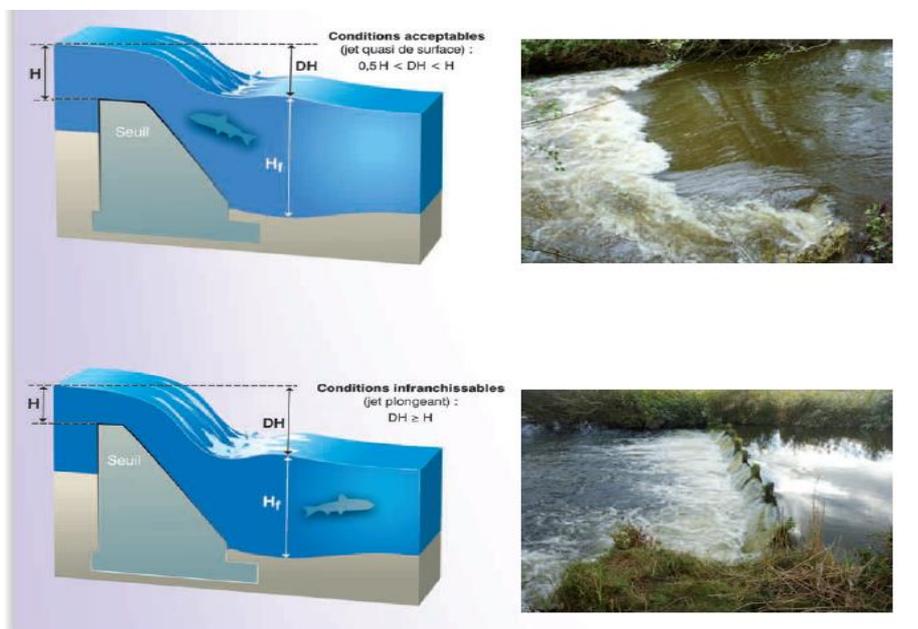
a) Pour les espèces sauteuses la hauteur de chute reste l'élément prépondérant avec 5 cas envisageables :

- La hauteur de chute DH est inférieure à la hauteur de saut théorique associée à la taille « minimale » Lpmin des poissons de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme **une barrière à impact limité (Classe ICE = 1)**.
- La hauteur de chute DH est comprise entre les hauteurs de saut théoriques associées aux tailles « minimale » Lpmin et « moyenne » Lpmoy (des poissons de l'espèce considérée, alors l'obstacle pourra être considéré comme **une barrière à impact significatif (Classe ICE = 0,66)**.
- La hauteur de chute DH est comprise entre les hauteurs de saut théoriques associées aux tailles « moyenne » Lpmoy et « maximale » Lpmax de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme **une barrière à impact majeur (Classe ICE = 0,33)**.
- La hauteur de chute DH est supérieure à la hauteur de saut théorique associée à la taille « maximale » Lpmax des poissons de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme **une barrière totale (Classe ICE = 0)**.
- La hauteur de chute est supérieure de plus de 50 cm à Lpmax (DHextrême) l'obstacle est forcément infranchissable et il n'est pas nécessaire de décrire plus finement le site.

b) Pour les espèces non sauteuses :

Ces espèces peuvent parfois franchir une chute verticale lorsque les conditions d'écoulement répondent à certains critères :

- Le seuil doit présenter un écoulement de surface caractérisé par une hauteur de chute (DH) inférieure à 0.5 fois la charge (H = tirant d'eau) sur le seuil.
- La vitesse d'écoulement V doit rester compatible avec les capacités de nage des espèces ciblées.
- Le tirant d'eau H (hauteur d'eau) sur le seuil et en pied de seuil (Hf) doit être suffisant pour permettre la nage du poisson (cf illustrations issues du guide ICE de l'ONEMA)



Sous conditions que l'ensemble des critères précédents soient tous préalablement remplis, une classification, dont le paramètre limitant est basé sur les vitesses d'écoulements, a été retenue :

- La vitesse de l'écoulement dans le jet créé par la chute (DH) est inférieure à la vitesse de sprint associée à la taille « minimale » des poissons de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme **une barrière à impact limité (Classe ICE = 1)** ;
- La vitesse de l'écoulement dans le jet créé par la chute (DH) est comprise entre les vitesses de sprint associées aux tailles « minimale » et « moyenne » des poissons de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme **une barrière à impact significatif (Classe ICE = 0,66)** ;
- La vitesse de l'écoulement dans le jet créé par la chute (DH) est comprise entre les vitesses de sprint associées aux tailles « moyenne » et « maximale » des poissons de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme **une barrière à impact majeur (Classe ICE = 0,33)** ;
- La vitesse de l'écoulement dans le jet créé par la chute (DH) est supérieure à la vitesse de sprint associée à la taille « maximale » des poissons de l'espèce considérée, l'obstacle peut être considéré comme une **barrière totale (Classe ICE = 0)**.

### 3.2 Diagnostic de franchissabilité appliqué aux seuils de la Seigne

Les investigations de terrains ont été réalisées par les services de la FDAAPPMA 11 dans l'après-midi du 22 Mars 2021. L'ensemble des étapes définies dans le cadre du guide « Protocole de terrain pour l'acquisition des données » publié par l'ONEMA (Décembre 2015) a été mis en œuvre.

Les fiches relatives aux mesures effectuées sont annexées au présent rapport.

#### A) Description sommaire des conditions d'écoulements

Au regard du protocole ICE, l'ouvrage de la Seigne présente une légère particularité dans sa composition, il se présente en deux parties distinctes, à savoir :

- Un radier béton en partie amont



- Une succession de blocs issus d'un enrochement non jointif en partie aval



## B) Présentation des relevés ICE

L'application du protocole nécessite également la prise en compte de toutes les espèces présentes dans le milieu, tant les espèces repères (Barbeau, Toxostome, Vandoise rostrée) que les Anguilles. Il est donc nécessaire dans ce cadre de présenter deux profils, l'un correspondant aux voies de nage, l'autre aux voies de reptation. Les tableaux et les vues en coupe ci-dessous représentent l'ouvrage et ses caractéristiques techniques.

Protocole ICE appliqué au seuil de la Seigne (Profil reptation)	
Description seuil	Seuil vertical ou quasi vertical
Caractéristique déterminante pour franchissabilité	Hauteur de chute
Présence d'un écoulement de surface ou jet de surface	Non
Hauteur de chute (Ligne d'eau aval / ligne d'eau amont)	1.57 m
Tirant d'eau sur l'obstacle	0.20 m
Type d'écoulement sur le seuil	Laminaire
Profondeur de fosse (aval seuil)	0.68 m

Profil reptation : Structure 1 - 1





C) Évaluation de la franchissabilité du seuil de de la Seigne :

**Détermination des classes de franchissabilité en fonction de la hauteur de chute mesurée au niveau du seuil de la Seigne (Arbre décisionnel ICE) : H = 1.57 m**

Espèces	Groupe ICE	Valeurs de classe ICE en fonction des espèces et des métriques d'évaluation de l'ICE (ouvrage vertical ou quasi-vertical)				Classe ICE retenue pour l'espèce considérée
		Classe retenue Critère hauteur extrême (DH extrême)	Classe retenue En l'absence d'écoulements de surface ou jet de surface	Classe retenue capacités spécifiques de sauts	Profondeur de fosse aval supérieur aux seuils minimums	
Barbeau fluviatile	7a	H ≥ DH extrême (1.5 m) Classe ICE = 0	Espèce non sauteuse = classe ICE 0	Classe ICE = 0	Pour H 1.57 m H Fosse ≥ 1.2 m classe ICE = 0	0
Vandoise rostrée	8 d	H ≥ DH extrême (1.5 m) Classe ICE = 0	Espèce non sauteuse = classe ICE 0	Classe ICE = 0	Pour H 1.57 m H Fosse ≥ 1.2 m classe ICE = 0	
Toxostome	9a	H ≥ DH extrême (1 m) Classe ICE = 0	Espèce non sauteuse = classe ICE 0	Classe ICE = 0	Pour H 1.57 m H Fosse ≥ 1.2 m classe ICE = 0	0
Lamproie de Planer	9b	H ≥ DH extrême (1 m) Classe ICE = 0	Espèce non sauteuse = classe ICE 0	Classe ICE = 0	Pour H 1.57 m H Fosse ≥ 1.2 m classe ICE = 0	0
Anguille d'Europe (stade jaune : Taille supérieure à 0.12 m)	11a	Nage : Hauteur de chute = 1.57 m => Barrière totale				0
		Reptation : Pente et longueur les plus raides => Barrière partielle à impact significatif				0,66
Anguille d'Europe (stade civelle : Taille inférieure à 0.12 m)	11b	Nage : Hauteur de chute = 1.57 m => Barrière totale				0
		Reptation : Pente et longueur les plus raides => Barrière partielle à impact significatif				1

Barrière franchissable à impact limité (Classe ICE = 1)	Barrière partielle à impact significatif (Classe ICE = 0,66)	Barrière partielle à impact majeur (Classe ICE = 0,33)	Barrière totale (Classe ICE = 0)
---------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	----------------------------------

## Synthèse

Les caractéristiques physiques du seuil de la Seigne induisent une barrière totale concernant les espèces nageuses. Le cas particulier de l'anguille avec des capacités de reptation explique les notes de 0,66 et de 1 de la partie basse du tableau. Le stade civelle apparaît moins impacté que l'anguille jaune du fait d'exigences différentes concernant la hauteur de lame d'eau (tirant d'eau) sur le seuil son minimales. Néanmoins, ce stade de développement de l'Anguille n'est représenté à ce niveau du bassin versant de l'Aude.

Il convient également de statuer sur le fait que les blocs non jointifs à l'aval ne sont pas discriminant pour toutes les espèces présentes. En revanche, la hauteur de chute totale, la faible profondeur de fosse et la pente du coursier béton sont des éléments discriminants

## 4. orientation d'aménagement

### 4.1 Abaissement de la côte de l'ouvrage

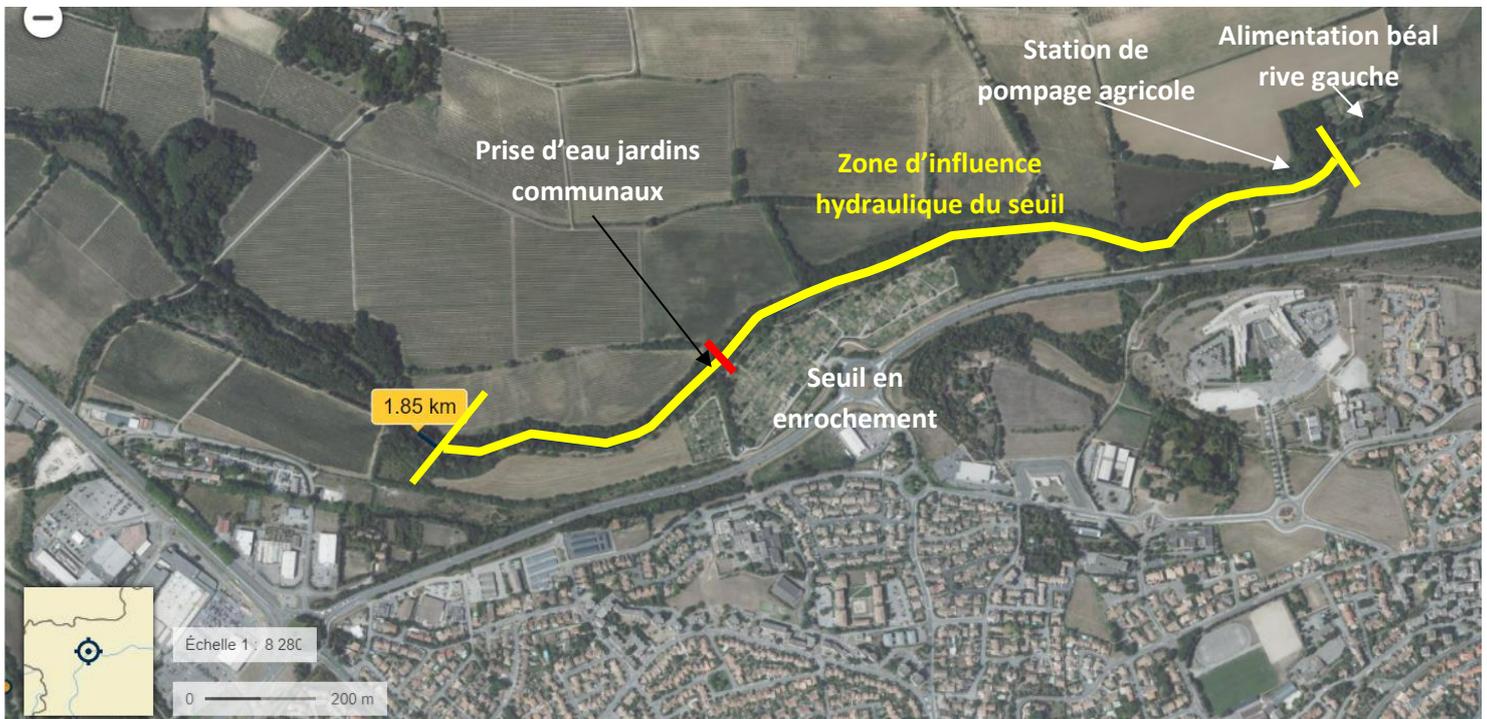
#### 4.1.1 Les usages associés

La première hypothèse retenue dans une réflexion de rétablissement de la continuité écologique reste la suppression des contraintes qui limitent la montaison et la dévalaison. L'aspect du transit sédimentaire ne sera pas abordé ici, l'ouvrage étant comblé et désormais transparent aux flux de sédiments. L'effacement reste néanmoins la solution technique la plus efficace y compris pour la restauration des flux sédimentaires. Dans un contexte de déficit chronique de matériaux et d'incision des cours d'eau, la restauration de la dynamique sédimentaire du Fresquel est un enjeu important pour lequel l'option présentée apporte une réelle efficacité.

En revanche, si l'effacement reste une option présentant de nombreux avantages, la présence d'enjeux à l'amont doit être vérifiée. Or, au regard des connaissances actuelles, il semblerait que plusieurs usages soient liés au seuil de la Seigne :

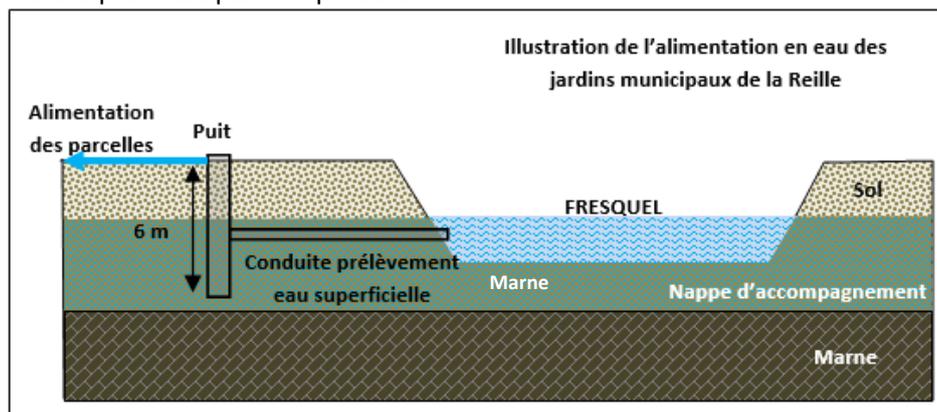
- Droit d'eau alimentant le béal en rive gauche
- Alimentation des jardins municipaux de la Reille en rive droite
- Station de pompage en rive gauche

Le profil en long du Fresquel présente une pente très douce dans ce secteur (0.2 %). La hauteur de chute de 1,57 m provoque ainsi une zone d'influence hydraulique relativement longue de 1.85 km. Dans cet espace, deux prélèvements semblent directement liés à l'ouvrage, ils sont représentés sur la carte ci-dessous.



La présence d'enjeux associés à l'ouvrage rend cette option délicate bien que la plus efficace. Des substitutions de prélèvement par des pompages en nappe ou depuis un raccordement d'eau brute sécurisée et compensée sont possibles si cette option est retenue.

- ⇒ **Alimentation des jardins municipaux de la Reille (visite du site et rencontre du président le 16/05/2023)** : pompage en nappe et eau superficielle. Un seuil en enrochement non jointif a été réalisé au droit du prélèvement en vue de maintenir la côte en eau. Le pompage est assuré par deux pompes automatiques calées sur les heures fixes d'ouverture des jardins et cela 3 fois par semaine. Les jardins de la Reille regroupent un total de 172 jardiniers amateurs répartis sur les 4.5 hectares du site. Un volume annuel de 130 000 m<sup>3</sup> est prélevé pour alimenter l'ensemble des parcelles. Un débit de pointe de 150 l/s avec une pression de 6 bars semblerait être le besoin en période de pointe. Dans un souci de sécurisation et d'économie, le président souhaiterait assurer une alimentation en nappe par un forage plus profond et équiper chaque parcelle d'un compteur pour appliquer les restrictions de manière la plus transparente possible.



⇒ **Alimentation du captage agricole (GFA Rivals/Seigne) en rive gauche** : pompage en nappe.

Un bâtiment présentant un système de pompage à l'abandon est mentionné sur la carte IGN. La photographie ci-contre confirme la présence d'un usage ancien de cette station de pompage. Il semblerait que les différentes parcelles cultivées par le GFA aient été irriguées depuis cette ressource. En revanche, l'utilisation de cette ressource ne semble plus d'actualité. Il est donc fort probable que le raccordement à une ressource sécurisée ait été retenu pour irriguer les parcelles aux alentours.



⇒ **Alimentation du béal en rive gauche de l'ouvrage** : pompage en eaux superficielles. Le béal autrefois utilisé pour alimenter le moulin à farine a été abandonné pour laisser place à une petite alimentation sous les bâtiments. Les mesures de jaugeage réalisées l'été 2023 font apparaître un débit de 200 l/s dans le béal, sachant qu'une majeure partie de ce débit surverse avant le passage sous le bâtiment pour rejoindre le lit du Fresquel (option de rivière de contournement). L'utilisation actuelle semble être destinée à alimenter des jardins privés sur les parcelles autour du moulin.



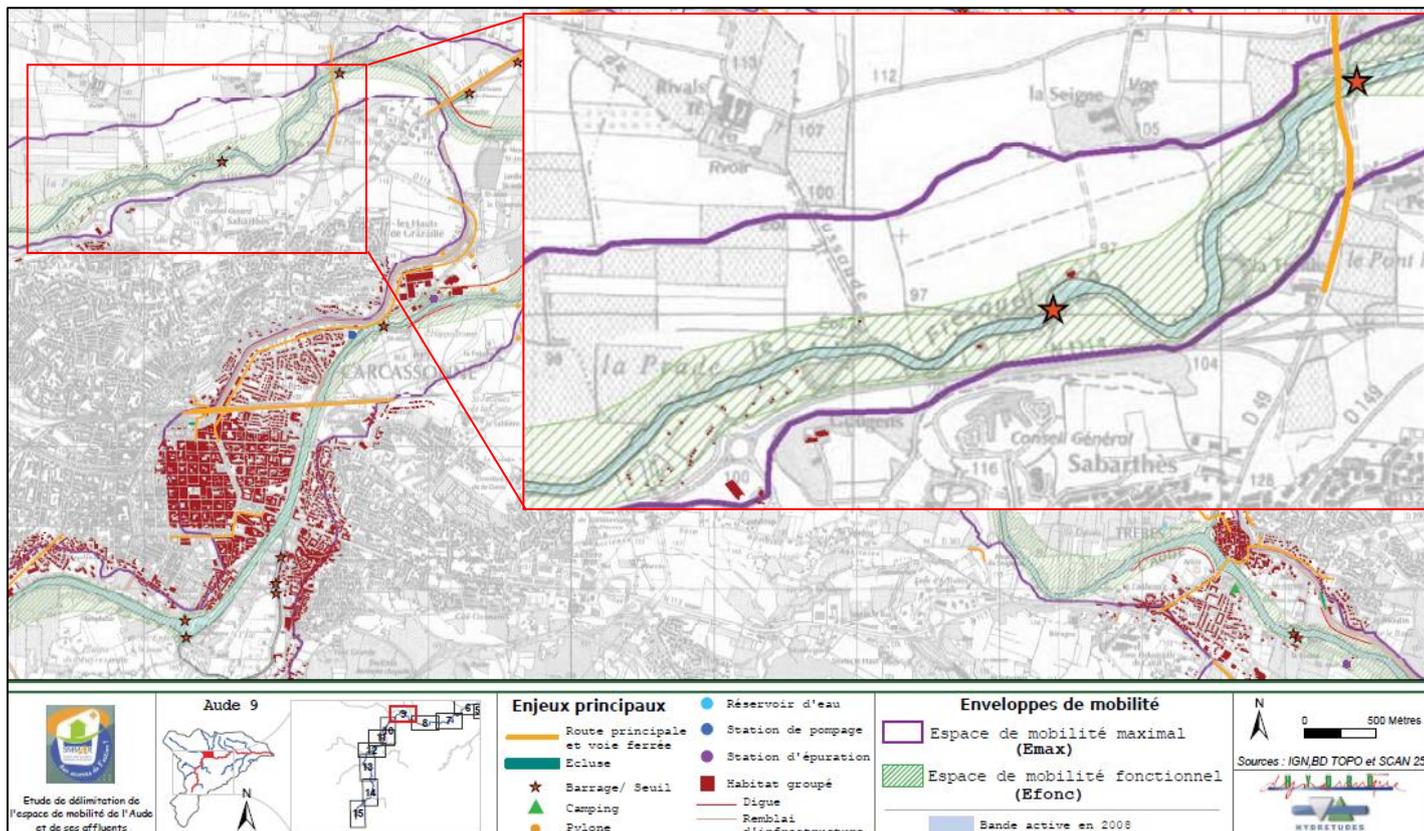
#### 4.1.2 Mobilité du lit et enjeux associés

L'étude réalisée par le SMMAR sur les espaces de mobilité du fleuve Aude et de ses principaux affluents présente l'espace de mobilité fonctionnel (hachuré vert) et géologique (traits violets).

Le seuil de la Seigne est mentionné par l'étoile rouge plus visible sur l'encadré rouge à droite. On observe en effet que l'espace de mobilité fonctionnel s'étale sur une enveloppe s'approchant approximativement du lit majeur ou d'une enveloppe de crue importante (Q 50, 100 ?). Cet espace théorique prend également en compte les aménagements majeurs alentours ayant une influence sur sa mobilité (ponts/routes départementales).

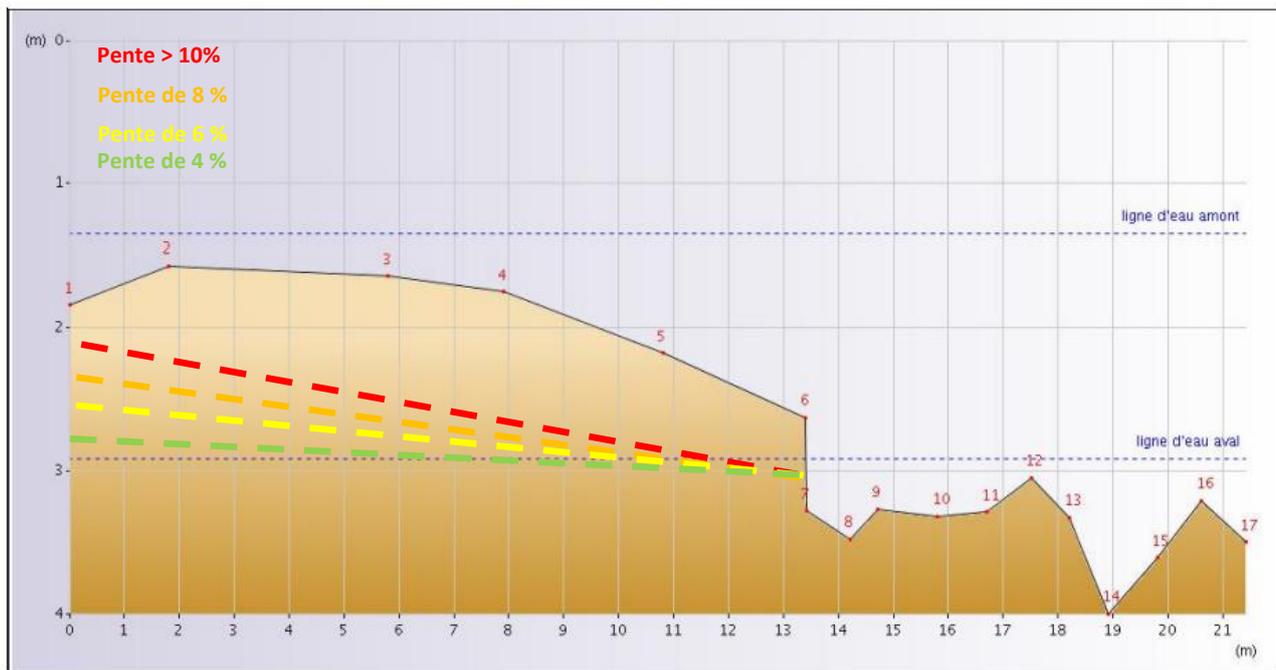
Enfin, il est fort probable qu'en cas d'arasement total, la mobilité du lit soit tout de même limitée. En effet, la présence d'un talus imposant essentiellement en rive droite parfois associé à un merlon conditionnent fortement les écoulements. Par ailleurs, bien que la pente relativement douce facilite généralement la formation de méandres, la ripisylve particulièrement dense et équilibrée en rive gauche devrait limiter les risques de formation d'encoches d'érosion ou de déstabilisation majeure de talus.

L'équilibre post aménagement tendrait davantage à un départ progressif des alluvions pour rejoindre les zones à l'aval du seuil jusqu'à retrouver un profil d'équilibre proche de la pente naturelle. Une formation de légers méandres dans le lit mineur correspondant au lit mouillé actuel serait alors susceptible d'apparaître au gré des épisodes météorologiques et des capacités du Fresquel à transporter suffisamment de sédiments pour se reformer un lit. L'exemple des interventions du syndicat du Fresquel sur les ouvrages à l'amont est un exemple de retour à un profil d'équilibre.



Par conséquent, au regard des éléments précités, l'option d'arasement total ou partiel conduirait à modifier de manière significative la côte de la ligne d'eau amont de l'ouvrage. On peut dans ce cadre distinguer plusieurs variantes :

- **Arasement total** : suppression de l'intégralité des parties maçonnées du déversoir sur une longueur de 45 m, une largeur de 22. 4 m et une hauteur de 0.7 m. Dans cette hypothèse, les prélèvements actuels devront être substitués par des prélèvements en nappe ou un raccordement à un réseau à proximité. Si cette option devait être retenue par le maître d'ouvrage de l'opération, une étude spécifique devrait permettre de définir les modalités techniques d'intervention et les coûts associés ;
- **Arasement partiel** : création d'une échancrure par arasement partiel des parties maçonnées de l'ouvrage en rive droite : 10 m de longueur depuis la berge, 22.4 m de large et une hauteur relative de 0.7 m. Elle sera déterminée en fonction des usages associés au seuil et de leur niveau de prélèvement. Les éléments de connaissance apportés par la DDTM sur chaque prélèvement permettront de déterminer de manière plus précise la hauteur de chute à conserver. Dans le cas d'un arasement partiel, il peut être incorporé une rugosité de fond permettant de garantir des vitesses limitées. La pose de blocs dont la concentration devra varier en fonction de la pente retenue et donc de la hauteur de chute à conserver permettra de garantir le franchissement des espèces les plus petites.



Selon les contraintes d'abaissement liés aux usages amont, il conviendra de respecter la pente admissible pour les espèces présentes. L'analyse des capacités de nage selon le protocole ICE a démontré que les capacités de nages des espèces présentes étaient relativement réduites. Il conviendra donc de privilégier les pentes les plus douces possible. Le pourcentage de 4 % semble être la valeur haute admissible par les espèces présentes, la valeur de 2,5 % se rapproche le plus des conditions idéales pour la montaison.

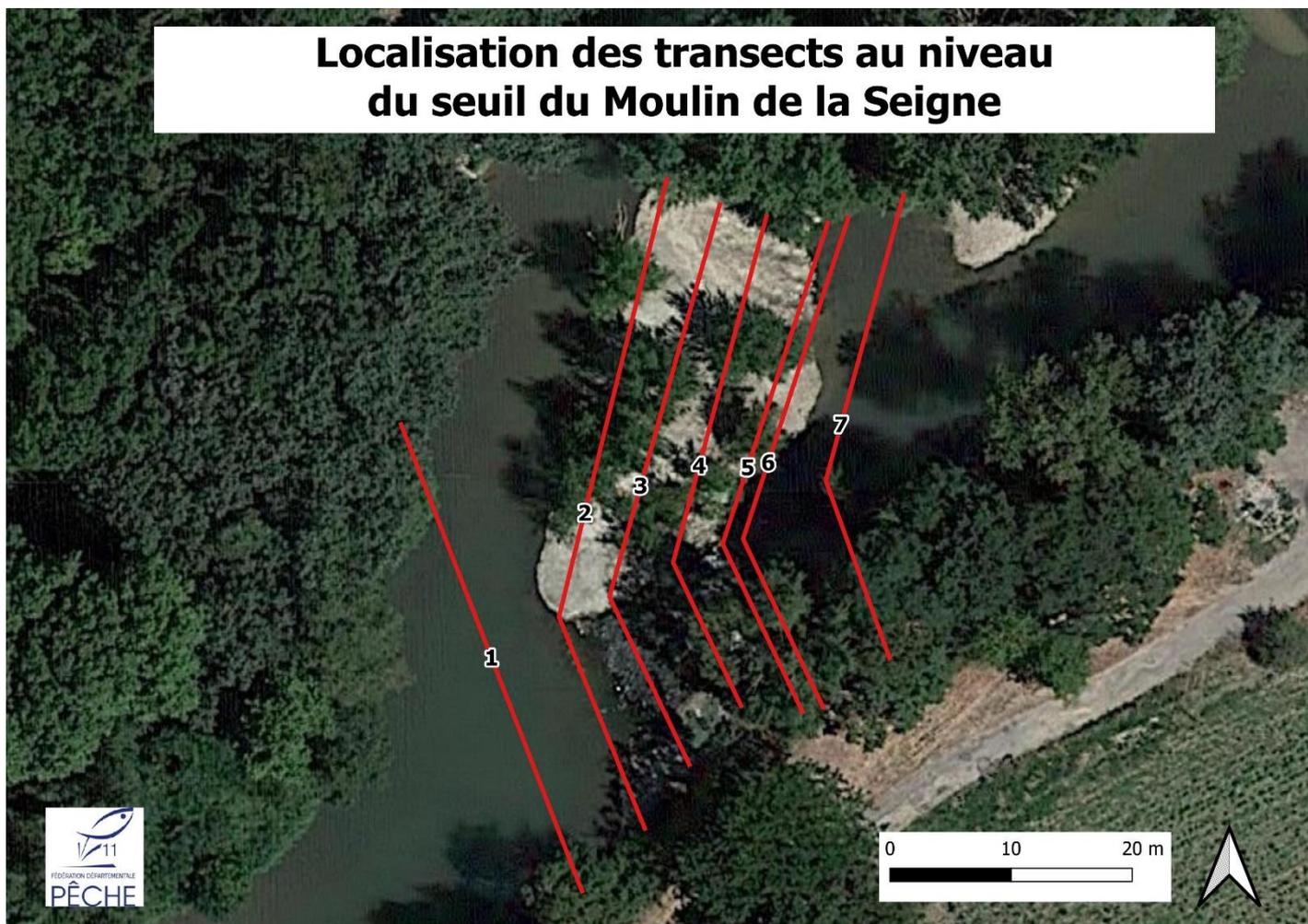
#### 4.1.1 Positionnement des transects et caractéristiques géométriques au niveau de l'ouvrage

Les relevés de terrain ont été réalisés dans l'après-midi du 02/05/2023 avec des valeurs de débits stable mesurés à 2.6 m<sup>3</sup>/s au niveau de la station hydrologique du Fresquel à Pont Rouge.

Sept transects ont été effectués pour les besoins de la modélisation afin de prendre en compte l'ensemble des ruptures de pentes liées à l'ouvrage.

Les scénarios envisagés nécessiteraient l'abandon des servitudes d'usages associés à la prise d'eau situés en rive gauche. Dès lors, les mesures se sont concentrées au niveau du seuil maçonné attenant à la rive droite du Fresquel.

## Localisation des transects au niveau du seuil du Moulin de la Seigne



Les mesures indiquent que le déversoir du seuil du Moulin de la Seigne se caractérise par deux structures distinctes :

- Un chenal préférentiel d'écoulement de 12 à 8 mètres de largeur d'amont en aval pour une longueur de 15 mètres depuis la crête.
- Un grand déversoir de 40 à 30 mètres de large d'amont vers l'aval sur une longueur de 15 à 20 mètres.

Il est aussi important de noter la présence d'une fosse en amont immédiat de la crête du seuil certainement induite par les accélérations d'écoulements au niveau du déversoir préférentiel. Ainsi les hauteurs importantes d'eau ont empêché une prise de mesure complète sur le tronçon le plus en amont qui a dû être extrapolé à partir de 7 mètres. La hauteur d'eau maximale relevée a été de 1.3 m et sert de référence basse pour ce transect. Celle-ci est probablement sous-estimée.

Enfin, les niveaux d'eau en aval du seuil sont contrôlés par le remous hydraulique associé au radier aval du pont romain partiellement détruit.

### 4.1.2 Calage du modèle selon un état initial.

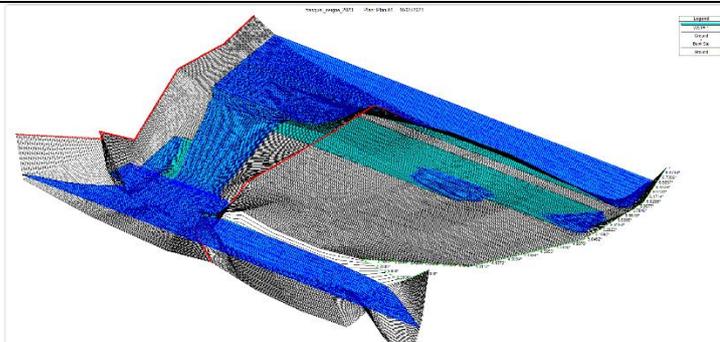
Un modèle hydraulique à surface libre unidimensionnel a été réalisé sous le logiciel HEC RAS en se basant sur les relevés topographiques effectués le 02/05/2023. Les conditions limites du modèle ont été calées à partir du débit mesuré au niveau de la station hydrologique de Pont Rouge (2.6 m<sup>3</sup>/s). De plus, les lignes d'eau mesurées en amont et aval de l'ouvrage :

- Ligne Amont : 2.59 m
- Ligne aval : 1.04 m

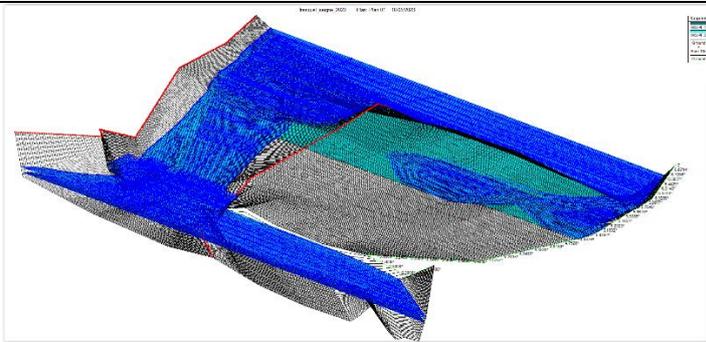
Une seconde simulation a été réalisée à partir du module interannuel estimé à 5.32 m<sup>3</sup>/s. Les variables de hauteur d'eau en amont et en aval ont été fixées selon un rapport hauteurs / débits observés sur la station du pont rouge. En effet, les caractéristiques du chenal hydrauliques apparaissent comme assez comparables sur les deux sites (largeurs d'environ 20 mètres du lit mineur). Il a ainsi été ajouté une hauteur de 0.18 m aux valeurs mesurées le 02/05/2023 :

- Ligne Amont : 2.779 m
- Ligne aval : 1.229 m

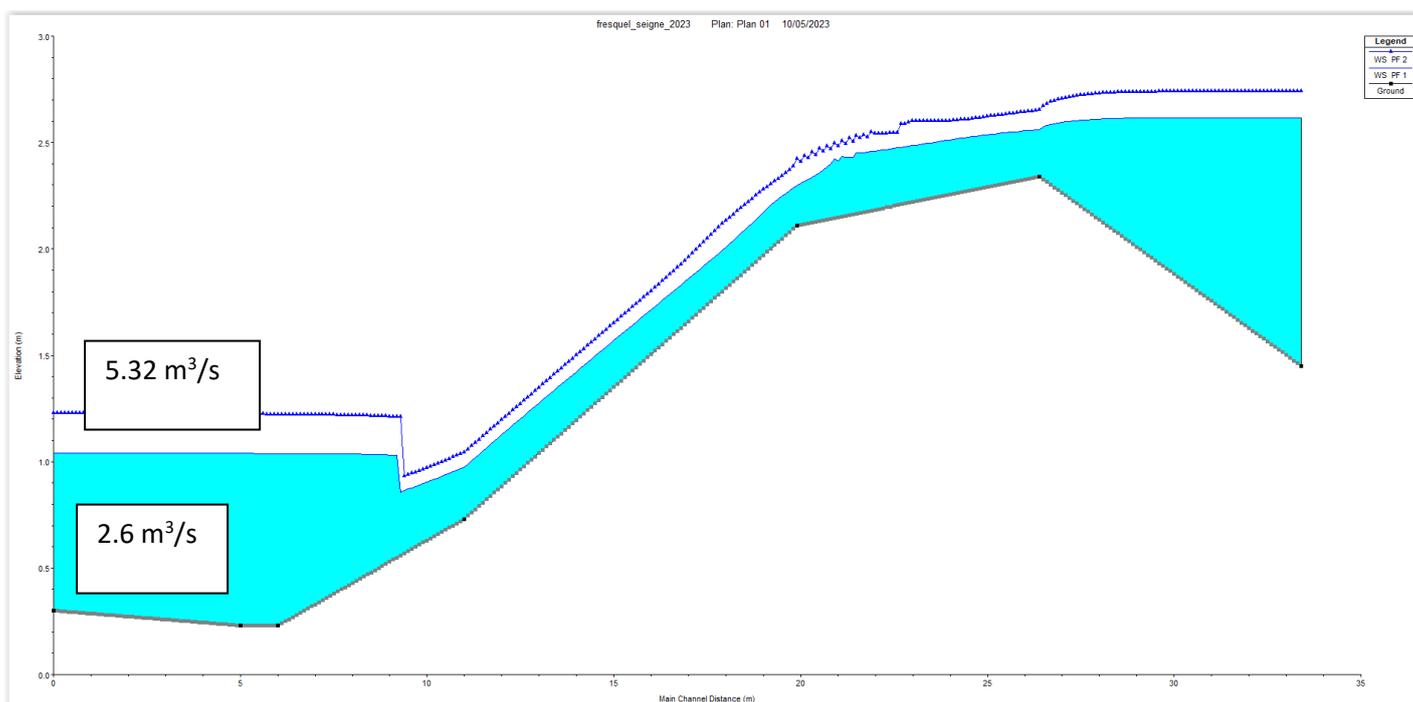
État initial pour un débit de 2.6 m<sup>3</sup>/s  
(Proche du débit classé 0.5)

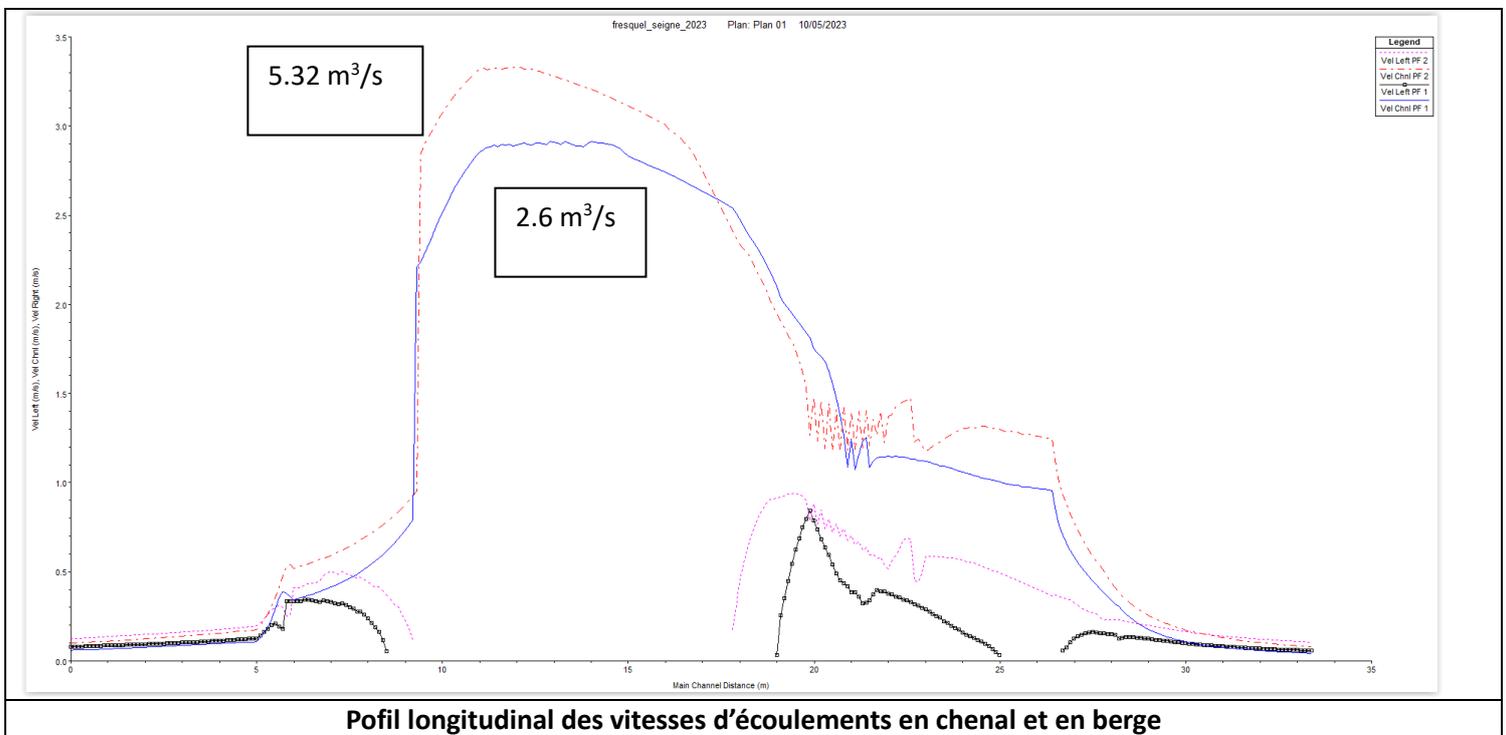


État initial pour un débit de 5.32 m<sup>3</sup>/s  
Module interannuel



Profil longitudinal de la section préférentielle d'écoulement





Un régime d'écoulement mixte (indéterminé entre fluvial et torrentiel) a été choisi car induisant une meilleure prise en compte des zones d'influence observées au niveau du seuil et du radier aval.

Les coefficients de rugosité (Manning -Strickler) ont été adaptés en fonction du substrat décrit lors des relevés topographiques. Il a été attribué des coefficients de 0.03 au niveau du seuil maçonné (substrat lisse) et de 0.1 au niveau des granulométries grossières (rugosité élevée) situées en aval.

Les résultats de simulations sont assez probants vis-à-vis des observations réalisées. Nous noterons que les vitesses d'écoulement au droit du seuil atteignent des valeurs élevées sur les deux débits testés (2.9 et 3.3 m/s). Ces niveaux sont largement supérieurs aux capacités de nage de l'ensemble des espèces cibles du bas Fresquel.

#### 4.1.3 Scénario de l'arasement partiel

Dans le cadre de cette simulation, la géométrie de l'ouvrage a été modifiée en faveur d'un écrêtement de l'ouvrage entre les transects 1 et 4 sur la largeur du chenal préférentiel d'écoulement (environ 10 mètres). Les volumes décaissés pour ce type d'opération seraient évalués à 150 m<sup>3</sup>.

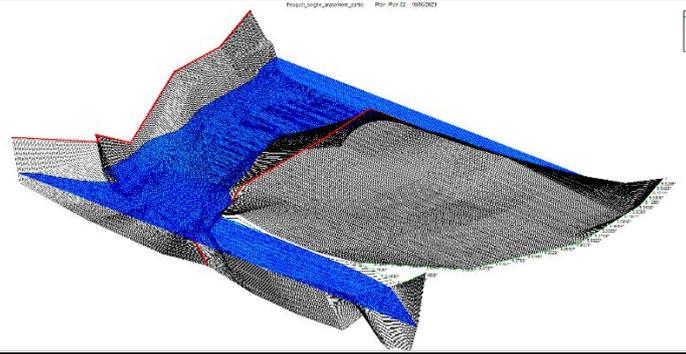
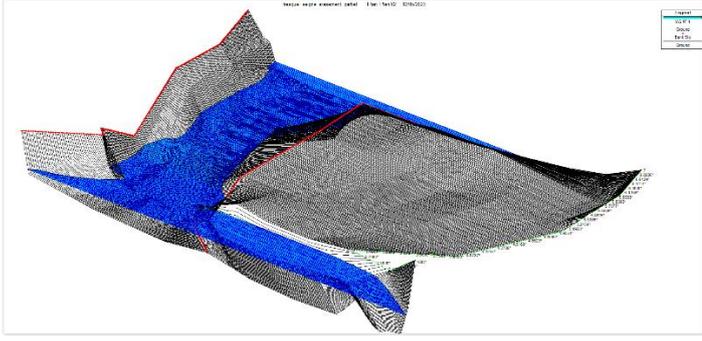
Pour nos deux débits de référence, les niveaux des côtes des lignes d'eau amont ont été simulés selon des conditions normales d'écoulement en régime fluvial avec une pente moyenne mesurée à 2 %.

Les côtes aval n'ont pas été modifiées du fait du maintien de la variable de contrôle liée au radier du pont Romain.

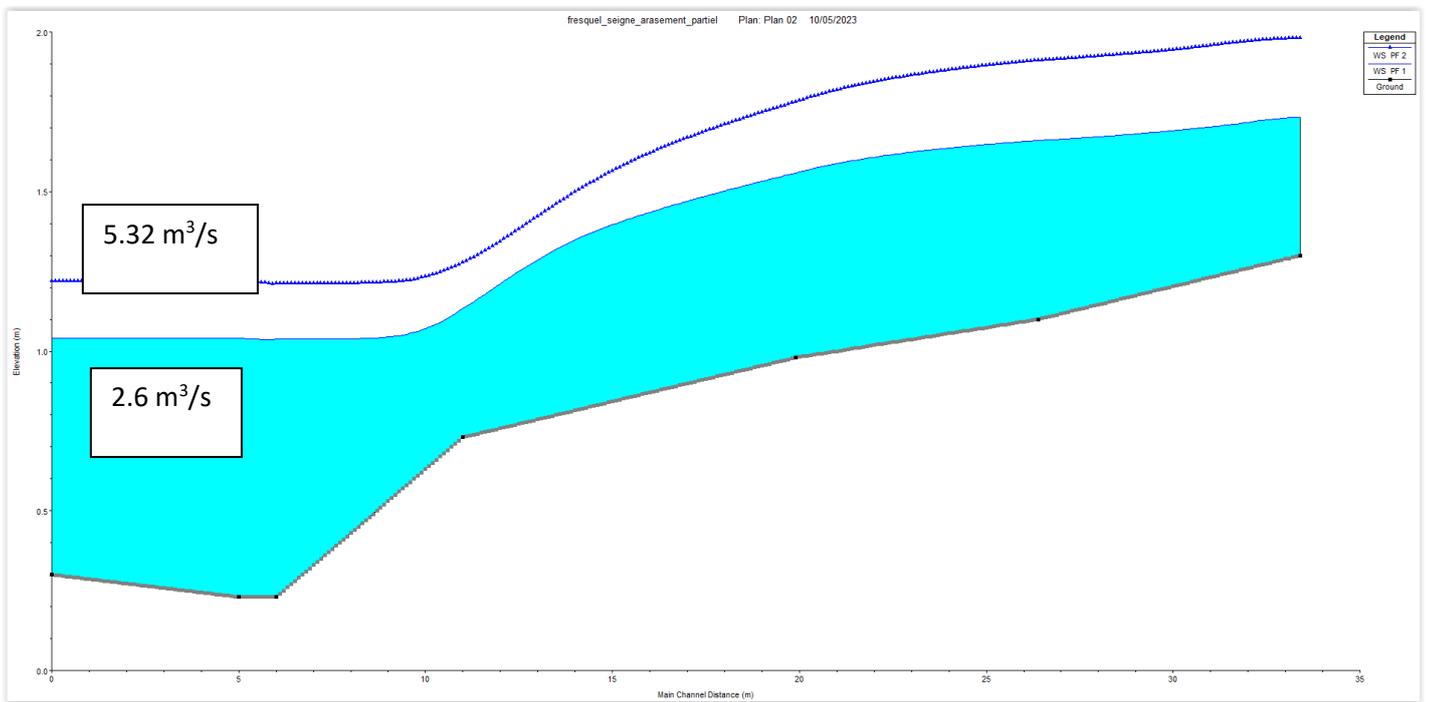
Les coefficients de rugosité (Manning -Strickler) ont fait l'objet de modifications anticipant l'ajout ou le maintien d'une granulométrie grossière à très grossière dans le chenal. Ainsi, il a été fixé à 0.15 au niveau l'échancrure.

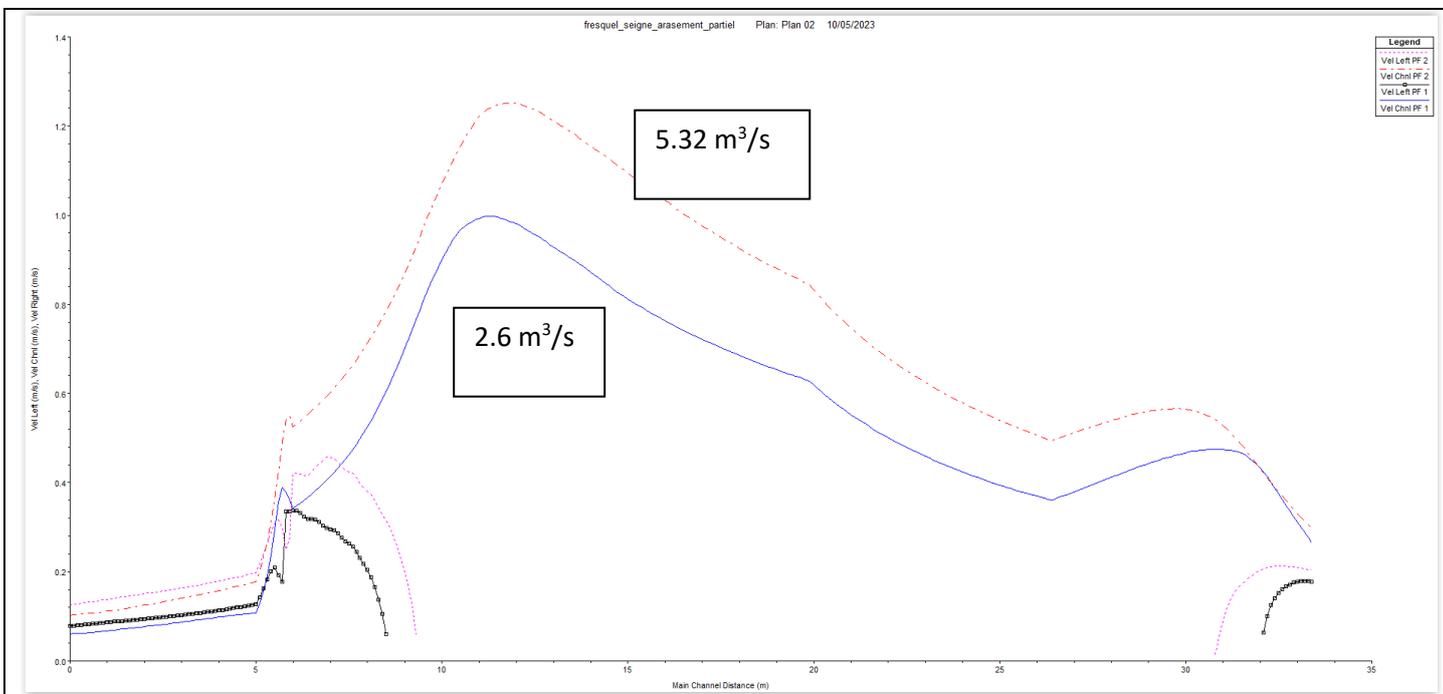
État initial pour un débit de 2.6 m<sup>3</sup>/s  
(Proche du débit classé 0.5)

État initial pour un débit de 5.32 m<sup>3</sup>/s  
Module interannuel



Profil longitudinal de la section préférentielle d'écoulement





**Pofil longitudinal des vitesses d'écoulements en chenal et en berge**

Le scénario de l'arasement partiel met en évidence un important ralentissement des vitesses d'écoulements au niveau du radier du seuil. **Ces derniers, sous condition de rugosité élevée, atteignent des valeurs maximales compatibles avec les espèces cibles les moins bonnes nageuses pour les deux scénarii, soit 0.93 et 1.25 m/s.**

**L'abaissement simulé de la ligne d'eau amont serait de 0.89 m pour un débit de 2.6 m<sup>3</sup>/s et de 0.76 m pour un débit de 5.32 m<sup>3</sup>/s.**

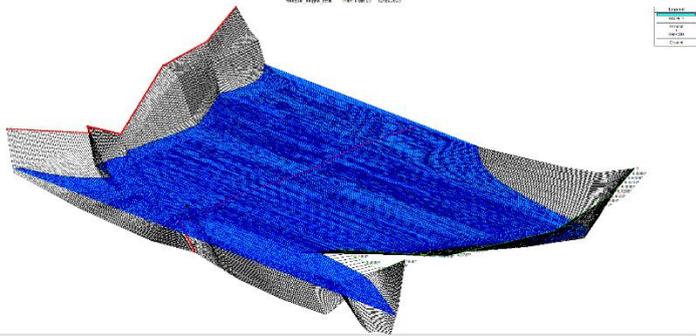
#### 4.1.4 Scénario de l'arasement total

Ce scénario implique la destruction de l'ensemble des deux parties du déversoir sur une largeur moyenne de 45 mètres entre les transects 1 et 4. Les volumes à extraire sont estimés entre 300 et 500 m<sup>3</sup>.

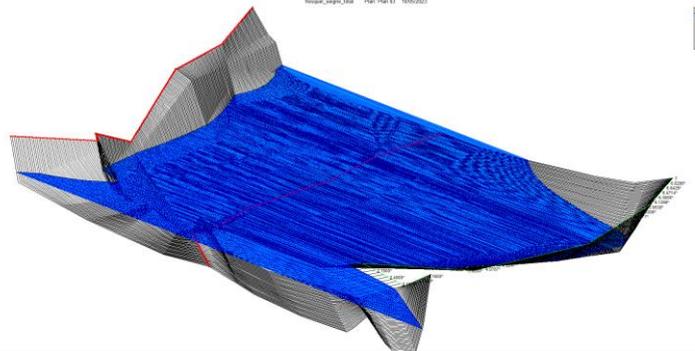
Les mêmes conditions hydrauliques limites ont été appliquées que sur le scénario précédent.

Un coefficient de rugosité (Manning -Strickler) de 0.15 a été appliqué sur l'ensemble de la largeur du déversoir arasé.

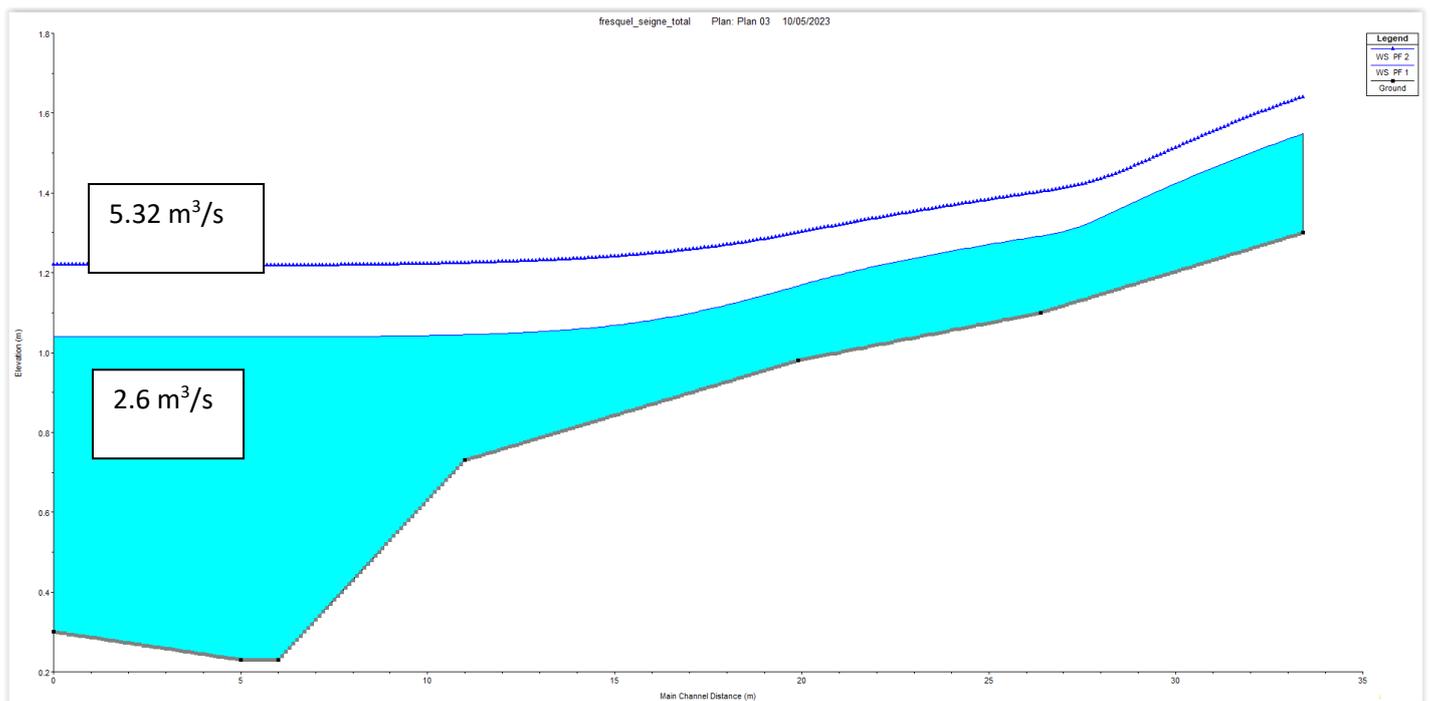
État initial pour un débit de 2.6 m<sup>3</sup>/s  
(Proche du débit classé 0.5)

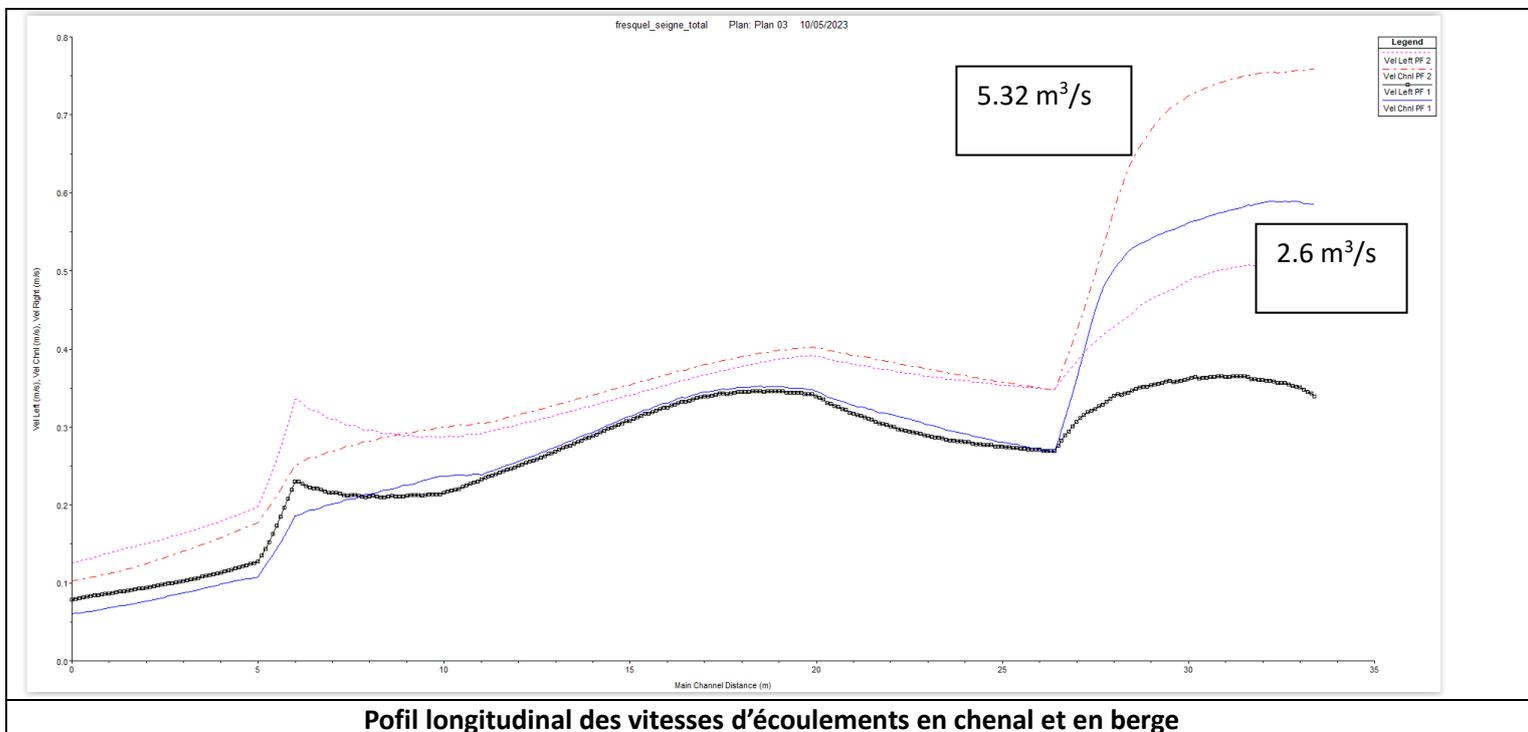


État initial pour un débit de 5.32 m<sup>3</sup>/s  
Module interannuel



Profil longitudinal de la section préférentielle d'écoulement





L'étalement de la lame d'eau sur l'ensemble de la largeur du déversoir limite les tirants d'eau entre 20 et 30 centimètres selon le scénario. Les effets du fort coefficient de rugosité sont perceptibles avec une chute des vitesses d'écoulements à partir du transect 2. En tout état de cause, les vitesses demeurent conformes aux exigences de nos espèces cibles avec des maxima simulés de l'ordre de **0.6 et 0.8 m/s** selon le scénario.

**L'abaissement simulé de la ligne d'eau amont serait de 1.19 m pour un débit de 2.6 m<sup>3</sup>/s et de 0.98 m pour un débit de 5.32 m<sup>3</sup>/s.**

## 4.2 Équipement de l'ouvrage

Débits en m <sup>3</sup> /s	Débits mesurés Pont rouge	Débits estimés Seigne (0,99)
Débits classés Fréquence 0,0274	0,075	0,072
Débits classés Fréquence 0,5	2,38	2,36
Débits classés Fréquence 0,9726	26	25,00
Quinquennale sèche	0,215	0,21
Module	5,32	5,27
Quinquennale humide	7,07	7,00
Crue biennale	73,5	72,77
Crue quinquennale	127	125,73

L'analyse des débits sur la station de pont rouge permet d'obtenir des valeurs très proches de celles mesurées sur le seuil lors de la mise en place des stations de jaugeage.

Ainsi, les valeurs de référence pour le dimensionnement de l'ouvrage de franchissement sont retenues à partir de l'analyse de la courbe des débits classés.

Au regard des levés topographiques et de jaugeages réalisés sur le terrain, nous nous rapprochons fortement du débit médian pour les modélisations faites sur le logiciel Hec-RAS comme pour CASSIOPEE présenté par la suite.

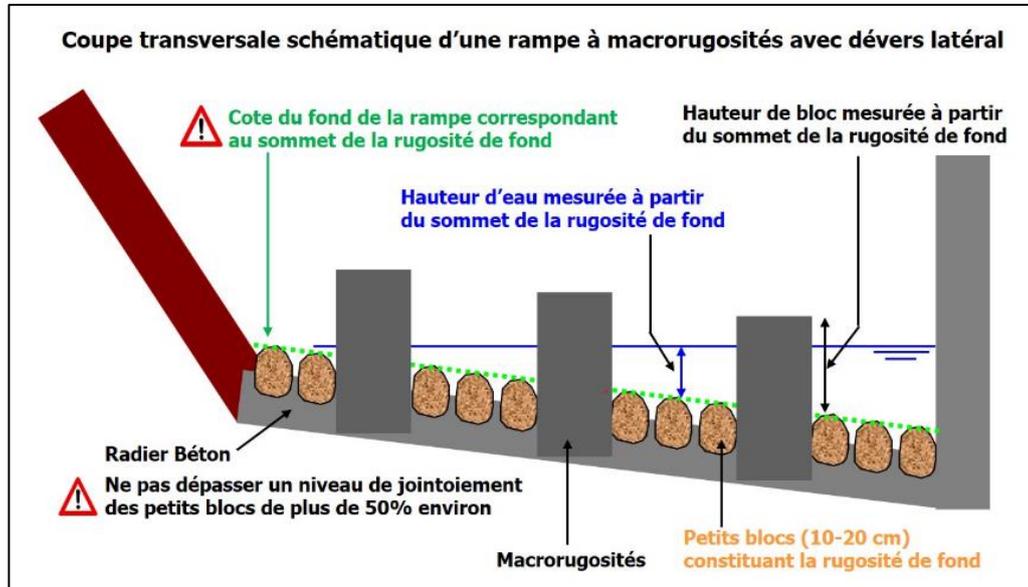
## Le choix de la rampe macrorugosité :

Parmi l'ensemble des dispositifs de franchissement, la passe « naturelle » ou « macrorugosité » présente de nombreux avantages qu'il est important de rappeler :

- Des moyens d'entretien limités au regard d'autres systèmes de franchissement ;
- Des valeurs en termes de vitesses débitantes et puissance dissipées facilement abaissées ;
- Possibilité de se rapprocher de la pente naturelle du cours d'eau pour faciliter le déplacement des petites espèces.

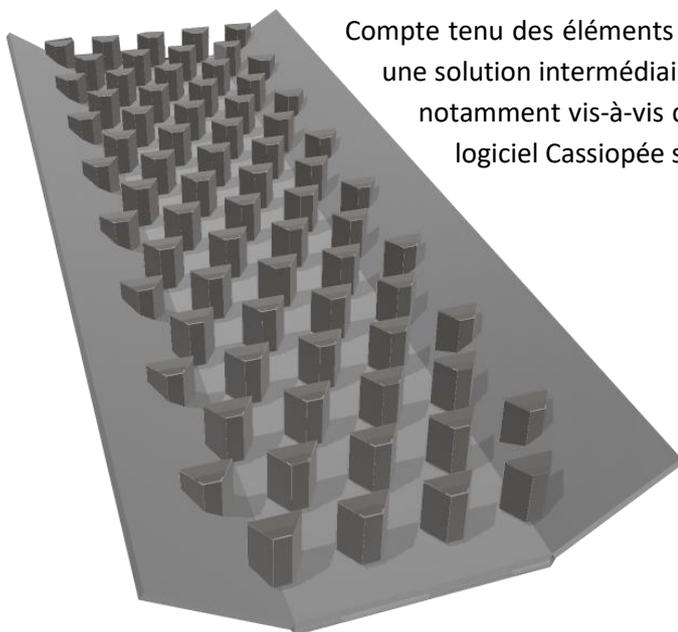
L'ensemble des éléments présentés dans l'ouvrage « Guide technique pour la conception des passes naturelles, rapport

GHAAPPE RA.06.05V-1, M. LARRINIER, D.COURRET, P.GOMES, 2006 » ont été pris en compte pour dimensionner le dispositif de franchissement.



Les paramètres de dimensionnements sont présentés dans le tableau ci-contre. Les valeurs obtenues semblent correspondre aux attentes des espèces cibles et repère.

## Application au site de la Seigne :



Compte tenu des éléments précités, la mise en place d'une rampe macrorugosité semble une solution intermédiaire capable de répondre aux exigences écologiques des espèces notamment vis-à-vis du critère de la montaison. Les résultats obtenus au travers du logiciel Cassiopée semblent en adéquation avec le profil des espèces rencontrées.

Paramètres fixés	Valeurs
Cote de fond amont (m)	1,56
Longueur (m)	20
Pente (m/m)	0,025
Profondeur (m)	1
Rugosité de fond (m)	0,1
Concentration de blocs	0,2
Diamètre (m)	0,5
Hauteur (m)	0,7
Forme (1 pour rond, 2 pour carré)	2

Les valeurs représentées dans le tableau ci-contre sont les principales côtes renseignées afin d'obtenir le tableau des résultats ci-dessous. Dans le cas présent, la vitesse débitante et la puissance volumique sont les paramètres principaux dont la valeur ne doit pas dépasser un certain seuil pour conserver sa fonctionnalité.

Largeur	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Cote de fond aval (m)	Vitesse débitante (m/s)	Puissance volumique dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Type d'écoulement	Strickler équivalent (SI)
2	1,846	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
3	2,768	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
4	3,691	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
5	4,614	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
6	5,537	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
7	6,46	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
8	7,382	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
9	8,305	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836
10	9,228	1,06	0,923	226,319	Immergé	5,836

En effet, les capacités de nage des espèces présentes qualifiées de « petits cyprinidés » sont relativement faibles. Il convient donc de ne pas dépasser **1 m/s** pour ce qui est de la vitesse et de **200 à 300 W/m<sup>3</sup>**. Pour ce qui concerne la pente, une valeur inférieure à 3 % est recommandée, nous nous situons dans la simulation présentée à **2,5 %** pour une longueur de rampe de **20 m**.



**L'ensemble des valeurs présentées correspondent ainsi aux exigences des espèces recensées dans ce secteur.**

#### 4.4 Rivière de contournement

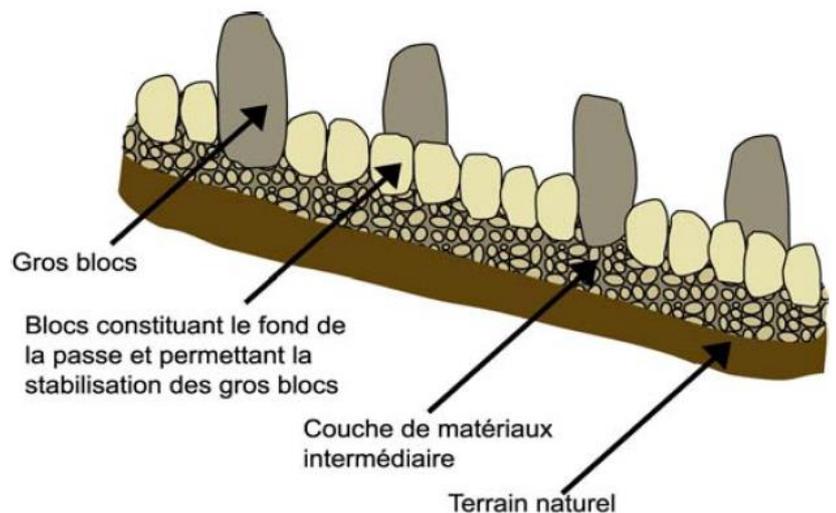
L'illustration ci-dessous présente le principe des rivières de contournement. Cela reste un dispositif fonctionnel dans la mesure où quelques éléments de conception sont respectés, il s'agit notamment des éléments suivants :

- Une pente inférieure à 1 % ;
- Une rugosité suffisante pour limiter les vitesses débitantes ;
- Un débit suffisant pour créer un attrait au droit de la connexion. Avec un débit insuffisant, le risque de perte du poisson est important.



L'application de ce scénario laisse supposer qu'aucune alternative ne soit trouvée pour déplacer ou substituer les usages à l'amont. Autrement dit, la côte du haut de l'ouvrage reste inchangée et le rétablissement de la libre circulation piscicole s'opère au travers d'un ouvrage de contournement. Cette hypothèse peut alors être dissociée en deux options puisque les deux rives sont étudiées. En revanche, même si les deux options sont techniquement réalisables, leur coût peut sensiblement varier au regard des contraintes topographiques présentes.

Le graphique ci-contre représente la disposition de la couche de fond en matériaux inertes (0-20 mm), la rugosité de fond constituée de matériaux plus grossiers et enfin les gros blocs disposés de manière inégalement répartie pour la macrorugosité. Le bloc sur toute sa hauteur est stabilisé par les blocs de plus petit diamètre en fond d'ouvrage et offrent une plus grande résistance pour des débits importants.



#### 4.4.1 Contournement en rive droite

Le contournement par la rive droite impose une emprise foncière volumineuse et un ouvrage relativement long (100 m). Les parcelles en rive droite semblent appartenir à des propriétaires privés (p 8, 2.4 Propriétés), cela implique donc des discussions voire des négociations pour acquisition au regard du caractère durable de l'aménagement.



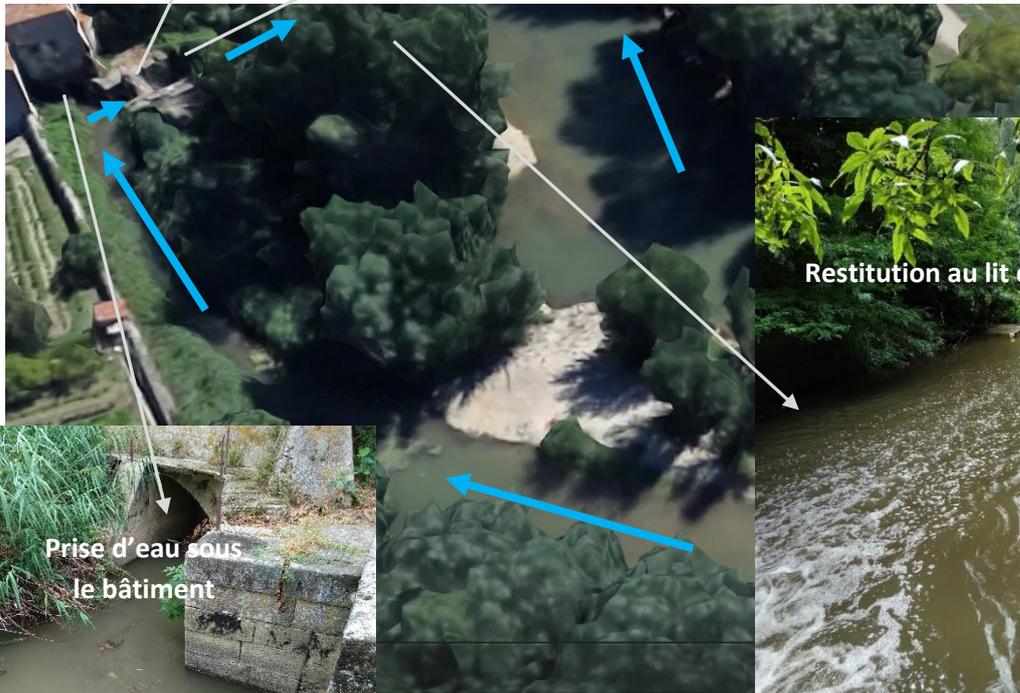
Sur le plan technique, le linéaire nécessaire pour disposer d'une pente très faible semble disponible. Par ailleurs, la plus grosse contrainte semble être d'origine topographique (flèches rouges sur les profils). En effet, le merlon en rive droite présente une hauteur relative vis-à-vis du terrain naturel de plus de deux mètres par endroit. Aussi, l'enfoncement du lit à l'aval de l'ouvrage a été observé sur le terrain. Il est représenté sur le profil altimétrique du transect aval par un important décalage entre le lit mineur et le terrain naturel (+ de 2,5 m). Le maintien d'un profil en long le plus doux possible dans la rivière de contournement nécessitera par conséquent des travaux de terrassement importants.

Le respect des critères essentiels au dimensionnement de l'ouvrage semble possible dans cette configuration. Malgré un imposant besoin de terrassement, la pente la plus douce possible pourra être trouvée.

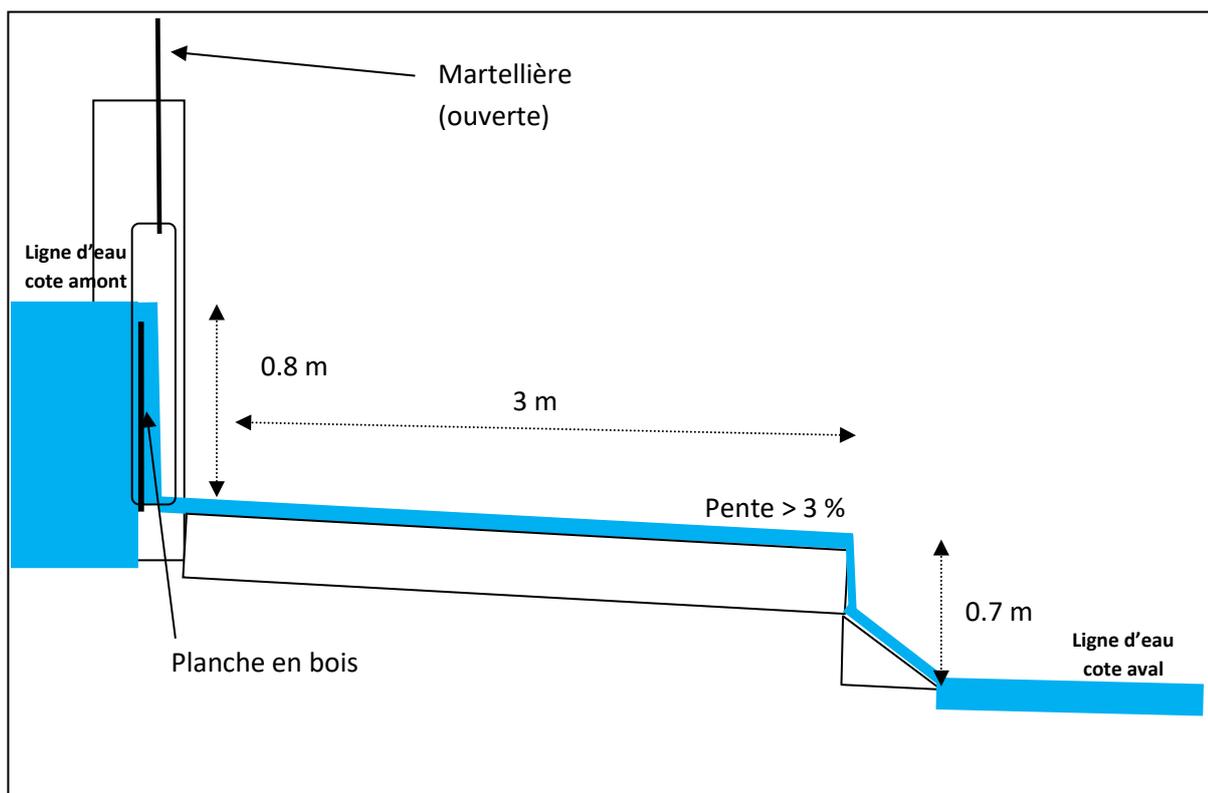
#### 4.4.2 Contournement en rive gauche

Le principe de la rivière de contournement reste le même que pour la rive droite à la différence près que le scénario en rive droite utilise le bâti existant de l'ouvrage.

En effet, le chenal d'aménée vers le bâti en rive gauche pourrait servir de rivière de contournement. La contrainte majeure reste le franchissement des deux chutes (voir photos ci-dessous) depuis le canal d'aménée vers le lit du cours d'eau. Par ailleurs cette option présente le défaut d'avoir un débit d'attrait actuellement limité (mesuré à environ 330 l/s) mais également un radier béton dans la zone de restitution à l'aval de l'ouvrage infranchissable.



De manière plus schématique, les conditions actuelles d'écoulement dans le béal puis le canal de fuite se présentent sous la forme graphique ci-dessous :



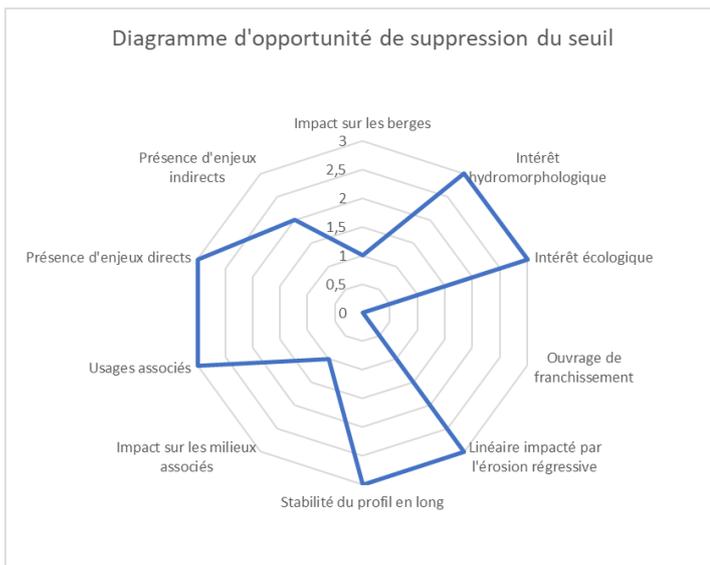
Au regard de la disposition des organes de vannage et du bâti, la récupération de la hauteur de chute peut s'imaginer selon les dispositifs de franchissement suivants :

- Implantation d'une rampe à macrorugosité : même dispositif que celui proposé dans le scénario précédent mais calibré pour une largeur de deux mètres et une longueur de 20 m.
- Implantation de pré-barrages successifs : réalisation de pré-barrage dans la zone de restitution au Fresquel pour rattraper la hauteur de chute aval (0.7 m) puis dans le bâti existant contre les bajoyers pour rattraper la hauteur de chute restante (0.8 m).

Ces deux options semblent peu réalistes et efficaces compte tenu des contraintes liées au bâti, à la hauteur de chute et au débit relativement limité injecté dans le dispositif (environ 300 l/s). Par ailleurs, la restitution au Fresquel se passe dans une annexe hydraulique, le débit d'attrait reste donc très faible compte tenu de sa distance à l'ouvrage.

## 5. Synthèse des éléments techniques et financiers

### 5.1 Analyse des éléments clés en faveur de la suppression totale



Le diagramme ci-contre vise à synthétiser les éléments techniques retenus en faveur de la suppression du seuil. Au regard de l'efficacité sur les compartiments physiques et biologiques que pourrait avoir ce scénario, il est à ce stade des connaissances celui qui semble le plus opportun d'étudier plus finement. Les usages associés sont peu nombreux et restent ouverts à des solutions de substitution assurant également une pérennité de leur activité (jardins municipaux de la Reille). Concernant le prélèvement agricole en amont immédiat, un contact avec le représentant du GFA Rivals Seigne sera nécessaire bien que ce pompage en nappe semble à l'abandon. Enfin, la renonciation au droit d'eau par les propriétaires du

moulin nécessite une rencontre pour garantir la viabilité de ce scénario. Dans la mesure où cette renonciation venait à être compromise, l'étude de la mise en place d'un système de franchissement type rampe à macrorugosité semble être le compromis le plus fonctionnel. Un travail d'animation est donc nécessaire avant d'aboutir au choix définitif du scénario.

Enjeux associés à l'ouvrage	Eléments d'expertise	Note	Complément d'expertise
Intérêt hydromorphologique	Restauration de la mobilité du lit, bande active	3	Zone de remous solide importante, stockage de matériaux, restauration du gabarit naturel du fresquel (pente, largeur du lit mouillé, mineur)
Intérêt écologique	Linéaire de surfaces favorables aux espèces piscicoles	3	Ouverture d'un linéaire favorable à l'amont de 14 km, 18 km depuis la confluence avec l'Aude
Ouvrage de franchissement	fonctionnalité du dispositif de franchissement piscicole	0	Aucun système de franchissement
Impact sur les berges	Impact sur l'emprise foncière en cas de mobilité du lit	1	Mobilité du lit potentiellement faible, pente du cours d'eau très faible
Impact sur les milieux associés	impact sur les zones inondables naturelles et zones humides associées	1	Abaissement de la ligne d'eau, abaissement potentiel de la ligne d'eau du méandre de la Reille (étude reconnexion des méandres en cours)
Linéaire impacté par l'érosion régressive	estimation du linéaire impacté par l'érosion régressive	3	Le linéaire impacté par l'érosion régressive est relativement important au regard de la hauteur de chute et de la pente naturelle du cours d'eau.
Stabilité du profil en long	evolution de la zone de remou solide	3	On suppose ici une évolution forte du remous régressif solide, les matériaux présents sont de tailles moyennes à fines (graviers/cailloux). L'exemple de rétablissement de la continuité sur les seuils de Pennautier et Pezens peuvent être pris en exemple.
Usages associés	analyse de l'usage et de sa potentielle évolution	3	Plusieurs usages sont directement associés au seuils, une substitution est toutefois envisageable en cas d'arasement total
Présence d'enjeux directs	stabilité de profil en long/travers pour protection d'enjeux habités, routier, réseaux...	3	Les bâtiments rattachés au seuil en rive gauche sont des enjeux habités directement impactés par la ligne d'eau actuelle. Une suppression de l'ouvrage nécessiterait d'étudier le risque pour les fondations.
Présence d'enjeux indirects	protection d'enjeux indirects présents à l'amont ou à l'aval de l'ouvrage	2	La restauration du transit sédimentaire pourrait atténuer l'enfoncement du lit observé à l'aval immédiat de l'ouvrage. Seul le pont romain à l'aval constitue un enjeu important mais probablement peu impacté par une solution d'arasement total

## 5.2 Récapitulatif des avantages et inconvénients des 5 scénarios

	<b>Synthèse des éléments techniques et de chiffrage des divers scénarios étudiés</b>				
	Arasement		Rampe macro	Contournement RD	Contournement RG
	Partiel	Total			
Restauration d'un profil en long et en travers	Moyen	Bon	Aucune modification de la ligne d'eau, pas d'amélioration ni du compartiment physique ni du compartiment biologique		
Effets sur le transit sédimentaire	Bon				
Restauration de surfaces favorables aux espèces piscicoles	Moyen				
Fonctionnalité du dispositif de franchissement piscicole	Bon (Sous condition de rugosité élevée)		Moyen	Dispositif médiocre au regard des débits injectés	
Effets sur le méandre de la Reille	Modification significative pouvant générer des effets sur les hauteurs d'eau dans la zone d'influence du seuil	Modification importante de la ligne d'eau (>1 m) avec des effets sur les usages et enjeux associés	Aucune modification de la ligne d'eau, sans effet sur les usages et enjeux associés		
Effets sur les usages associés au seuil					
Effets sur les enjeux à proximités (bâti, réseaux...)					
Coûts estimatifs des travaux (Moe + Travaux HT) sans substitution des usages ni protection des enjeux	200 000 €	150 000 €	250 000 €	500 000 €	120 000 €

## Synthèse des éléments bibliographiques :

- Agence française pour la biodiversité – AFB, Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique - Expertise scientifique collective, Novembre 2017, 199 p
- Belliard J., Ditché JM., Roset N. (2012) Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. ONEMA.
- CSP (DR8), Mars 2006. Indice Poisson Rivière (I.P.R).
- CSP 11, 1981, Schéma Départemental à vocation Piscicole 11.
- De Lury (1951). On the planning of experiments for the estimation of fish population. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 18, pp 281-307.
- ECOGEA, P. BARAN; 2018; Risques éco-morphologiques associés au fonctionnement par écluse – Bassin RMC; 63 p.
- FDAAPPMA 11, Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (P.D.P.G.) du département de l'Aude (Février 2019).
- GERMIS G., Juillet 2009, METHODE DE PECHE ELECTRIQUE PAR ECHANTILLONNAGE PAR POINT AU MARTIN PECHEUR « INDICE D'ABONDANCE ANGUILE », Bretagne Grand Migrateur ; 23 P.
- HYDRETTUDES, Restauration de la continuité écologique et du profil en long du Guimand à Montélier, Charpey et Saint-Vincent-la-Commanderie, Septembre 2018, 154 P.
- KEITH P., PERSAT H., FEUNTEUN E., DENYS G., POULET N., CHANGEUX T. 2020. Les poissons d'eau douce de France, 703 p
- LAFFAILLE P. et LAFAGE D., 2003. Organisation spatiale et évaluation de l'état des stocks d'anguilles du bassin versant de l'Aulne. Rapport final. Contrat de Plan Etat-Région 2000-2006. Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 63 pp.
- LAFFAILLE et al., RIGAUD C., 2009. L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. Chap. 8 : Indicateurs de colonisation et de sédentarisation. 58 p.
- ONEMA, Décembre 2015, Information sur la continuité écologique ICE, évaluer le franchissement des obstacles par les poissons ; Principes et méthodes ; 196 p.
- ONEMA, Décembre 2015, Information sur la continuité écologique ICE, Protocole de Terrain pour acquisition de données, 81 p.
- Roland-Meynard M. et al., 2019. Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau. Agence française pour la biodiversité. Collection Guides et protocoles ; 190 pages.
- TISSOT, SOUCHON, Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen ; 2011.
- Verneaux J (1977b), Biotypologie de l'écosystème "eaux courantes". Déterminisme approché de l'appartenance typologique d'un peuplement ichtyologique.