

RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC DES FONCTIONNALITÉS ÉCOLOGIQUES DE L'AUDE AU NIVEAU DE L'ANCIEN MÉANDRE DES SOUBRANES



L'Aude à hauteur du méandre des Soubranes



Connexion amont et aval de l'ancien méandre des Soubranes

FDAAPPMA 11 Avril 2023.

Table des matières

1. Introduction :	3
2. Présentation du site :	5
2.1 Contexte général de l'intervention :	5
2.2 Contexte réglementaire de l'Aude :	7
2.3 Caractéristiques hydrologiques et hydromorphologiques de la section :	7
• Hydrologie de l'Aude à Preixan :	7
• Hydromorphologie de l'Aude au niveau de l'ancien méandre de Soubranes :	8
2. Facteurs climatiques et hydrologiques influant les conditions piscicoles :	10
2.1 Analyse des fréquences de connexion de l'ancien méandre de Soubranes par l'amont :	10
2.2 Estimation des fréquences de connexion de l'ancien méandre de Soubranes :	11
3. Analyse des peuplements piscicoles :	13
3.1 Méthodes et conditions d'échantillonnage :	13
3.2 Analyse des données :	14
2. 3 Analyse des résultats :	14
3.2.1 Inventaire piscicole par Echantillon Ponctuel d'Abondance	14
4. Caractérisation des habitats aquatiques :	20
4.1 Indice d'Attractivité Morphodynamique :	20
4.2 Organisation et conditions d'intervention :	22
4.3 Analyse des résultats sur la station :	23
4.3.1 Vues représentatives de la station :	23
3.2.2 Cartographie des mosaïques d'habitats en rivière selon la logique des pôles d'attraction :	24
5 Conclusions et préconisations d'intervention :	27
5.1 Synthèse des investigations :	27
5.2 Préconisation d'actions :	29
5.3 Estimation de l'impact pour l'hydrosystème :	31
Synthèse des éléments bibliographiques :	33
Liste des Annexes :	35
Annexe 1 : Relevés topographiques au niveau de l'entrée hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes.	36
Annexe 2 : Méthodes d'analyse des peuplements piscicoles PREIXAN	37
Annexe 3 : Simulation des seuils de surverses au niveau de l'entrée hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes	39
Annexe 4 : Plan d'échantillonnage Piscicole sur la station de l'Aude à Preixan	40
Annexe 5 : Stratégie de gestion des Soubranes (Hydretude ; 2018)	41

1. Introduction :

L'Aude au niveau de Preixan fait partie du contexte piscicole intermédiaire « Aude médiane » identifié par le Plan Départemental de Protection des milieux aquatiques et de Gestion des ressources piscicoles de l'Aude. Sur cette section les caractéristiques physiques du fleuve le rattachent aux biocénotypes B6 / B7, soit à cheval entre les zones à Ombres et Barbeaux selon la zonation longitudinale de Huet.

De manière factuelle, la présence d'une station de suivi ichtyologique affiliée au réseau de contrôle et de surveillance de l'Etat (RCS) au niveau de Pomas permet une bonne représentation de la composition spécifique des populations piscicoles et de leurs évolutions.

Le peuplement piscicole est ainsi dominé par un cortège de cyprinidés rhéophiles accompagnés de quelques salmonidés (Ombres Communs et Truites Fario).

De manière plus marginale, certaines espèces plus tolérantes sont observées telles les Ablettes, Carpes Communes, Gardons, Perches Soleil et Pseudorasbora. Ces dernières sont les expressions des pressions exercées sur les milieux par l'activité anthropique. Malgré cela, cette unité de gestion présente un état fonctionnel évalué comme peu perturbé du fait des capacités des espèces repères à accomplir l'intégralité de leurs cycles vitaux.

L'examen des composantes environnementales du fleuve Aude à ce niveau a permis l'identification des principaux désordres à l'origine des perturbations. En effet, celles-ci sont principalement liées à l'hydromorphologie générale du cours d'eau. Le rôle du déficit sédimentaire chronique apparaît comme majeur du fait des incisions du lit mineur et des déconnexions observées. Les conséquences sur les milieux aquatiques se traduisent par une diminution des capacités d'accueil du fait de la disparition des habitats biogènes.

Le méandre des Soubranes correspond à une entité singulière à l'échelle de l'axe de l'Aude. En effet, il s'agit d'un des rares secteurs sur lequel la largeur du lit moyen et l'absence d'enjeux humains et économiques autorisent une relative mobilité au cours d'eau.

De cette manière, ce site est spécifiquement ciblé dans le plan pluriannuel de gestion de bassin (ppgbv) de l'Aude entre Rouffiac et Couffoulens réalisé par HYDRETUDE et porté par le SMMAR en Juin 2018. Il s'agit en effet de l'annexe fluviale la plus imposante du secteur d'étude d'une longueur totale de 1256 mètres.

En complément des réflexions déjà engagées d'un point de vue hydromorphologique, le présent rapport a pour ambition d'apporter au maître d'ouvrage des éléments factuels en matière d'expertise écologique et de restauration de la continuité latérale de l'Aude à Preixan.

Cette étude repose sur un diagnostic de fonctionnalité piscicole in situ basé sur une analyse des populations piscicoles présentes sur l'axe principal ainsi que les annexes. Cet inventaire piscicole a été complété par une cartographie des micro habitats au niveau de la connexion permanente en aval du méandre.

En outre, les fréquences de connexions seront estimées au travers de modélisations hydrauliques sous HEC RAS au niveau de l'atterrissement amont.

Enfin, des préconisations d'interventions seront formulées dans le but de restaurer durablement la qualité habitacionnelle et les fonctions écologiques de ce système remarquable à l'échelle du fleuve.

Localisation des interventions techniques réalisées dans le cadre de l'étude



Tous droits réservés: Fédération de pêche de l'Aude





2. Présentation du site :



2.1 Contexte général de l'intervention :

Le site concerné par la présente étude est l'ancien méandre des Soubranes. Il présente une situation mitoyenne entre les communes de Couffoulens en rive droite et de Preixan en rive gauche.

Sur ce secteur, l'Aude a connu une défluviation entre les années 1991 et 1997 comme en atteste l'évolution morphologique du secteur observable sur la base des clichés aériens historiques présentés ci-dessous :

Source : <https://remonterletemps.ign.fr/>

	<p><u>Cliché de 1947</u></p> <p>Le méandre des Soubranes est totalement actif et canalise l'ensemble des écoulements du fleuve Aude.</p> <p>Les parcelles situées en rive droite, futur chenal principal, sont cultivées.</p>
	<p><u>Cliché de 1971</u></p> <p>Le fleuve Aude s'écoule toujours sur un chenal unique correspondant à l'ancien méandre actuel.</p> <p>En rive droite la déprise agricole est marquée. Les zones exemptes de toute végétation semblent indiquer une activité d'extraction de matériaux alluvionnaire en zone aval du méandre.</p>
	<p><u>Cliché de 1982</u></p> <p>Le chenal principal du fleuve Aude s'écoule toujours vers la rive gauche.</p> <p>En rive droite, l'activité agricole est désormais totalement absente. Le périmètre d'exploitation des granulats s'étend considérablement.</p>
	<p><u>Cliché de 1991</u></p> <p>Peu de changement, la zone d'activité associée aux prélèvements de matériaux alluvionnaires atteint désormais la zone amont du méandre.</p>

	<p><u>Cliché de 1997</u></p> <p>La majorité des écoulements s'orientent désormais vers la rive droite en suivant le tracé des zones d'extraction passées. Cette bifurcation semble assez récente et la végétation n'a pas encore investi le lit mineur. La déconnexion par l'amont apparaît effective du fait de la présence d'un important atterrissement.</p>
	<p><u>Cliché de 2003</u></p> <p>La défluviation de l'Aude est clairement instaurée. Les écoulements sont désormais durablement orientés vers la rive droite. La végétation ligneuse a investi l'ancien méandre témoin d'une dynamique de comblement progressif largement amorcée.</p> <p>Le site ne semble avoir que peu évolué depuis cette date.</p>

Les extractions réalisées en lit moyen sur la rive gauche ont certainement joué le rôle de catalyseurs dans la dynamique de défluviation. Les crues de récurrence proche du cinquantennal des 27/09/1992 et 09/12/1996 (983 m²/s et 1070 m²/s mesurés en instantané au Pont Vieux de Carcassonne) ont probablement été des catalyseurs de cette dynamique.



Le site de l'ancien méandre des Soubranes n'a que peu évolué lors des 20 dernières années. La crue majeure du 22/01/2020 est néanmoins à l'origine deux éléments notables depuis les investigations de 2018 :

- La réactivation du chenal secondaire au niveau de l'extrémité Nord du méandre. Ce chenal a par ailleurs fait l'objet de travaux de dévégétalisation et d'une scarification afin de redonner de la mobilité aux alluvions.
- L'engraissement de l'atterrissement d'entrée hydraulique de l'ancien méandre des Soubranes.

2.2 Contexte réglementaire de l'Aude :

Le tronçon étudié correspond à la masse d'eau FRDR197 « L'Aude de la Sals au Fresquel ». Lors de l'évaluation de 2021, l'état écologique constituait le facteur de dépréciation de la note de qualification de cette masse d'eau, jugé moyen sur la moyenne des trois dernières années. L'objectif de bon état est ainsi repoussé à 2027.

Le programme de mesures retenu pour améliorer la fonctionnalité de ce tronçon intègre :

- La MIA0203 : Réaliser une opération de restauration de grande ampleur de l'ensemble des fonctionnalités d'un cours d'eau et de ses annexes ;
- La MIA0301 : Aménager un ouvrage qui contraint la continuité écologique (espèces ou sédiments).

Nous noterons que la notion de continuité écologique est définie par la circulation des espèces et le bon déroulement du transport des sédiments (circulaire du 25 octobre 2010). Elle a une dimension amont-aval, impactée par les ouvrages transversaux comme les seuils et barrages, et une dimension latérale, impactée par les ouvrages longitudinaux comme les digues et les protections de berges.

2.3 Caractéristiques hydrologiques et hydromorphologiques de la section :

- Hydrologie de l'Aude à Preixan :

Le site d'étude se localise entre les stations hydrologiques de Limoux Pont de Fer (Y1152010) et Carcassonne (Y1232010). Bien qu'intégrant l'important bassin versant du Fresquel, cette dernière station présente des chroniques de données plus longues et potentiellement plus intégratrice que celle de Limoux. Pour les besoins de cette étude, la station de Carcassonne servira de référence pour le calcul des débits de crue.

Lorsque la station de suivi des débits n'est pas située à proximité immédiate du site d'étude, il est nécessaire d'adapter les valeurs relevées au bassin de la zone d'implantation du projet. En effet, plus un BV est grand, plus le débit associé au cours d'eau le sera proportionnellement. Afin d'ajuster les débits de la station à la zone d'étude, on affecte aux données relevées un coefficient de pondération de bassin versant :

$$\text{Coef. de pondération du BV} = \text{Surface du BV projet} / \text{Surface du BV station}$$

Les surfaces de bassins versants ont été obtenues à partir des données de synthèse de l'hydroPortail au droit de la station hydrométrique de Carcassonne et calculées au travers du site de géotraitement mis à disposition par le BRGM pour l'ancien méandre de Soubranes (<https://reseau.eaufrance.fr/geotraitements/viewer/bassin-versant>) :

- Station hydrométrique de l'Aude à Carcassonne : **1839 km²**
- Entrée hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes : **1 470 km²**

Par application de la formule donnée précédemment, il est possible de calculer le coefficient de pondération permettant d'adapter les débits au droit du méandre :

$$1470 / 1839 = 0,79$$

La synthèse des données hydrologiques sur la station de Carcassonne selon la Loi de Gumbel sur les QmNJ (avec n = 1, non glissant) du 14/09/1963 au 23/04/2023, intervalle de confiance 95%, (Source : <https://www.hydro.eaufrance.fr/>) est retranscrite ci-dessous, ainsi que les débits reconstitués au droit de la station d'étude :

	Débits mesurés et calculés à Carcassonne (Pont neuf)	Débits estimés à l'entrée hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes (0.79)
Module	18.8	14.8
Biennale (médiane)	327 [240 ; 417]	258 [190 ; 329]
Quinquennale	588 [450 ; 749]	465 [355 ; 623]
Décennale	760 [583 ; 967]	600 [460 ; 765]
Vicennale	926 [708 ; 1 180]	730 [560 ; 930]
Cinquantennale	1 140 [870 ; 1 470]	900 [685 ; 1160]

- Hydromorphologie de l'Aude au niveau de l'ancien méandre de Soubranes :

La connectivité de l'ancien méandre de Soubranes, bien qu'issue d'une avulsion d'origine anthropique, peut être qualifiée selon la typologie des stades d'évolution (Malavoi 2004). D'une manière naturelle, quatre grands types d'annexes hydrauliques peuvent être identifiés, certains pouvant être déclinés en sous-types. Ils sont présentés ci-dessous dans l'ordre décroissant de leur fréquence de contact avec la rivière :

- Eupotamon (eupo) : Le chenal récemment recoupé communique avec le cours d'eau principal par l'aval et par l'amont, quel que soit le débit. Le fonctionnement hydraulique s'apparente un certain temps à celui d'un chenal secondaire ;
- Parapotamon (para) : Le bras mort est connecté par l'une de ses extrémités, généralement par l'aval mais ne l'est plus par l'autre ; trois stades évolutifs sont distingués : Para1. Connexion par l'aval quel que soit le débit et par l'amont en eaux moyennes, Para2. Connexion par l'aval en eaux moyennes et par l'amont en hautes eaux, Para3. Connexion par l'aval en hautes eaux et par l'amont en crue annuelle ;
- Plésiopotamon (plésio). Pas de connexion nette par l'aval ni par l'amont. Mise en eau lors de la crue annuelle ;
- Paléopotamon (paléo). Le bras mort est complètement séparé du chenal. La mise en eau se produit lors des crues dépassant le débit de « pleins bords » (Q2ans à supérieure). Deux stades évolutifs : Paléo1. Les restes d'un chenal, même très colmaté, sont visibles. Il y a continuité sur une certaine longueur et Paléo2. On n'observe plus que des petites dépressions discontinues.

Les prospections de terrain réalisées dans le cadre de l'étude ont mis en évidence le fonctionnement de l'annexe hydraulique en période d'étiage. Les observations tendent à confirmer que les connectivités n'ont que peu évoluées depuis l'étude hydromorphologique de Juin 2018.

La déconnexion est toujours effective au niveau de l'entrée hydraulique de l'ancien méandre. L'atterrissement semble avoir été engraisé par les apports liés à la crue morphogène de Janvier 2020. Le merlon tend à se fixer en lien avec une colonisation par la végétation ligneuse. L'accumulation atteint une épaisseur d'environ 1.7 mètres (côte ligne d'eau du 21/07/2023) devant l'entrée hydraulique.



L'atterrissement s'étend sur plusieurs centaines de mètres dans l'ancien chenal de l'Aude et le comble.

Le front d'avancée des matériaux alluvionnaires s'interrompt brutalement pour laisser place à une dépression marquée associée au tracé de l'ancien chenal.

Bien que déconnecté par l'amont et l'aval, l'apex de l'ancien méandre de Soubranes reste en eau de manière discontinue mais permanente. La section hydraulique semble néanmoins très contrainte sur ce secteur.

En plus de potentielles connexions à la nappe alluviale, il est noté la présence de suintements en rive gauche liés au réseau hydrographique local sous terrain.

Le chenal secondaire retrouve un tracé continu en sortie d'intrados sur une largeur d'environ 10 mètres. Ce secteur semble avoir bénéficié d'une incision à la faveur des reconnections liées aux crues de Janvier 2020.

La section finale du méandre est toujours connectée au chenal principal. Une dynamique de comblement semble cependant s'opérer car les surfaces directement connectées ne s'étirent plus que sur 85 mètres (contre 260 en 2018).

Le fonctionnement du complexe hydromorphologique associé au méandre de Soubranes s'apparente ainsi à la deuxième phase évolutive définie par Malavoi, soit le Parapotamon 1.



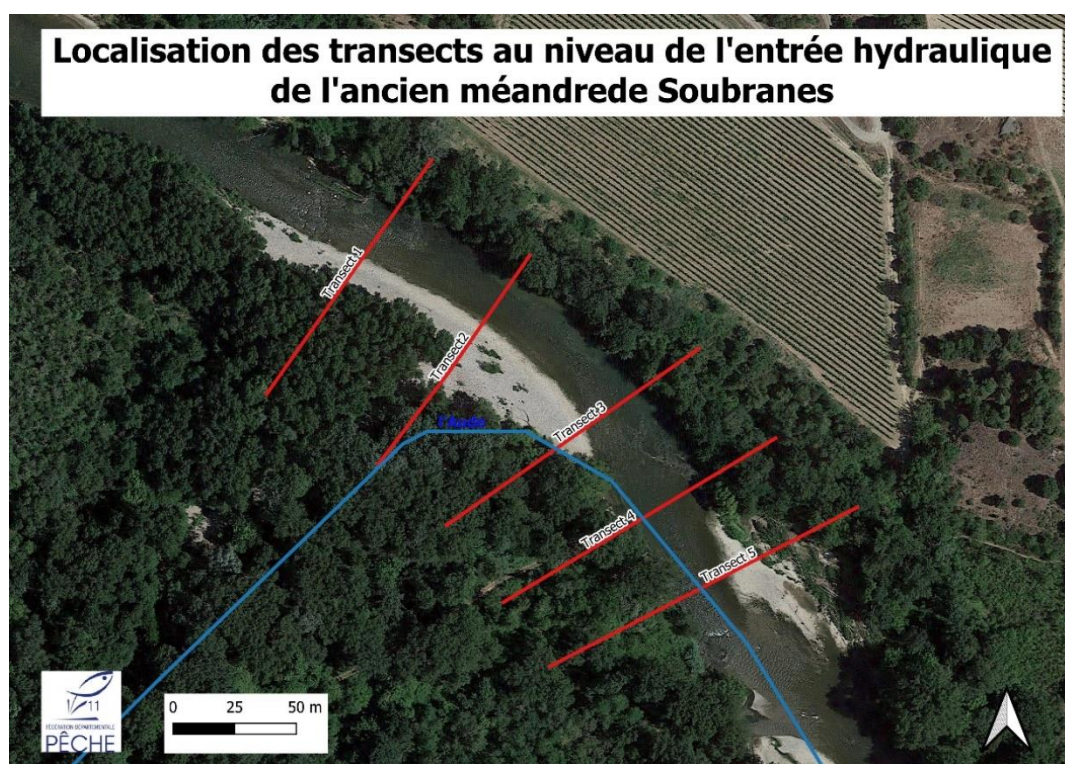
2. Facteurs climatiques et hydrologiques influant les conditions piscicoles :

2.1 Analyse des fréquences de connexion de l'ancien méandre de Soubranes par l'amont :

Des investigations de terrains visant relevés topographiques ont été réalisées par les services de la FDAAPPMA 11 le 21 Juillet 2022. 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. Pour cela, trois opérateurs ont été mobilisés avec le matériel suivant : mètre-ruban, GPS, Otolite, trépied et mire.

Ces relevés topographiques relatifs ont pour vocation la réalisation d'un modèle hydraulique (HEC RAS). Dans un premier temps, ce dernier affinera les informations acquises lors des investigations précédentes. Par la suite, la modélisation servira de référence pour la formulation de préconisations de restauration sur la base de mesures réelles de lignes d'eau.

Cinq transects ont été réalisés au niveau de l'entrée hydraulique du méandre afin d'appréhender le fonctionnement global de l'annexe. Les espaces inter profils ont été extrapolés par le modèle HEC RAS. La représentation du méandre est donc simplifiée mais suffisante pour la base de notre diagnostic. Les opérateurs ont néanmoins pris le soin d'intégrer dans leurs relevés les lignes d'eaux dans l'Aude et les hauteurs minimales et maximales des rives et de l'atterrissement au droit de l'annexe afin d'approcher de manière la plus fidèle possible les seuils de surverses.

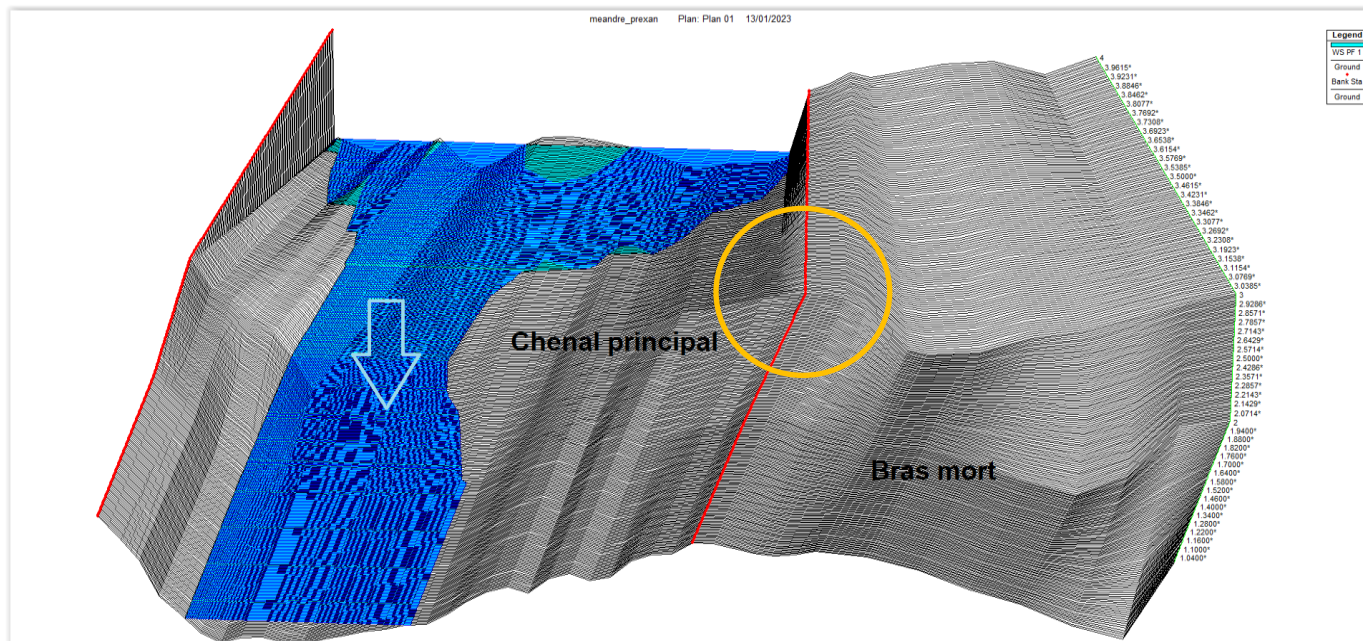


Les fiches relatives aux mesures effectuées sont annexées au présent rapport. La synthèse des résultats ainsi que les modélisations complémentaires sont présentées ci-après.

2.2 Estimation des fréquences de connexion de l'ancien méandre de Soubranes :

Un modèle hydraulique à surface libre unidimensionnel a été réalisé sous le logiciel HEC RAS en se basant sur les relevés topographiques effectués le 21/07/2022. Le débit d'étalonnage retenu pour cette journée est celui de l'Aude à Carcassonne à 10h00, soit 7.1 m³/s. Il n'a pas été jugé utile d'y appliqué un coefficient pondérant du fait des contributions négligeables des affluents de l'Aude à cette période de l'année. Les simulations se rapprochent des observations effectuées lors des prises de mesures et valide ainsi les paramètres choisis (géométrie et conditions limites).

Simulation géométrique et modélisation des conditions de mesures du 21/07/2022 (Débit 7.1 m³/s)



Du point de vue de la géométrie générale, les limites du chenal d'écoulement préférentiel ont été définies au niveau du plein bord de l'axe de l'Aude. Le point bas de l'atterrissement, zone de surverse préférentielle, se situe au niveau de l'entrée hydraulique amont du Méandre correspond au transect 3 (cercle d'orange ci-dessus).

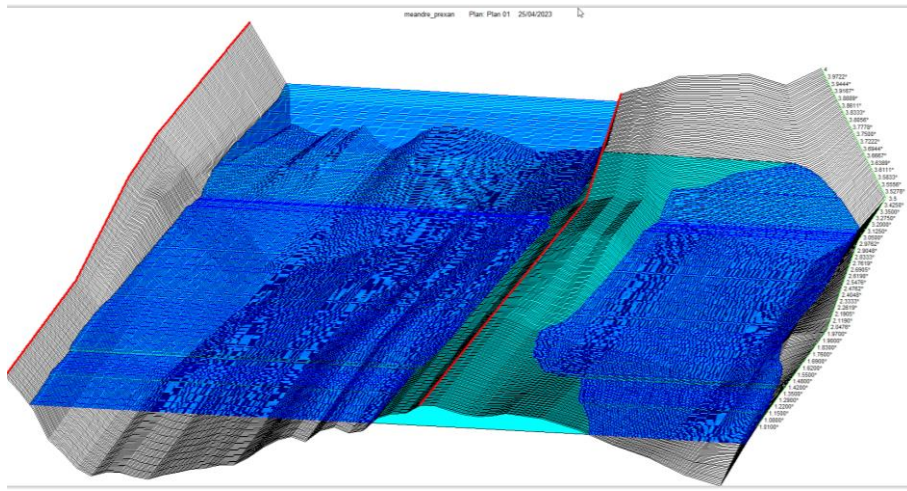
Les coefficients de rugosité (Manning -Strickler) ont été adaptés en fonction du substrat décrit lors des relevés topographiques. Il a été attribué un coefficient de 0.05 sur la zone de chenal préférentiel (cours naturel avec méandre et granulométrie grossière) et de 0.07 (encombrement de végétation) au niveau du lit majeur incluant le méandre.

Cinq profils d'écoulements ont été calculés avec les valeurs de débits d'entrées correspondant aux occurrences statistiques médianes biennales, quinquennales, décennales, vicennales et cinquanteennes pour la station hydrométrique de l'Aude à Carcassonne (Pont neuf).

En l'absence de repère de hauteur au droit de la station pour ces débits, les conditions limites du modèle ont été calées en fonction de la pente mesurée de la ligne en ‰ (soit un coefficient de 0.0023) dans des conditions normales d'écoulements.

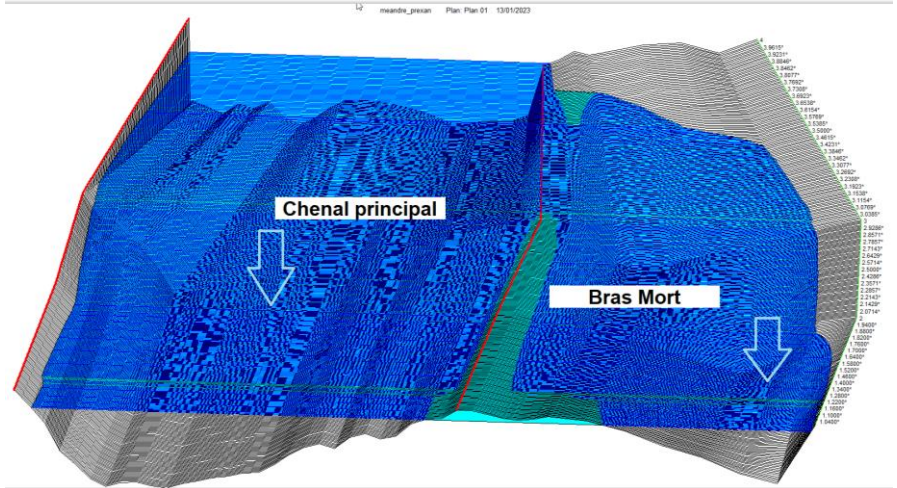
Le régime d'écoulement simulé a été défini comme supracritique (équivalent du régime torrentiel) en l'absence de seuil de contrôle en aval. Ce régime d'écoulement est globalement utilisé pour des cours d'eau de montagne ou de piémont à pentes modérées à fortes.

Afin de mieux interpréter les illustrations, il est important de préciser que le modèle HEC RAS extrapole la ligne d'eau du chenal en arrière du merlon. Ainsi, nous ne considérerons ici que les hauteurs d'eau induisant une surverse en rive droite, soit celles plus élevées que le point le plus bas du merlon.



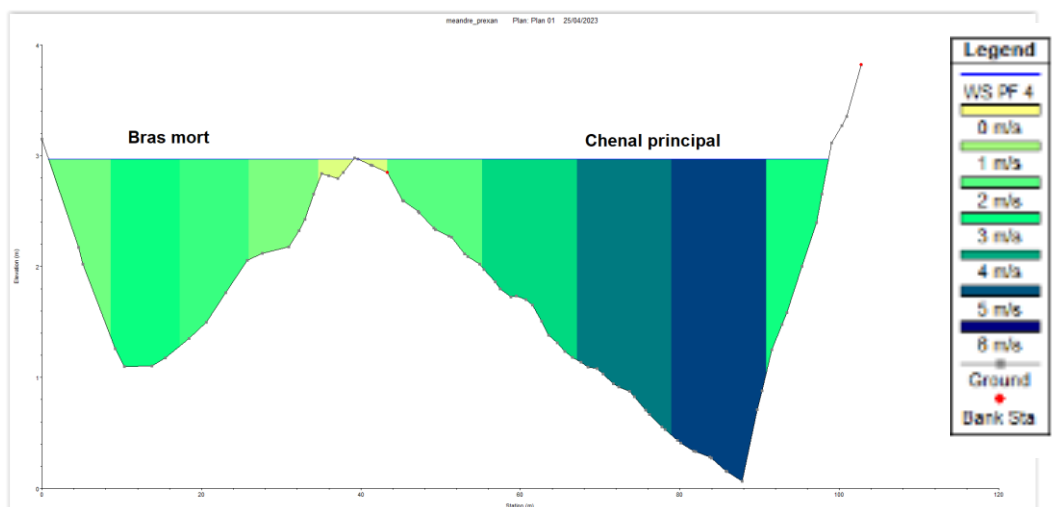
Modélisation pour la crue d'occurrence biennale 258 m³/s : absence de surverse ;

Modélisations pour les crues d'occurrence quinquennale 465 m³/s : surverse par-dessus l'atterrissement



Malgré toutes les précautions associées à l'interprétation des simulations, ces dernières mettent en évidence les premières surverses pour des crues d'occurrence quinquennale soit une valeur de débit de 465 m³/s.

Les profils de vitesses d'écoulements mettent aussi en évidence la trajectoire préférentielle des écoulements sur le chenal actuellement actif. Les valeurs de vitesse y atteignent 6 m/s pour la crue quinquennale et confirme la dynamique de sédimentation observée sur la rive opposée au droit de l'entrée hydraulique de l'ancien méandre.



3. Analyse des peuplements piscicoles :

3.1 Méthodes et conditions d'échantillonnage :

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 létal. 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 soumis 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.

L'Aude ainsi que l'annexe hydraulique étudiée présentent des largeurs moyennes en eau supérieures à 9 mètres, ainsi que des surfaces non prospectables du fait de hauteurs d'eau supérieures à 0.7 m. Dans ce contexte le protocole de pêche par échantillonnage ponctuel a été privilégié. La particularité de cette méthode consiste à ne prospecter, sur le site de pêche, qu'un ensemble de points placés de manière aléatoire et systématique. Chaque échantillonnage couvre environ 12,5 m² chacun.

En résultent deux types de points :

- Unités représentatives : réparties régulièrement et représentatives de la diversité des habitats (75 unités, portées à 100 pour les cours d'eau de plus de 50 m de large).
- Unités complémentaires : réparties de manière ciblée sur les habitats peu représentatifs mais attractifs pour certaines espèces (0 à 10 unités).

À l'issue d'un passage unique, chaque individu capturé est identifié jusqu'à l'espèce, mesuré et pesé.

➤ **Matériel de pêche :**

La Fédération de Pêche de l'Aude dispose d'un équipement de pêche électrique dont les caractéristiques techniques sont conformes à l'arrêté du 02 février 1989 et la norme CEI 60335-2-86. 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" (Dream électronique, rapport de conformité 2017 du matériel par l'APAVE disponible sur demande) ou un groupe électrogène portatif de type "Martin Pêcheur" (Dream Electronique). Pour ce qui est du matériel de pêche associé, celui-ci regroupe :

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

3.2 Analyse des données :

Les données sont analysées à l'aide du module de saisie de pêche électrique développé par la société Nanogis. Plusieurs indicateurs sont par la suite utilisés afin de pouvoir qualifier le peuplement piscicole et sa fonctionnalité :

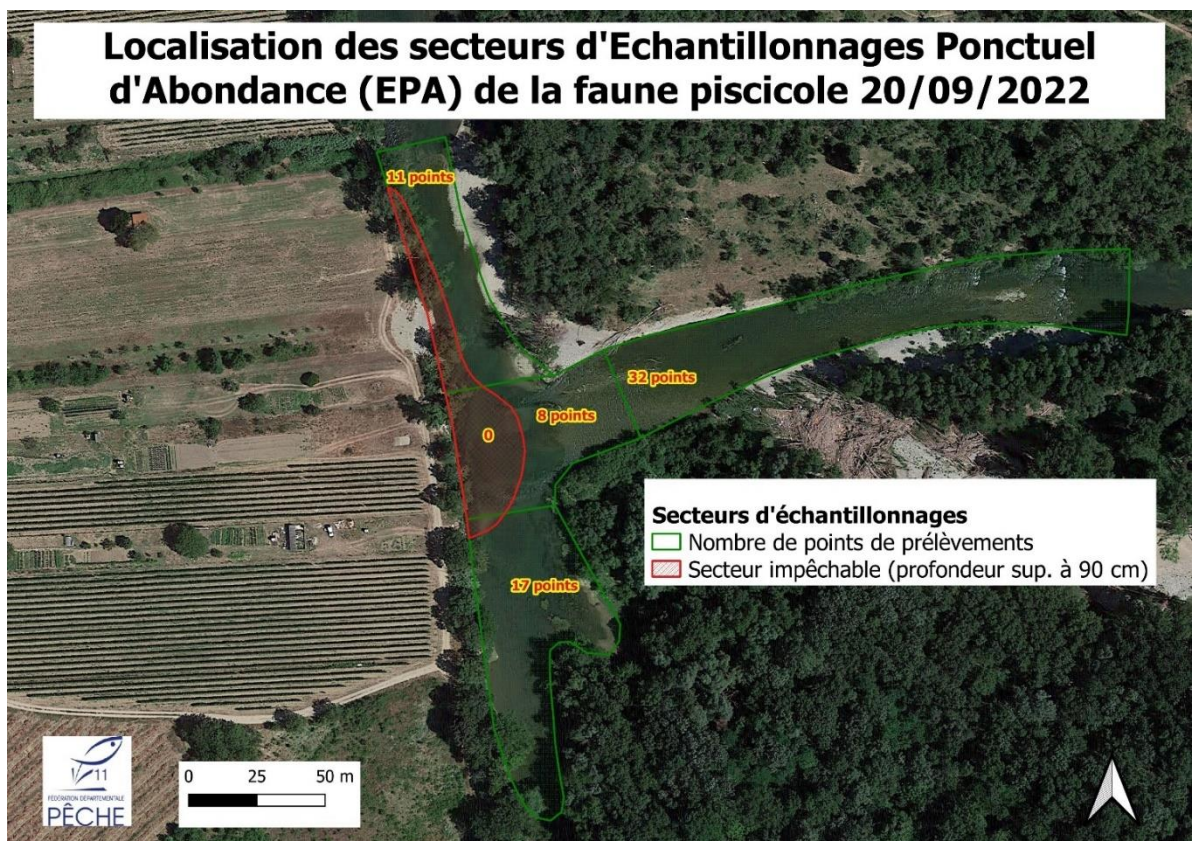
- **L'indice Poisson Rivière (IPR)** : Il mesure l'écart entre la composition du peuplement observé sur une station donnée à partir d'un échantillonnage par pêche électrique en un passage et la composition attendue en situation dite de "référence" (Belliard & Roset, 2006).
- **Analyse biotypologique du peuplement piscicole** : c'est une méthode de détermination du type biologique d'une station donnée, à partir de l'inventaire de son peuplement ichtyologique (Verneaux, 1977)
- **Analyse des structures de populations d'espèces repères** : Cette approche apporte des informations intéressantes sur l'efficacité de la reproduction et les capacités d'accueil et de croissance des différents stades de développement, permettant ainsi un diagnostic de l'état de santé d'une population.

La présentation détaillée de ces indicateurs est annexée au présent rapport.

2. 3 Analyse des résultats :

3.2.1 Inventaire piscicole par Echantillon Ponctuel d'Abondance

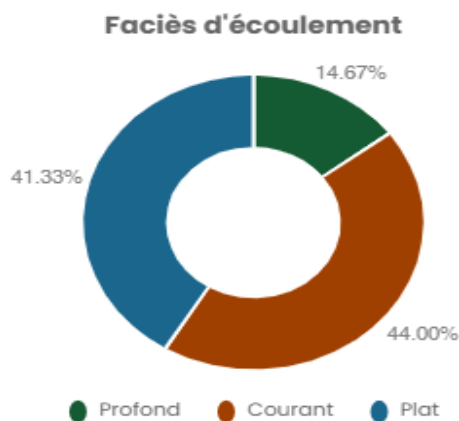
L'inventaire piscicole du 20/09/2022 a consisté à un Echantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA) sur une surface de station de 10120 m². L'objectif de cette opération est de pouvoir apprécier la qualité du peuplement et les fonctionnalités écologiques de l'annexe hydraulique. Dans le cadre de la réalisation du plan d'échantillonnage plusieurs secteurs ont été identifiés pour une répartition homogène des points représentatifs de la station. Les individus capturés à hauteur de la connexion aval de l'ancien méandre ont été isolés afin de pouvoir réaliser des analyses spécifiques.



Caractéristiques de l'opération et méthodologie d'échantillonnage :

Caractéristiques de l'effort de pêche mis en œuvre dans le cadre du suivi	
Date de l'opération	20 Septembre 2022 entre 09h00 et 12h00
Matériel utilisé	Un générateur de type « Héron ».
Type de prospection	Echantillon Ponctuel d'Abondance (EPA)
Nombre de passages	1 passages
Nombre d'épuisette	2 opérateurs
Méthode de prospection	À pied
Conditions de Pêche	Débit naturel d'étiage
Cloisonnement station	Néant
Nombre de points représentatifs	75
Nombre de points complémentaires	0
Coordonnées Lambert 93	X : 6228020.24224 ; Y : 642591.54948
Caractéristiques générales de l'opération	
Longueur (m)	350 m
Largeur moyenne (m)	28.87 m
Profondeur moyenne (m)	0.58 m
Altitude	122.8 m.
Surface prospectée	937.5 m ²
Dureté / conductivité / Température	90 mg de Calcium /L ; 352 µS/cm ; 16.2 ° C
Gammes de débits mesurés au moment de l'inventaire	3.5 / 3.9 m ³ /s (station Pont rouge)
Pente ‰	2.3

• **Caractéristiques morpho dynamiques :**



Description des habitats	
Habitat principal	Granulométrie
Habitat secondaire	Sous Berges / Systèmes racinaires
Colmatage	Sédiments fins et vases
Végétation aquatique	Héliophytes (recouvrement 10%)

La station échantillonnée est représentative des successions de faciès d'écoulements présents sur ce tronçon de l'Aude. Elle intègre aussi la partie connectée de l'ancien méandre de l'Aude à Preixan.

Au niveau du chenal principal, les faciès sont à dominance lotique. La forte mobilité du cours d'eau au niveau de cette section limite le développement de la végétation rivulaire et les potentialités d'habitats associés (souches, embâcles, systèmes racinaires). En dépit, d'une granulométrie dominée par les galets et les blocs, plusieurs zones d'affleurements de roche mère ont été détectées sur la station. Les faciès profonds se concentrent au niveau de la confluence avec l'ancien méandre. Sur cette partie, les écoulements se font directement sur la roche mère (dalle).

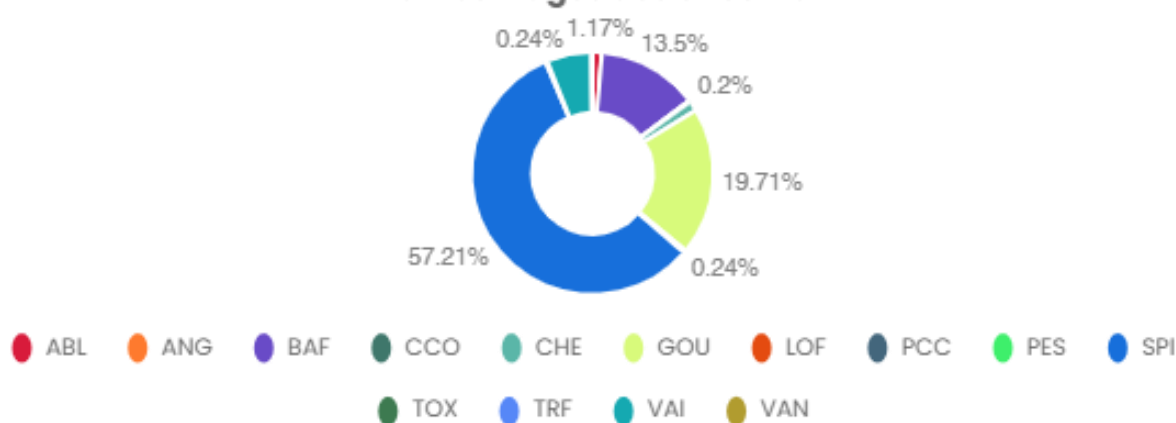
Les conditions habitationnelles changent drastiquement au niveau de l'ancien méandre avec d'importantes accumulations de sédiments fins et de matières organiques en lien avec les écoulements lenthiques. Le colmatage y est total. Néanmoins, certaines surfaces sont colonisées par de la végétation aquatique de type potamots.

Composition spécifique et Indice Poisson Rivière :

- **Détail des résultats**

Surface échantillonnée : 937.5 m ²		Tableau général ; station Fresquel « Confluence Arnouze » ; Opération du 06/07/2021					
Espèces		Effectifs	Densité Hectare	% de l'effectif	Poids	Biomasse Kg/Hectare	% du poids
Ablette	ABL	24	256	1.2	178	1.9	1.6
Anguille d'Europe	ANG	2	21	0.1	762	8.1	7.0
Barbeau fluviatile	BAF	276	2944	13.5	3493	37.3	32.3
Carpe commune	CCO	4	43	0.2	571	6.1	5.3
Chevaie	CHE	27	288	1.3	274	2.9	2.5
Goujon	GOU	403	4299	19.7	2648	28.2	24.5
Loche franche	LOF	5	53	0.2	9	0.1	0.1
Ecrevisse de Louisiane	PCC	1	11	0.0	0	0.0	0.0
Perche soleil	PES	3	32	0.1	108	1.2	1.0
Spirlin	SPI	1170	12480	57.2	2144	22.9	19.8
Toxostome	TOX	5	53	0.2	195	2.1	1.8
Truite de riviere	TRF	1	11	0.0	135	1.4	1.2
Vairon	VAI	120	1280	5.9	183	2.0	1.7
Vandoise	VAN	4	43	0.2	122	1.3	1.1
TOTAL - Nb Esp : 14		2045	21814		10.8	115	

Pourcentages des effectifs



- **Calcul et interprétation de l'IPR**

<i>Effectifs capturés et présence théorique des espèces (prise en compte par le modèle présidant au calcul de l'IPR)</i>			
Nom commune	Code	Effectif capturé	Probabilité de présence théorique
Ablette	ABL	24	0.00
Anguille	ANG	2	0.92
Barbeau fluviatile	BAF	276	0.90
Barbeau méridional	BAM	0	0.46
Blageon	BLN	0	0.33
Bouvière	BOU	0	0.03
Brème	BBB	0	0.31
Brochet	BRO	0	0.00
Carassins	CAS	0	0.03
Carpe commune	CCO	4	0.18
Chabot	CHA	0	0.01
Chevaine	CHE	27	0.00
Epinoche	EPI	0	0.00
Epinochette	EPT	0	0.00
Gardon	GAR	0	0.00
Goujon	GOU	403	0.94
Grémille	GRE	0	0.00
Hotu	HOT	0	0.00
Loche franche	LOF	5	0.33
Lote	LOT	0	0.00
Lamproie de Planer	LPP	0	0.00
Ombre	OBR	0	0.00
Poissons Chat	PCH	0	0.00
Perche	PER	0	0.00
Perche soleil	PES	3	0.35
Rotengle	ROT	0	0.00
Sandre	SAN	0	0.06
Saumon	SAT	0	0.00
Spirilin	SPI	1170	0.00
Tanche	TAN	0	0.22
Toxostome	TOX	5	0.24
Truite	TRF	1	0.69
Vairon	VAI	120	0.81
Vandoise	VAN	4	0.63

<i>Synthèse des résultats</i>				
Métrique	Valeur théorique	Valeur observée	Probabilité*	Score associé
Nombre d'espèces rhéophiles	3.7	5.0	0.9	0.1
Nombre d'espèces lithophiles	3.5	5.0	0.9	0.1
Nombre total d'espèce	7.8	13.0	0.0	2.9
Densité d'individus tolérants	0.1	0.1	0.5	1.5
Densité d'individus omnivores	0.0	0.1	0.4	1.9
Densité d'individus invertivores	1.7	1.7	0.9	0.0
Densité totale d'individus	0.2	2.2	0.0	8.9
Valeur totale de l'I.P.R.				15.4
Classe de qualité / Etat du peuplement				Bonne

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

L'IPR indique un faible écart vis à vis du peuplement de référence pour ce type de cours d'eau. Les composantes populationnelles échantillonnées sont révélatrices d'un état assez conforme vis à vis du niveau typologique de la station (B6; Zone à Ombre/Barbeau). Ainsi, le cortège piscicole est dominé en densité par les cyprinidés rhéophiles et lithophiles (BAF, TOX, SPI, VAI, VAR). La métrique la plus pénalisante correspond à la densité totale d'individus (NTE) en lien avec l'importante densité de Spirilins. D'une manière plus secondaire, cet élément affecte aussi la densité d'individus invertivore jugée trop élevée.

Il reste notable que les taxons les plus tolérants du prélèvement n'ont que de faibles probabilités théoriques de présence : Carpes communes, Perches Soleil et Ablettes. Cela affecte peu la note finale du fait de leurs faibles densités à l'échelle de la station.

La note finale de l'IPR de 15.4 indique une qualité de peuplement définie comme bonne mais proche des limites inférieures de la classe moyenne fixées à 16.

Éléments d'autoécologie des espèces capturées le 20/09/2022 sur l'Aude à Preixan « ancien méandre de Soubranes »

Nom commun	Espèce	Éléments d'autoécologie	Endémisme	Liste rouge		Statut de protection	Espèce représenté territoire métropolitain (AM 17/12/1985)
				Monde	France		
Ablette	<i>Alburnus Alburnus</i>	Espèce grégaire, limnophile et thermophile	Présence naturelle	LC	LC	-	Représentée
Anguille d'Europe	<i>Anguilla Anguilla</i>	Espèce benthique, omnivore et thermophile. Migrateur Amphihalin.	Présence naturelle	CR	CR	Espèce réglementée	Représentée
Barbeau Fluvialite	<i>Barbus Fluviatilis</i>	Espèce rhéophile et lithophile	Présence naturelle	LC	LC	-	Représentée
Carpe Commune	<i>Cyprinus Carpio</i>	Espèce limnophile, thermophile et omnivore.	Introduite	LC	LC	-	Représentée
Chevaine	<i>Squalius Cephalus</i>	Espèce rhéophile et ubiquiste.	Présence naturelle	LC	LC	-	Représentée
Goujon occitan	<i>Gobio Occitaniea</i>	Espèce rhéophile, thermophile et ubiquiste.	Présence naturelle Patrimonial Gobio spp	NE	NE	-	Représentée
Loche de Quignard	<i>Barbatula Quignardi</i>	Espèce benthique tolérante associé aux enrichissement trophiques du milieu.	Présence naturelle Patrimonial Barbatula spp	NE	NE	-	Représentée
Ecrevisse De Louisiane	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Espèce benthique, omnivore à tendance détritivore Non autochtone invasif potentiellement porteuse d'agent pathogènes	Introduite	LC	NA	DB ; EEE	Représentée
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Espèce limnophile, thermophile.	Introduite	LC	NA	DB / EEE	Représentée
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Espèce rhéophile, lithophile, invertivore.	Introduite	LC	LC	-	Représentée
Toxostome	<i>Parachondrostoma Toxostoma</i>	Espèce rhéophile, lithophile et omnivore	Présence naturelle Patrimoniales	VU	NT	PN1, PN2, BE3, DH2	Représentée
Truite fario	<i>Salmo Trutta fario</i>	Espèce rhéophile, lithophile, invertivore et cryophile.	Présence naturelle Salmo Trutta sp. Patrimonial	LC	NT	PN1, PN2	Représentée
Vairon	Phoxinus Septimaniae ?	Espèce lithophile et omnivore	Présence naturelle Patrimonial Gobio spp	NE	NE		Représentée
Vandoise Rostrée	<i>Leuciscus burdigalensis</i>	Espèce rhéophile, lithophile et invertivore	Présence naturelle Patrimonial Leuciscus spp	LC	NT	PN1, PN2 DH4	Représentée

PN 1 : Protection nationale. Arr. de 8 déc.1988 fixant la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national.

PN 2 : Protection nationale. Arr. de 23 Avril 2008 fixant la liste des espèces de poissons et de crustacés et la granulométrie caractéristique des frayères en application de l'article R. 432-1 du code de l'environnement

DB : Liste des espèces piscicoles et astacicoles susceptibles de provoquer des **déséquilibres biologiques** dans les eaux visées au présent titre et dont l'introduction dans ces eaux est interdite **Art. R 432-5 du CE**

EEE : relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des **espèces animales exotiques envahissantes** sur le territoire métropolitain **Arrêté du 10/03/2020**

BE2 - BE3 : espèce protégée au titre de la convention de Berne relative à la vie sauvage et au milieu naturel de l'Europe, annexe II et III

DH2 - DH4 : Directive Habitat, annexes II & IV (NATURA 2000 : espèces d'intérêt communautaire) - DH2 : Espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation -

Liste rouge des espèces menacées de France métropolitaine (2019) - Statut U.I.C.N. : Six niveaux de menaces ont été déterminés : L.C. : préoccupation mineure ; N.T. : quasi menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger, CR : en Danger Critique d'Extinction ; DD : données Insuffisantes, NA : non applicable

Analyse de la répartition spatiale des espèces :

Les annexes hydrauliques constituent des habitats fréquemment utilisés comme site de reproduction, de nourricerie et / ou de refuge pour de nombreuses espèces. Afin de pouvoir évaluer le niveau de fonctionnalité de la partie connectée de l'ancien méandre de Soubranes, les poissons capturés à hauteur ont fait l'objet d'un traitement biométrique dissocié par rapport au chenal principal.

Résultat des 17 échantillons réalisés sur la partie connectée de l'ancien méandre de Soubranes (212.5 m²)					
Espèces		Effectifs	Densité Hectare (ind./ha)	Poids (g)	Biomasse (Kg/Ha)
Ablette	ABL	21	988	165	7.7
Anguille d'Europe	ANG	2	94	762	35.8
Carpe commune	CCO	4	188	571	26.8
Ecrevisse de Louisiane	PCC	1	47	-	-
Perche soleil	PES	3	141	108	5.1
TOTAL - Nb Esp : 5		31	1458	1606	75.4

Les espèces capturées au niveau de l'annexe sont exclusivement inféodées aux milieux chauds et eutrophes. Elles ne correspondent pas au niveau typologique théorique de la station (faibles probabilités de présence selon l'IPR). Par ailleurs, les juvéniles, même d'espèces phytophiles (Carpes communes), n'y sont pas représentés.

Il est aussi notable que les échantillons réalisés dans l'annexe hydraulique concentrent la totalité des points sans captures de l'opération. Ainsi, sur les 17 prélèvements ponctuels, 7 n'ont pas aboutis à la capture de poissons, soit 41% des échantillons. Ces derniers se localisent préférentiellement sur la partie profonde de l'ancien méandre où les accumulations de vases et matières organiques produisent un intense dégazage de méthane. Il est probable que ces secteurs soient impropres à la vie piscicole du fait de phénomènes d'anoxie.

Pour finir, des sondages ponctuels ont été réalisés sur les poches d'eau internes à l'ancien méandre. Ces secteurs se sont révélés apiscicoles et aussi très colmatés.

4. Caractérisation des habitats aquatiques :

4.1 Indice d'Attractivité Morphodynamique :

Dans le cadre de cette étude, les habitats piscicoles ont été caractérisés finement à l'échelle stationnelle en mettant en œuvre le protocole standardisé IAM (Indice d'Attractivité Morphodynamique).

Cette méthode a été développée par la DR5 du CSP et le bureau d'étude TELEOS entre 1994 et 2002 (Degiorgi et al., 2002). Cette approche consiste à caractériser à la fois l'hétérogénéité globale et le degré d'hospitalité d'une station vis-à-vis des poissons. Ces organismes constituent en effet des indicateurs importants des milieux aquatiques. Le protocole IAM permet de lier les caractéristiques hydro-morphologiques d'un cours d'eau, aux mosaïques d'habitats présents dans le cours d'eau.

Dans cette approche technique, un habitat ou « pôle d'attraction » est décrit par un triptyque homogène (hauteur d'eau / vitesse de courant / substrat-support). La cartographie permet de mesurer finement la diversité et l'attractivité morphologique de la station au travers de calculs d'indices standardisés.

Le caractère standard de cette méthode permet une comparaison inter-stationnelle et une reproductibilité dans le temps permettant d'analyser l'évolution des conditions habitationnelles d'une même station dans le cadre d'un futur plan de gestion par exemple. De plus, elle permet de prendre en compte de nombreux substrats.

La hiérarchisation et la cotation de l'attractivité globale des substrats/supports ont été déterminées statistiquement sur plusieurs dizaines de rivières. Ces scores prennent en compte les exigences de l'ensemble des espèces piscicoles et intègrent donc l'ensemble des ressorts physiques nécessaires aux transferts trophiques (Source : Degiorgi et al., 2002) :

Type de substrat	Attractivité
BRA (Branchages, grosses racines immergés)	100
BER (Sous-Berges)	90
HYF (Hydrophytes à feuilles flottantes)	80
HYI (Hydrophytes immergées)	80
AFF (Sources, résurgences, affluents)	70
BLO (Blocs avec caches)	60
GAL (Galets)	50
CHV (Chevelus racinaires végétation rases)	40
HEL (Hélophytes)	40
BLS (Blocs sans anfractuosités)	30
GGR (Galets et graviers mélangés)	25
GRA (Graviers)	20
GLS (Galets pavés sans anfractuosités)	10
LIT (Litières organiques)	10
SAB (Sables)	8
FIN (Eléments fins, limons, vases)	4
DAL (Dalles, surfaces indurées)	1

Les hauteurs d'eau (mesurées en cm) et les vitesses de courant (mesurées en cm/s) sont regroupées dans 5 classes significatives pour le poisson (Source : Degiorgi et al., 2002) :

Classe de vitesse de courant	Classe de hauteur d'eau
moins de 10 cm/s	moins de 5 cm
11 à 40 cm/s	6 à 20 cm
41 à 80 cm/s	21 à 70 cm
81 à 150 cm/s	71 à 150 cm
plus de 150 cm/s	plus de 151 cm

➤ **Métriques calculées :**

Trois métriques descriptives de la complexité de la mosaïque d'habitats

- ✓ **Var** = Variété : nombre de catégories (de substrats/supports) ou de classes (de hauteur et de vitesse) pour chacune des composantes de la qualité des mosaïques d'habitats
- ✓ **Div** = Diversité : mesure de la complexité et de l'hétérogénéité quantitative de la répartition des surfaces entre les catégories de chaque composante de la qualité de l'habitat :

$$\sum n Si \times [\log_{10}(Si)]$$

Où : n = nombre de catégorie (n=var) et Si = surface cumulée des placettes de la *i*ème catégorie

- ✓ **Reg** = Régularité : rapport entre la diversité observée et la diversité optimale pour une même variété correspondant à l'équi-répartition :

$$Div / \log_{10} Var$$

➤ **Calcul de l'IAM**

L'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) est ensuite calculé en prenant en compte les surfaces de recouvrement de chaque substrat, leur attractivité pour la faune piscicole et la variété des différentes classes de substrat, hauteur d'eau et vitesse de courant.

$$IAM = [\sum Si \cdot n \times \text{Attract.}(\text{subs.})] \times \text{Var}(\text{subs.}) \times \text{Var}(\text{h.e.}) \times \text{Var}(\text{v.})$$

Où Si = surface cumulée des placettes de la *i*ème catégorie ; *Attrac* = attractivité (Tableau Substrat) ; *Varsubst.* *VarHaut.* *VarVit.* = Nombre de classes de substrats, hauteurs, vitesses présentes sur la station.

➤ **IAM "Optimal"**

Le protocole définit une valeur de référence dite "IAM Optimal" en fonction de la largeur du cours d'eau. Cette valeur permet d'évaluer la diversité et l'attractivité des habitats de la station par rapport à une référence "en bon état" sur le plan hydromorphologique.

Valeurs expérimentales de référence de l'IAM en fonction de la largeur moyenne du lit mineur au niveau de la station étudiée (Source : Degiorgi et al., 2002)

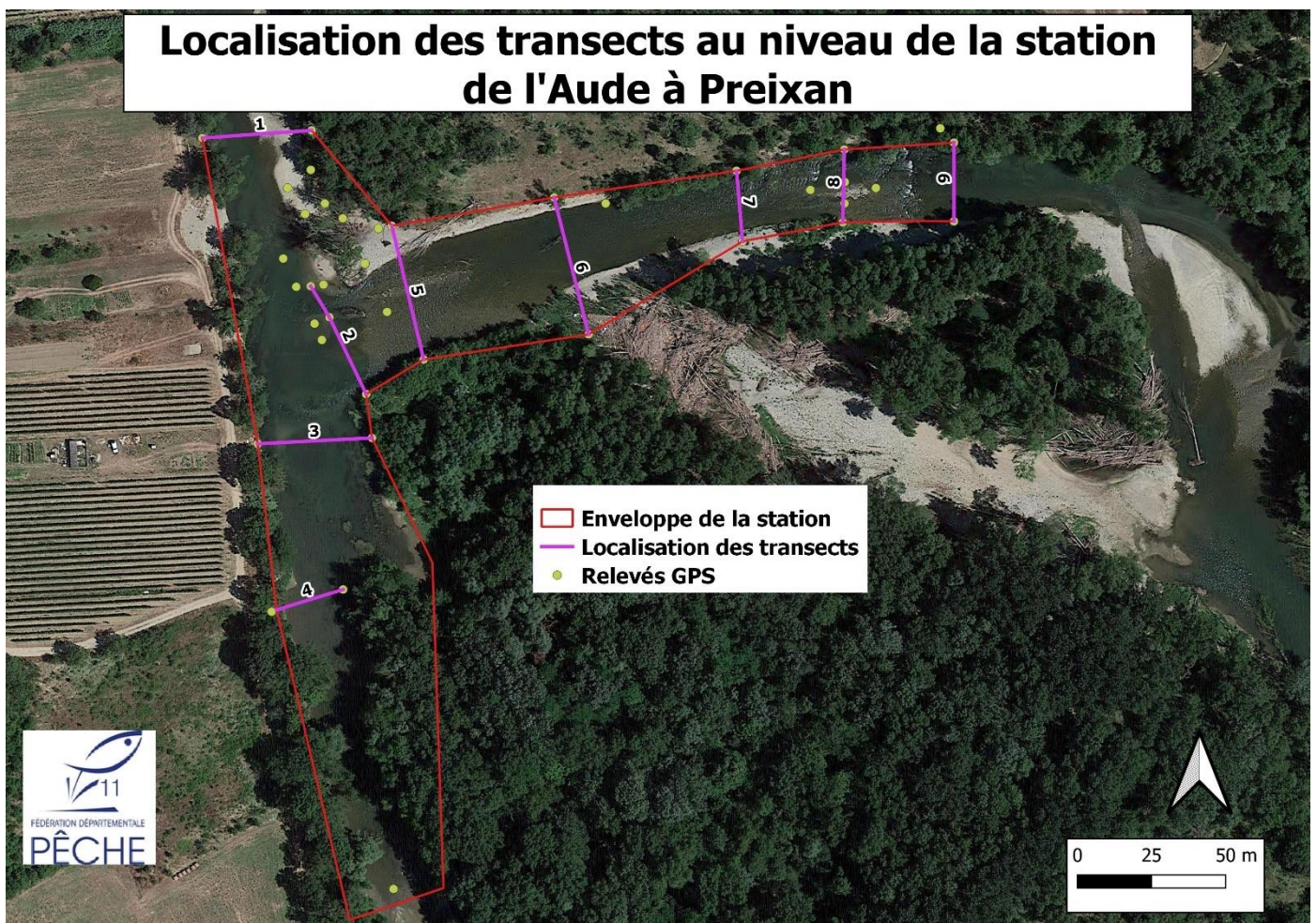
Largeur du lit mineur (m)	0,5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	40	60
IAM Optimal	1600	2400	3600	6200	7720	8880	9750	10400	11470	12060	13550	14030

4.2 Organisation et conditions d'intervention :

Dans la pratique, les analyses se sont déroulées de la façon suivante :

- La station est divisée en transects ; un nouveau transect est tracé lorsqu'un changement significatif de hauteur d'eau ou de vitesse de courant est remarqué.
- Sur chacun de ces transects, les hauteurs d'eau et vitesses de courant sont mesurées et entre chaque transect, des lignes d'interpolation sont tracées de manière à cartographier des zones de profondeur et de vitesse de courant d'intérêt ichtyologique différentiel. Les substrats/supports sont également cartographiés.
- Un marquage par points GPS a été effectué au niveau des blocs exondés, cassures de berges et changement de type substrat afin de limiter les extrapolations inter-transects.
- Une cartographie des pôles d'attraction prenant en compte les 3 descripteurs est réalisée sous QGIS.

Sur la station de l'Aude à Preixan, 9 transects ont été réalisés le 11/07/2022 sur une longueur de 480 mètres. Pour cette période les débits mesurés au niveau de la station hydrologique de Carcassonne Pont Neuf étaient de l'ordre de 5 m³/s. Ceci correspond à des niveaux d'occurrence de biennale sèche.



4.3 Analyse des résultats sur la station :

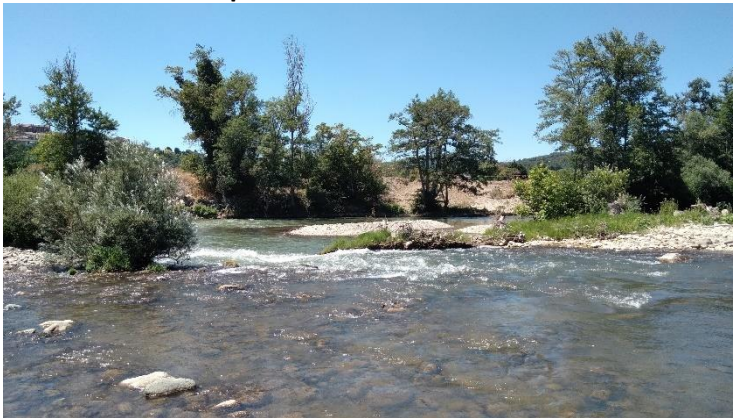
4.3.1 Vues représentatives de la station :



Faciès profond en aval de la station



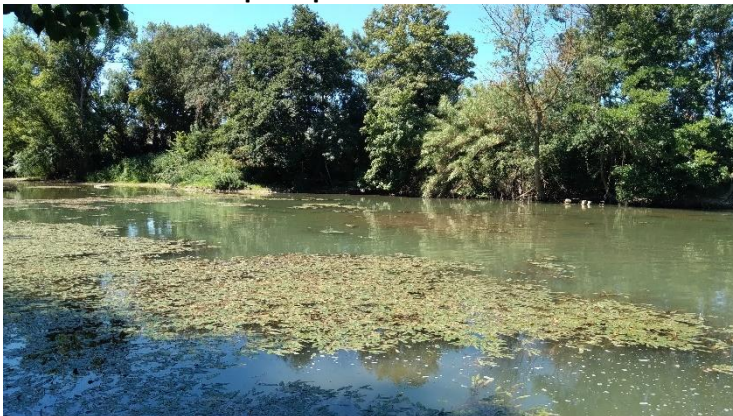
Atterrissement et radier central.



Bras principal du radier central



Zone de confluence avec l'ancien méandre



Ancien méandre au niveau de la connexion



Fond de l'ancien méandre



Faciès plats courants sur le chenal préférentiel.



Radier Amont de la station.

3.2.2 Cartographie des mosaïques d'habitats en rivière selon la logique des pôles

d'attraction :

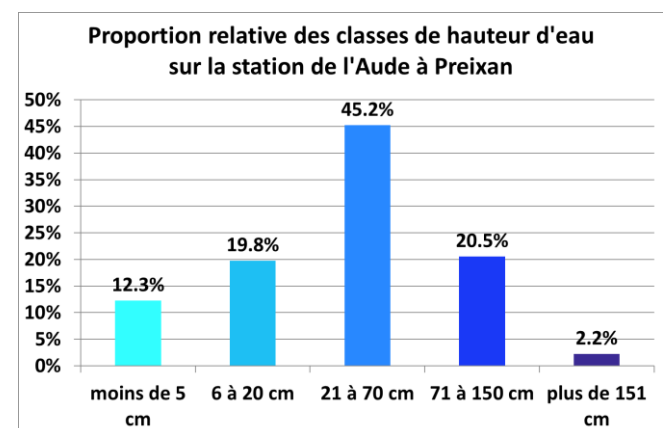
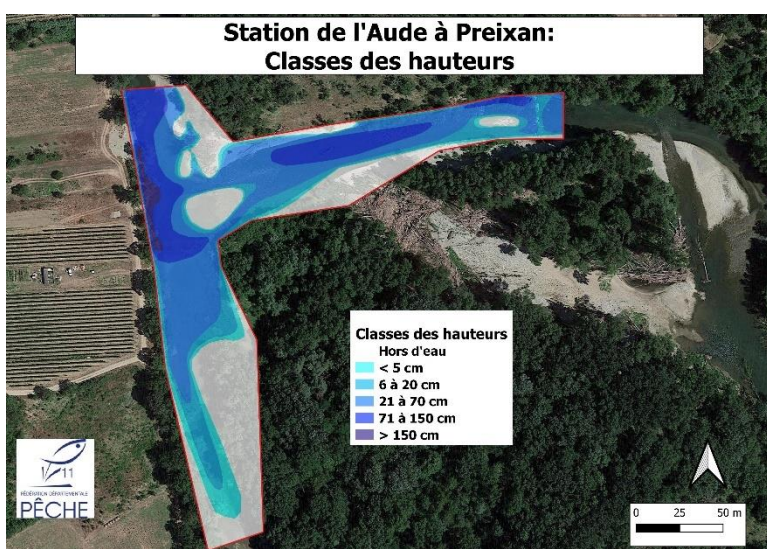
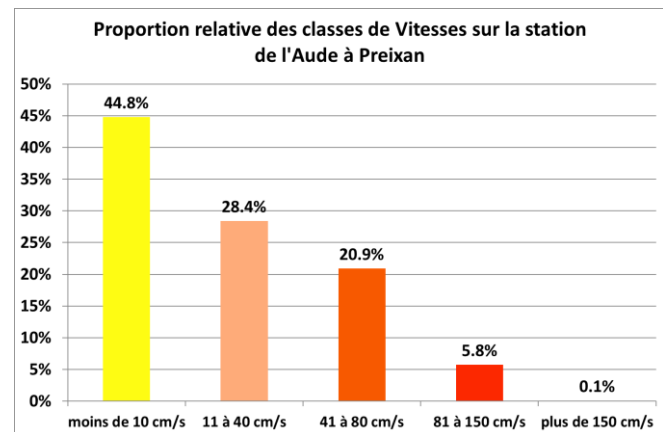
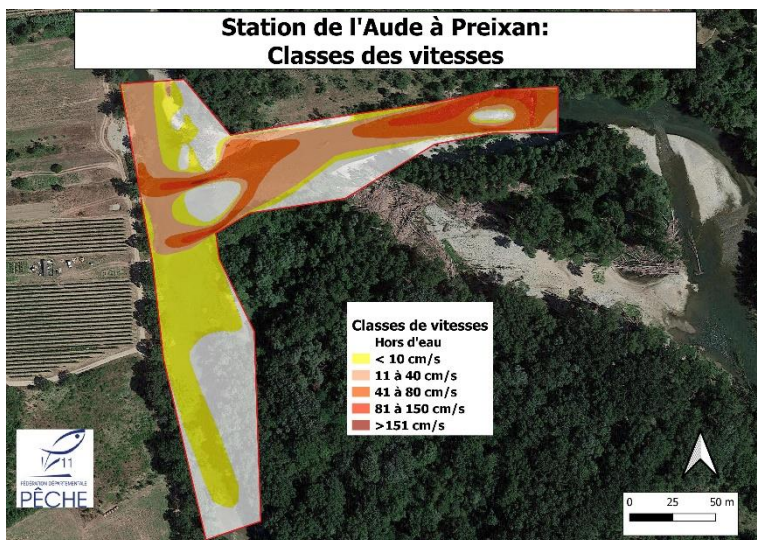
➤ *Cartographie des métriques élémentaires : Hauteurs / Vitesses / Substrat et supports*

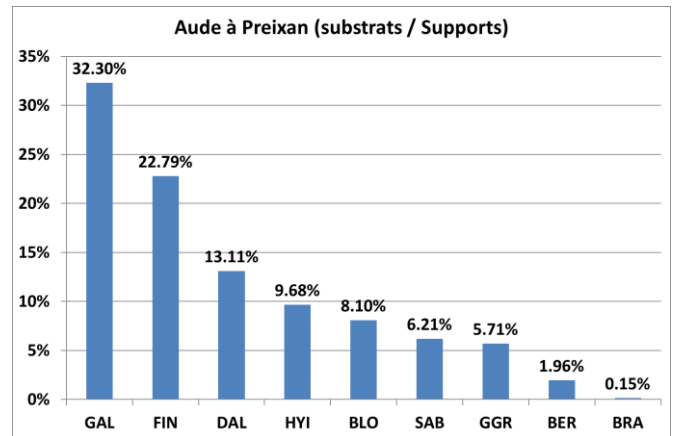
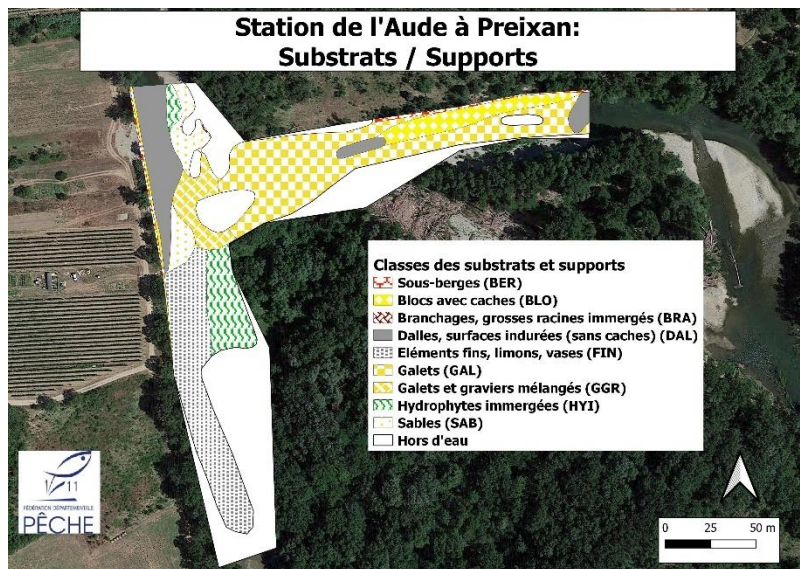
La station décrite par le protocole IAM a une longueur de 480 m de long pour 26.2 m de largeur moyenne et 12 576.6 m² de surface totale.

Le tableau suivant présente un récapitulatif des résultats obtenus sur la station prospectée :

Paramètres d'analyses	Variables Hauteur	Variables Vitesses	Variables substrat	Variable Pôles d'attractions
Variété	5	5	9	258
Diversité	0.58	0.53	0.79	1.77
Régularité	0.84	0.76	0.83	0.74

Il apparait que la station prospectée présente d'assez fortes variétés et diversités pour l'ensemble des paramètres représentatif du morphodynamisme du cours d'eau (substrat, profondeur et vitesse). L'examen de la cartographie des vitesses et des hauteurs d'eau sur la station permet de visualiser l'hétérogénéité des métriques Hauteur/Vitesse traduisant la diversité des faciès d'écoulements.





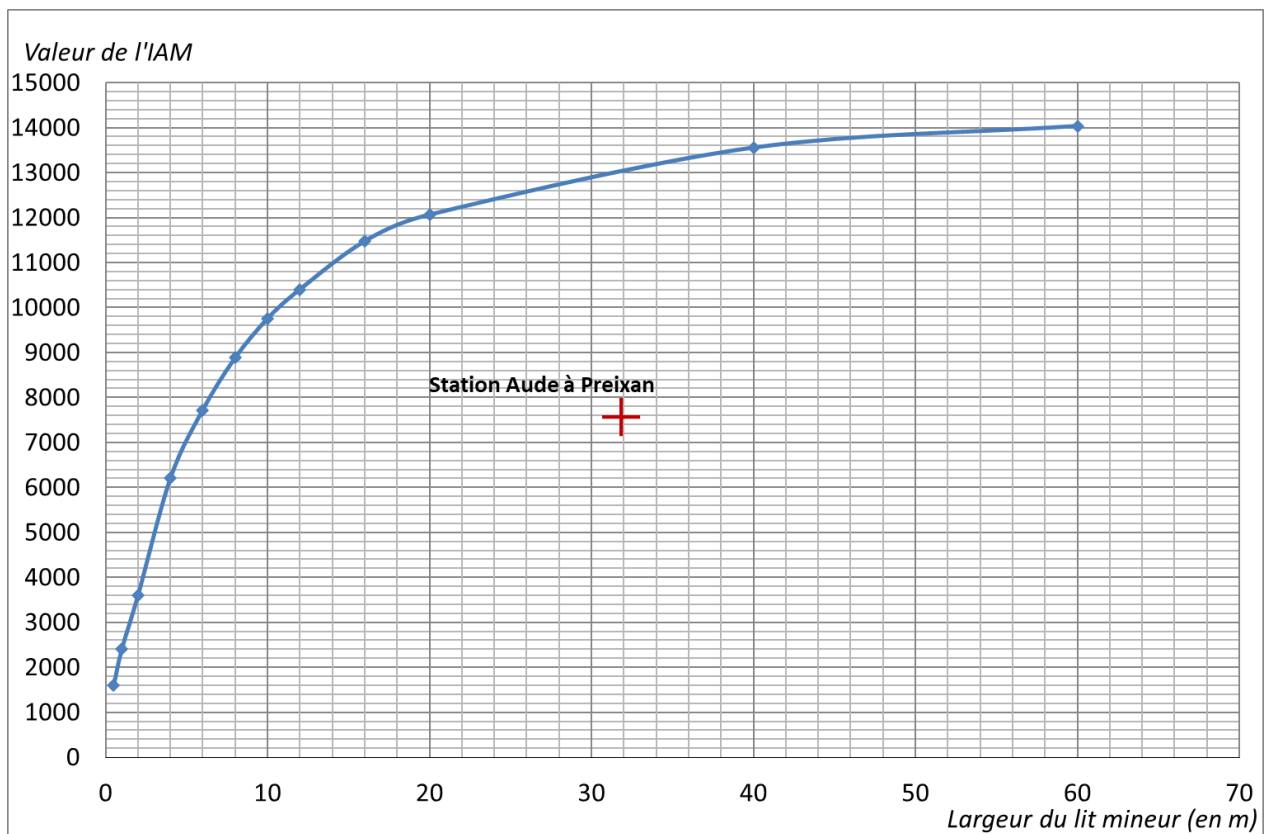
La cartographie des trois métriques fondamentales met en évidence que l'essentiel de la diversité des habitats piscicoles se situe dans le chenal actif de l'Aude.

En effet, le « bras mort » associé à l'ancien méandre de Soubranes n'intègre que deux classes de substrat, une de vitesse et trois classes. Le substrat majoritairement représenté correspond aux sédiments fins /vases dont la qualité habitationnelle est mauvaise. Les herbiers de potamots présents à proximité de la confluence constituent le seul pôle d'attractivité de cette annexe. C'est par ailleurs exclusivement sur cette zone que l'échantillonnage piscicole a permis la réalisation de quelques captures.

D'une manière générale l'intérêt habitationnel de cette annexe hydraulique est très faible.

➤ *Calcul de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) et comparaison avec un référentiel*

Calcul attractivité des substrats et de la note IAM				
Type de substrat	Surface (m ²)	Proportions	Attractivités	Surface relative *attractivité substrat
BRA (Branchages, grosses racines immergés)	18.27	0.15%	100	0.15
BER (Sous-Berges)	246.75	1.96%	90	1.77
HYI (Hydrophytes immergées)	1217.22	9.68%	80	7.74
BLO (Blocs avec caches)	1018.58	8.10%	60	4.86
GAL (Galets)	4062.35	32.30%	50	16.15
GGR (Galets et graviers mélangés)	717.79	5.71%	25	1.43
SAB (Sables)	780.52	6.21%	8	0.50
FIN (Eléments fins, limons, vases)	2866.16	22.79%	4	0.91
DAL (Dalles, surfaces indurées)	1648.93	13.11%	1	0.13
Total	12576.57	100.00%		
Somme surface relative *attractivité substrat				33.630
NOTE IAM				7566.69



Au vu de la largeur moyenne du lit mineur du cours d'eau (32 m), l'Indice d'Attractivité Morphodynamique optimal, calculé d'après des cours d'eau de référence, se situe à 13 550 (DEGIORGI F. et al). Sur le tronçon étudié, l'IAM observé est de 7 566.69.

En dépit d'une bonne diversité des pôles d'attractivité, cette valeur de l'indice traduit un déficit d'habitats piscicoles. Le tableau récapitulatif du calcul d'attractivité des substrats permet d'observer les classes les plus pénalisantes. Il s'agit des Dalles, éléments fins et les sables qui occupent 42 % des surfaces mais ne contribuent qu'à 4.6% de l'attractivité totale de la station.

Le seul substrat « éléments fins » se concentre uniquement dans l'annexe hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes et occupe 22 % des surfaces analysées. Cette unité contribue ainsi largement à la dégradation de la capacité habitationnelle de station.

D'une manière plus générale, il est possible de noter que la présence de zones d'affleurement de roche mère contribue aussi à la dépréciation de la note (13.1 % des surfaces). Ce constat entre en résonance avec les problématiques chroniques de déficit sédimentaire sur l'axe Aude dans un secteur ayant fait l'objet d'une intense activité d'extraction.

5 Conclusions et préconisations d'intervention :

5.1 Synthèse des investigations :

- **Diagnostic et détermination des fréquences de connexion de l'ancien méandre de Soubranes**

La défluviation de l'Aude au niveau de Soubranes est effective depuis la fin des années 1990. Elle fait notamment suite à plusieurs décennies d'extractions sédimentaires à l'origine de la dépression associée au chenal préférentiel d'écoulement actuel.

L'ancien méandre de Soubranes est actuellement dans une dynamique de comblement progressif en lien avec l'obstruction de l'entrée hydraulique du méandre par un atterrissement. Néanmoins, la dépression associée à l'ancien tracé du cours d'eau reste toujours marquée. De plus, une connexion permanente avec le chenal principal est observée dans la partie aval (sortie hydraulique). L'état évolutif de cette annexe hydraulique n'est ainsi que modérément avancé et s'apparente à la phase Parapotamon 1 décrite par Malavoi.

Les relevés topographiques réalisés au niveau de l'atterrissement obstruant l'entrée hydraulique du méandre indiquent un potentiel engraissement lié à la crue morphogène de Janvier 2020. Le merlon semble aussi subir une dynamique de fixation en lien avec la colonisation observée par la végétation ligneuse.

La modélisation hydraulique réalisée au travers du logiciel HEC RAS a permis de mettre en évidence les fréquences de connexion par l'amont de l'ancien méandre :

Annexe hydraulique	Fréquence de mise en eau par surverse	Nombre de connexions entre 2010 /2021	Connexions en 2022
Ancien méandre de Soubranes à Preixan	<u>Crue Quinquennale :</u> <u>465 m³/s</u>	Deux connexions récentes potentielles : Octobre 2018 et Janvier 2020	Néant

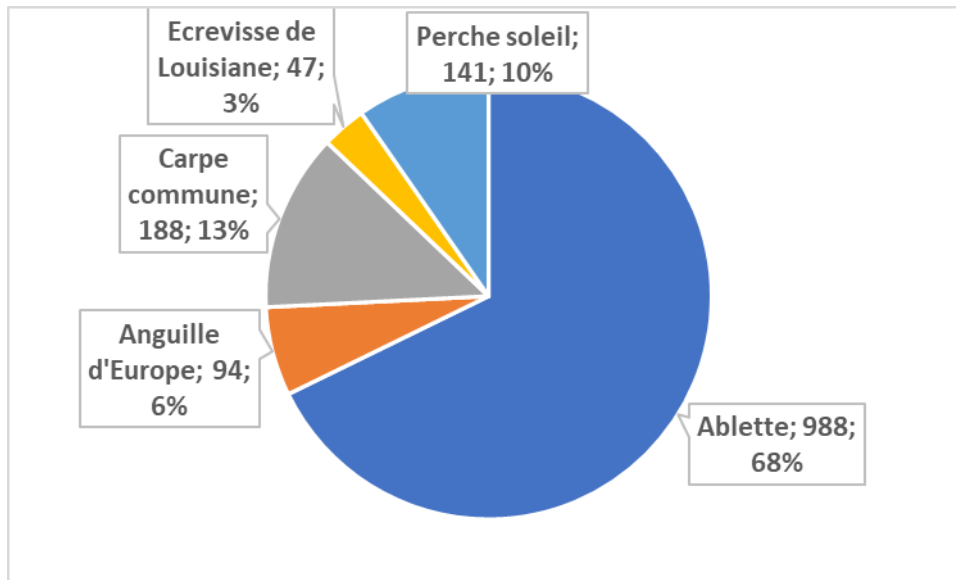
- **Analyse des conditions habitationnelles et des peuplements piscicoles :**

a) **Diagnostic des peuplements piscicoles : Echantillonnage Ponctuel d'Abondance**

L'examen des communautés piscicoles au niveau de l'ensemble de la station d'échantillonnage fait apparaître un peuplement piscicole conforme pour un cours d'eau de niveau typologique relevant de la zone à Barbeaux. L'Indice Poisson Rivière qualifie la composition spécifique comme bonne avec une domination des densités en espèces rhéophiles et lithophiles, soit une note de 15,4.

L'isolement des points de prélèvements issus exclusivement de l'annexe hydraulique met en évidence un peuplement local constitué **uniquement de taxons tolérants dont la probabilité de présence théorique est faible ou nulle.**

Analyse des densités (ind./ha) sur les points de prélèvements de l'annexe hydraulique



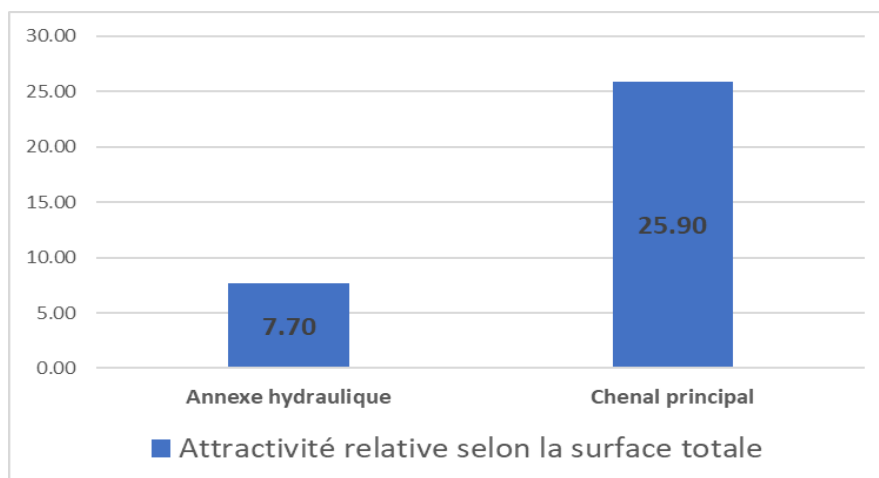
Par ailleurs, l'absence de juvéniles sur ce secteur, notamment issus des espèces repères, démontre la **dysfonctionnalité de l'annexe dans son rôle de zone de nurserie et/ou de croissance de la faune piscicole.**

Enfin, **l'absence de vie piscicole sur les zones profondes de l'annexe** indiquent une potentielle toxicité des facteurs environnementaux en période estivale. Sous réserve de confirmation, les observations réalisées tendent à démontrer que les processus de dégradation anaérobies de matières organiques et les températures élevées localement pourraient en être la cause.

b) Analyse des conditions habitationnelles :

La cartographie de mosaïque d'habitat mise en œuvre sur l'ensemble de la station d'étude confirme les conclusions de l'analyse du compartiment biologique :

- **Le chenal d'écoulement préférentiel présente une variété intéressante de pôles d'attractivité** en lien avec des fractions granulométriques assez grossières et une importante diversité de faciès d'écoulement (vitesses d'écoulement et hauteur d'eau).
- **L'annexe hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes est caractérisée par une attractivité piscicole très faible** du fait de son colmatage par les accumulations de matière organique et de sédiments fins.



Évaluation des fonctionnalités piscicoles de l'annexe hydraulique (ancien méandre de Soubranes)

Station	Enjeux de protection	Conditions Habitationnelles	Conformité du peuplement	Structuration des populations repères	Fonctionnalité piscicole de l'annexe.
Ancien Méandre de Soubranes.	<p><u>Modéré à Fort :</u></p> <p><u>Anguille d'Europe</u> <u>Toxostome</u> <u>Truite Fario</u> <u>Vandoise rostrée</u></p>	<p><u>Peu favorable aux espèces repère :</u></p> <p>Habitats peu diversifiés ;</p> <p>Fortes accumulations de vases et matières organiques : colmatage important ;</p> <p>Températures élevées.</p>	<p><u>Non conforme :</u></p> <p>Espèces limnophiles et thermophiles adultes ;</p> <p>Absence de juvéniles de rhéophiles ou lithophiles</p> <p>Population relictuelle d'Anguille d'Europe</p>	<p><u>Sans objet :</u></p> <p>Espèces repères incapables de réaliser l'intégralité de leurs cycle vitaux</p>	<p><u>Faible :</u></p> <p>Reproduction / Soutien des effectifs des espèces repères : Nul</p> <p>Nourricerie ou croissance des juvéniles : Nul.</p> <p>Refuge lors de crues : oui</p> <p><u>Potentiellement délétère :</u></p> <p>Phénomène de piégeage probable lors de connexions ;</p> <p>Réservoir d'espèces exotiques envahissantes et perturbatrices des peuplements piscicoles autochtones.</p>

5.2 Préconisation d'actions :

- **Détermination des principes généraux de rétablissement des fonctionnalités piscicoles de l'ancien méandre de Soubranes :**

L'organisation latérale des communautés piscicoles se structure suivant des schémas saisonniers et spatiaux très marqués. Les différentes communautés de poissons caractéristiques des annexes hydrauliques diffèrent en fonction des connectivités avec le chenal principal. (Lasne et al., 2007). **Les annexes hydrauliques les plus connectées sont celles qui supportent la plus grande diversité de poissons et les communautés ayant une plus importante valeur patrimoniale et fonctionnelle. En outre, la notion de mise en eau temporaire ne constitue pas un facteur pénalisant vis-à-vis des fonctionnalités piscicoles** (Lasne et al., 2007b Bolland et al. 2012 et Maire et al. 2013). Au contraire, les annexes les plus déconnectées sont exploitées par peu d'espèces, souvent tolérantes et opportunistes ; elles constituent alors des habitats préférentiels pour des espèces non-natives, parfois invasives, souvent caractérisées par leur résistance aux conditions extrêmes (Sullivan et Watzin, 2009).

Dans le cadre de la présente étude, la connectivité permanente par l'aval de l'annexe de Soubranes induit l'accomplissement d'une partie seulement des fonctionnalités associées à ce type de système. En effet, la raréfaction des activations du méandre par l'amont (potentiellement une fois tous les 5 ans) et à l'origine de la dynamique de comblement du méandre et de la dégradation graduelle des conditions habitationnelles.

De cette façon, **il apparaît que l'amélioration des fonctionnalités piscicoles de l'ancien méandre de Soubranes devra nécessairement passer par une optimisation des connexions au niveau de son entrée hydraulique.**

- **Stratégie de gestion des Soubranes (Hydretude ; 2018) :**

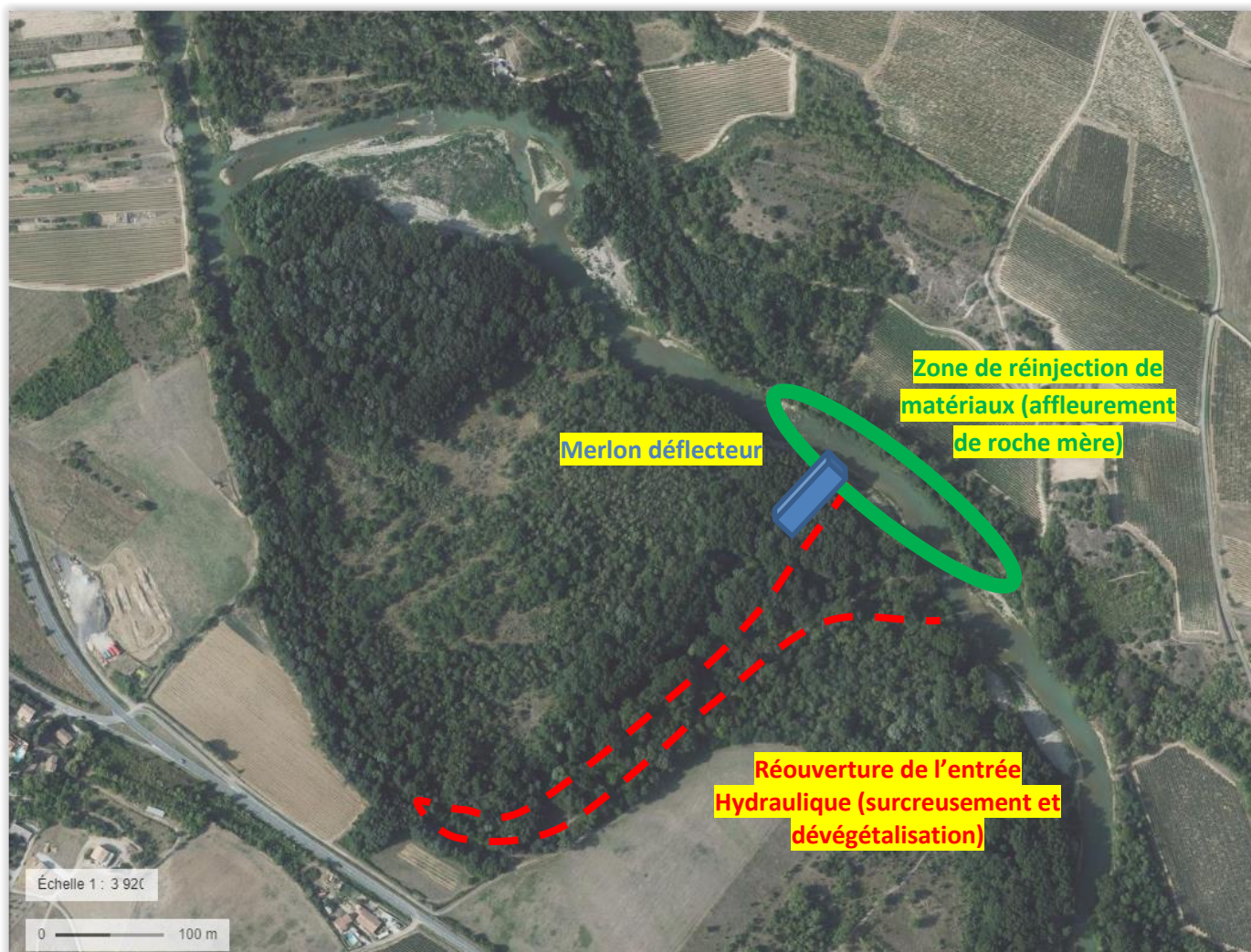
Le scénario envisagé par HYDRETUDE pour les besoins du Plan Pluriannuel de Gestion de l'Aude entre Rouffiac et Couffoulens de Juin 2018 reste parfaitement adapté à la problématique.

Le principe de gestion appliqué à cette annexe consiste à favoriser des reconnexions afin de retrouver un fonctionnement de bras secondaire actif et de résorber la dynamique de comblement en cours. Une fréquence infra-annuelle de mise en eau semble minimale pour envisager un retour à des fonctionnalités vis-à-vis des espèces-repère rhéophiles du contexte piscicole local.

Le schéma retenu impliquait initialement la réouverture de l'ancien chenal sur 850 mètres par l'ancien lit sur une largeur d'environ 15 à 20 m pour un volume total de 13 000 m³ de matériaux à extraire. Cette mesure était accompagnée de la mise en place d'un merlon déflecteur en entrée hydraulique de l'ancien méandre.

Les observations réalisées en 2023 tendent à démontrer que l'ancien méandre apparaît comme totalement ou partiellement comblé sur une distance d'environ 450 mètres de l'entrée hydraulique. À l'inverse, le chenal présente encore de profondes dépressions en sortie d'apex jusqu'en zone de confluence. Ces zones présentent par ailleurs un ennoisement permanent probablement en lien avec la nappe alluviale d'accompagnement. Il est probable que la simple augmentation des fréquences d'activation du méandre par l'amont suffise à générer des effets de purges sur les éléments fins accumulés.

Stratégie de gestion des Soubranes (Hydretude ; 2018) ajustée selon les investigations 2023



Les estimations liées à l'engraissement de l'atterrissement amont suite aux crues de Janvier 2020 tendent à indiquer un volume supplémentaire de l'ordre de 1800 m³ à traiter. Ainsi, les évaluations de cubages réalisés par HYDRETUDE en 2018 peuvent être conservées.

En complément de ces travaux, la réinjection et/ou la mise à disposition in situ des matériaux alluvionnaires grossiers jusqu'ici stockés apparaît comme partie essentielle du dispositif.

Nous vous renvoyons aux fiches actions du bureau d'étude HYDRETUDE qui sont annexées au présent rapport afin de connaître le détail des travaux, des estimations et des mesures d'entretien liés à ce secteur.

5.3 Estimation de l'impact pour l'hydrosystème :

La dynamique de comblement de l'ancien méandre de Soubranes apparaît comme la principale cause de perte de fonctionnalité écologique. Les conséquences attendues de l'augmentation de fréquence de connexion du méandre par l'amont seront une amélioration substantielle des conditions habitationnelles par décolmatage du substratum.

Cet élément pourra être favorisé par la restauration d'un transit sédimentaire via la mise à disposition des stocks actuellement rendus indisponibles au sein des atterrissements végétalisés. Les espèces rhéophiles retrouveront ainsi des fractions granulométriques grossières potentiellement attractives aussi bien en chenal principal (zones d'affleurements) qu'en annexe hydraulique (zones d'accumulation de fines). Ces gains habitationnels pourront être démontrés par la mise en œuvre d'un nouveau protocole d'Indice d'Attractivité Morphodynamique dans le cadre d'un suivi post travaux.

Concernant le compartiment biologique, le colmatage et l'eutrophisation importante de l'annexe par accumulation puis dégradation des matières organiques empêche actuellement le maintien durable de toute vie piscicole sur les parties internes du méandre. Seuls les secteurs périphériques, en zone de contact direct avec le chenal principal, arborent une capacité d'accueil modeste du fait de la présence de macrophytes (potamots).

Les effets attendus du plan de gestion sur la qualité des habitats permettrait l'utilisation de l'ancien méandre comme site de reproduction, de nourricerie et / ou de refuge pour de nombreuses espèces (Copp, 1989 ; Griff et al. 2001). Néanmoins, les communautés piscicoles résidentes seront susceptibles d'évoluer en fonction des saisonnalités.

Ainsi, pendant leurs périodes spécifiques de reproduction peuvent s'y succéder les adultes des espèces rhéophiles (préférentiellement en période de hautes eaux), et les espèces plus phytophiles (lorsque les débits estivaux sont stabilisés) qui y trouvent des conditions favorables à leur reproduction (végétation potentiellement abondante).

Les nombreuses études réalisées sur ce sujet démontrent qu'après ces périodes de fraies printanières et estivales, les juvéniles des espèces rhéophiles et lithophiles (ici potentiellement les Barbeaux Fluviatiles, Toxostomes, Vandoises...) abandonnent les annexes pour rejoindre les chenaux lotiques. Les conditions lenticques alors présentes sur la partie connectée du méandre de Soubranes seront vraisemblablement plus favorables au maintien et au développement des juvéniles des espèces litho-phytophiles (Ablettes, Chevesnes, Carpes). Par ailleurs, l'annexe pourra constituer un abri pour les phases de croissance pour l'Anguille d'Europe lors des étiages estivaux dont les populations sont menacées d'extinction.

Le suivi des populations piscicoles permettra de constater l'évolution de l'IPR à l'échelle de la station mais surtout la composition et le dynamisme des populations piscicoles présentes dans l'annexe hydraulique.

D'une façon plus générale, les gains associés à ce type d'intervention pour les hydrosystèmes et les services rendus aux activités humaines sont potentiellement nombreux :

- Créer et diversifier les habitats aquatiques ;
- Diversifier les biocénoses du lit mineur et des berges ;
- Diversifier les écoulements ;
- Diversifier le profil en long et en travers du cours d'eau : substrats, vitesses, profondeurs ;
- Améliorer les capacités auto-épuratoires par la succession de radiers et de mouille ;
- Améliorer les connexions entre le cours d'eau et sa nappe d'accompagnement ;
- Activer des zones d'expansion naturelle des crues ;

Synthèse des éléments bibliographiques :

- Association Rivière Rhône Alpes Auvergne, 2018, SUPPRIMER LES CONTRAINTES LATÉRALES DES COURS D'EAU POUR RESTAURER LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES connaissances et Retours d'expériences, 35 p.

- Agence de l'Eau RMC, B. Terrier, S. Stroffek, Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau, 2016, 174 pages

- Agence de l'Eau RMC, AscA, Ginger, L. Bourdin, S. Stroffek, C. Bouni, J.B. Narcy, M. Dufour, Restauration hydromorphologique et territoires :

Concevoir pour négocier. Guide technique SDAGE, 2011, 68 pages

- Agence française pour la biodiversité – AFB, Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique - Expertise scientifique collective, Novembre 2017, 199 p

- BARAN P., 2005 : Réglementation et gestion piscicole. Présentation au Congrès de l'Union Régionale Auvergne, Saint-Etienne, 55 diapositives.

- 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.

- CONSEIL SCIENTIFIQUE DU PATRIMOINE NATUREL ET DE LA BIODIVERSITE, 2008 : L'arbre, la rivière et l'homme. Rapport au MEDAD, 64p.

- CSP (DR8), Mars 2006. Indice Poisson Rivière (I.P.R).

- CSP 11, 1981, Schéma Départemental à vocation Piscicole 11.

- Elie P. et Girard P., 2014, La santé des poissons sauvages: les codes pathologiques, un outil d'évaluation. Edit. Association Santé Poissons Sauvages ; 286 p.

- ECOGEA ; CARACTERISATION DES RISQUES ECO-MORPHOLOGIQUES ASSOCIES AU FONCTIONNEMENT PAR ECLUSEES DES MASSES D'EAU DES BASSINS RHONE-MEDITERRANEE ET CORSE ; Juin 2018.

- 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).

- FDAAPPMA 11, DIAGNOSTIC DES FONCTIONNALITÉ ÉCOLOGIQUE DU FRESQUEL ET DE SES ANNEXES HYDRAULIQUES AU NIVEAU DES MÉANDRES DE LA REILLE ET DE LA CHAUX (TREILLE). Avril 2021 ; 73 p.

- FDAAPPMA 30 (2015) Réseau de suivi thermique de la Fédération de Pêche du Gard (30) Résultats et interprétation du suivi des températures pour la chronique d'octobre 2014 à octobre 2015,

- FDAAPPMA 69 (Aout 2009), Étude des populations de BARBEAU MÉRIDIONAL du département du Rhône ; 85 p.

- FDAAPPMA 69, 2015, Diagnostic écologique de la lône du Prin, 24 p.

- FDAAPPMA 69, 2015 Etude piscicole – bassin de joutes de Vernaison et lône de Jaricot, 25 p.

- GERMIS G., Juillet 2009, METHODE DE PECHE ELECTRIQUE PAR ECHANTILLONNAGE PAR POINT AU MARTIN PECHEUR « INDICE D'ABONDANCE ANGUIILLE », Bretagne Grand Migrateur ; 23 P.

- Jacques Bruslé et Jean Pierre Quignard, 2013, Biologie des poissons d'eau douce européens 2^{ème} édition ; 740 p.
- P. KEITH, N. POULET, G. DENYS, T. CHANGEUX, E. FEUNTEN & H. PERSAT (2020) Les poissons d'eau douce de France.
- Verneaux J (1977b), Biotypologie de l'écosystème "eaux courantes". Déterminisme approché de l'appartenance typologique d'un peuplement ichtyologique.

Liste des Annexes :

Annexe 1 : RELEVES TOPOGRAPHIQUES AU NIVEAU DE L'ENTREE HYDRAULIQUE DE L'ANCIEN MEANDRE DE SOUBRANES.

Annexe 2 : METHODES D'ANALYSE DES PEUPELEMENTS PISCICOLES PREIXAN

Annexe 3 : SIMULATION DES SEUILS DE SURVERSE AU NIVEAU DE L'ENTREE HYDRAULIQUE DE L'ANCIEN MEANDRE DE SOUBRANES

Annexe 4 : PLAN D'ECHANTILLONNAGE PISCICOLE SUR LA STATION DE L'AUDE A PREIXAN.

Annexe 5 : STRATEGIE DE GESTION DES SOUBRANES (HYDRETUDE ; 2018).

Annexe 1 : Relevés topographiques au niveau de l'entrée hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes.

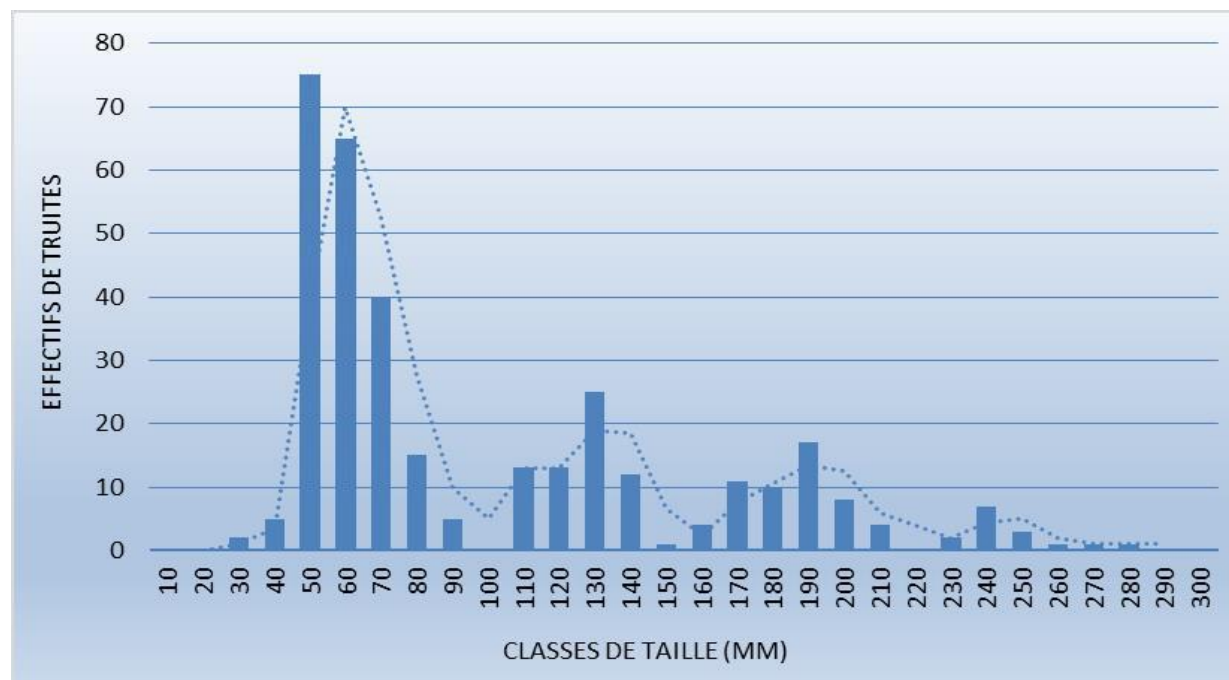
Transect 1 Aval		Transect 2 Aval distance 50		Transect 3 distance 42 m		Transect 4 distance 35 m		Transect 5 Distance 30 m	
Distance interpoints	Hauteurs	Distance interpoints	Hauteurs	Distance cumulée	Hauteurs	Distance cumul	Hauteurs	Distance cumulée	Hauteurs
0	3	0	3	0	3.20	0	3.35	0	0.00
5	1	5	2.80	5	1.80	5	1.95	20	0.00
10	1.3	10	2.50	10	1.00	10	1.15	22	0.00
15	1.8	15	2.20	15	1.20	15	1.35	24	1.10
20	2.15	20	1.90	20	1.50	20	1.65	26	0.80
25	2.3	25	1.50	25	2.11	25	1.96	28	0.00
30	2.45	30	1.80	30	2.21	30	2.06	30	1.70
35	2.41	35	2.33	32	2.51	32	2.36	32	1.89
37	2.61	37	2.53	34	3.01	34	2.86	34	1.90
39	2.71	39	2.63	36	2.91	36	2.76	36	1.93
41	2.81	41	2.73	38	3.09	38	2.94	38	2.05
43	3.01	43	2.93	40	2.95	40	2.80	40	2.04
45	3.13	45	3.05	42	2.86	42	2.71	42	1.86
47	3.12	47	3.04	44	2.61	44	2.46	44	1.67
49	2.83	49	2.75	46	2.49	46	2.34	46	1.55
51	2.79	51	2.71	48	2.34	48	2.19	48	1.45
53	2.62	53	2.54	50	2.29	50	2.14	50	1.38
55	2.18	55	2.43	52	2.07	52	1.92	52	1.36
57	2.08	57	2.33	54	1.88	54	1.73	54	1.39
59	2.25	59	2.50	56	1.72	56	1.57	56	1.63
61	2.10	61	2.35	58	1.71	58	1.56	58	2.00
63	1.72	63	1.97	60	1.59	60	1.44	60	2.25
65	1.86	65	2.11	62	1.29	62	1.14	62	2.04
67	1.72	67	1.97	64	1.21	64	1.06	64	1.50
69	1.46	69	1.71	66	1.19	66	1.04	66	1.75
71	1.10	71	1.35	68	1.16	68	1.01	68	1.61
73	0.83	73	1.08	70	1.01	70	0.86	70	1.95
75	0.80	75	1.05	72	0.95	72	0.80	72	1.75
77	0.68	77	0.93	74	0.76	74	0.61	74	1.55
79	0.61	79	0.86	76	0.60	76	0.45	74.3	1.70
81	0.48	81	0.73	78	0.49	78	0.34	74.5	0.00
83	0.37	83	0.62	80	0.35	80	0.20		
85	0.22	85	0.47	82	0.24	82	0.09		
87	0.28	87	0.53	84	0.07	84	0.08		
89	0.38	89	0.63	86	0.00	86	0.15		
91	0.36	91	0.61	88	0.81	88	0.66		
93	0.21	93	0.46	90	1.44	90	1.29		
95	0.45	95	0.70	92	1.77	92	1.62		
97	0.93	97	1.18	94	2.22	94	2.07		
99	1.35	99	1.60	96	2.51	96	2.36		
101	2.28	101	2.53	98	3.31	98	3.16	Ligne d'eau :	1.7
103	2.85	103	3.03	100	3.50	100	3.65		
105	3.35	105	3.53	102	4.00	102	4.15		
Ligne d'eau :	1.5	Ligne d'eau :		Ligne d'eau :					

Annexe 2 : Méthodes d'analyse des peuplements piscicoles PREIXAN

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 Plan Départemental de Protection des milieux aquatiques et de Gestion des ressources piscicoles de l'Aude a défini la Truite Fario comme espèce repère des cours d'eau salmonicoles, des cortèges de cyprinidés rhéophiles pour les cours d'eau intermédiaires et le Brochet pour les cyprinicoles.

L'analyse de la répartition des classes de tailles d'une même espèce permet de mettre en évidence les différentes cohortes (individus de même âge). Cette approche apporte des informations intéressantes sur l'efficacité de la reproduction et les capacités d'accueil et de croissance des différents stades de développement, permettant ainsi un diagnostic de l'état de santé d'une population.

Une structuration parfaite de population tendrait à faire apparaître une décroissance progressive des effectifs d'individus au fur et à mesure de la progression vers les cohortes d'âges supérieurs.



Exemple d'une structure de taille polymodale pour une population de Truite fario, impliquant la présence de plusieurs cohortes (FDAAPPMA 30 ; Réseau de suivi piscicole 2019 de la Fédération de pêche du Gard).

➤ **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).

À partir de 9 métriques abiotiques caractérisant les conditions environnementales de la station, cet indice prend en compte 7 métriques biotiques rendant compte de la composition taxonomique :

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

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. 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.

Annexe 3 : Simulation des seuils de surverses au niveau de l'entrée hydraulique de l'ancien méandre de Soubranes

Transect	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. E.G. (m)	Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
4	Débit 7.1 m3/s	15	1.06	1.72	1.72	1.87	0.040037	1.67	8.96	32.76	1.02
4	Biennale	258	1.06	3.06	3.06	3.79	0.022836	3.79	68.13	46.61	1
4	Quinquennale	465	1.06	3.8	3.8	4.82	0.019676	4.49	104.79	54.83	0.99
4	Décennale	600	1.06	4.31	4.31	5.37	0.016067	4.61	137.82	76.56	0.92
3	Débit 7.1 m3/s	15	0	0.79	0.86	1.11	0.049531	2.48	6.04	14.31	1.22
3	Biennale	258	0	2.5	2.5	3.02	0.022808	3.44	85.87	79.36	0.99
3	Quinquennale	465	0	2.96	2.96	3.76	0.025355	4.26	125.16	91.69	1.09
3	Décennale	600	0	3.38	3.38	4.16	0.019182	4.26	165.61	98.7	0.98
2	Débit 7.1 m3/s	15	0.24	0.79	0.84	1.03	0.050283	2.17	6.93	20.57	1.19
2	Biennale	258	0.24	2.47	2.47	2.98	0.021071	3.38	88.92	84.32	0.96
2	Quinquennale	465	0.24	2.79	3.03	3.73	0.033031	4.63	117.49	94.89	1.23
2	Décennale	600	0.24	3.11	3.27	4.09	0.027819	4.77	149.93	104.18	1.16
1	Débit 7.1 m3/s	15	0.21	0.76	0.81	1	0.050796	2.17	6.9	20.54	1.2
1	Biennale	258	0.21	2.45	2.45	3.05	0.021875	3.57	80.79	69.88	0.98
1	Quinquennale	465	0.21	3.18	3.18	3.86	0.017565	3.88	142.62	104.33	0.93
1	Décennale	600	0.21	3.44	3.44	4.22	0.017492	4.2	170.17	105	0.94

Annexe 5 : Stratégie de gestion des Soubranes (Hydretude ; 2018)

Aude (Rouffiac-Couffoulers) -FA 1.1.1
Annexe fluviale n°7 des Soubranes
Ancien chenal d'un méandre recoupé suite à l'avalulsion d'Aude

LES TRAVAUX

Aude (Rouffiac-Couffoulers) -FA 1.1.1
Annexe fluviale n°7 des Soubranes
Ancien chenal d'un méandre recoupé suite à l'avalulsion d'Aude

LES TRAVAUX

Aude (Rouffiac-Couffoulers) -FA 1.1.1
Annexe fluviale n°7 des Soubranes
Ancien chenal d'un méandre recoupé suite à l'avalulsion d'Aude

LES TRAVAUX

Annexe fluviale 7 ⇒ Ancien chenal du méandre des Soubranes déconnecté par avalulsion suite à son recouplement

C'est l'annexe fluviale la plus imposante de la zone d'étude. En effet on retrouve les traces d'un chenal ancien qui n'est plus fonctionnel et qui faisait, lorsqu'il était connecté, 1 256 m de longueur.

Quelques éléments d'évolution diachronique du méandre des Soubranes

En 1948, le système de méandres Pépieux-Soubranes est actif.

En 1992, le méandre des Pépieux a subi une avalulsion et le chenal a shorté le méandre. Pour le méandre des Soubranes le méandre n'a pas évolué.

En 1998, l'avalulsion est en cours au niveau du méandre des Soubranes. Le chenal d'avalulsion s'est matérialisé et les deux chenaux semblent actifs.

En 2003, l'avalulsion est terminée ; le chenal fonctionnel est le chenal d'avalulsion. Le tracé d'Aude s'est fixé à cause de la baisse de la fourniture sédimentaire et de l'incision démultipliée par les extractions de matériaux effectués dans la zone d'étude.

La partie aval de l'ancien chenal (cercle jaune) reste toutefois connectée et des chenaux temporaires semblent fonctionnels en partie distale de l'ancien chenal l'alimentant en eau lors des crues.

Figure 9 : Quelques éléments de diachronie de l'avalulsion du méandre des Soubranes (on voit également celui des Pépieux en amont)

Comme pour le méandre des Pépieux, ce chenal s'est ainsi déconnecté après 1999 par avalulsion après avoir fonctionné un temps en système double avec le chenal d'avalulsion. Cette avalulsion a généré un recouplement du méandre.

L'évolution du secteur des Soubranes montre qu'initialement le lit empruntait le tracé de l'ancien chenal, puis entre 1992 et 1998 (probablement lors de la crue de 1996), le lit a basculé (avalulsion), s'est recoupé et il s'est écoulé à la fois dans le lit actuel et dans l'ancien tracé puis s'est fixé dans le tracé que nous connaissons.

Cette situation a conduit à la fermeture du bras qui n'a plus été parcouru par l'Aude et s'est ainsi trouvé déconnecté.

Actuellement cet ancien chenal apparaît déconnecté et fortement végétalisé et semble difficilement activable en l'état même en crue de type BFHM. Toutefois sa partie amont reste connectée et au gabarit initial sur 250 m environ.

Il est également à noter que la partie aval de l'interfluve Aude-ancien chenal est parcourue lors des crues par bras comme le montre la coupe AA' (cf. infra).

Un bras diachrone (comme celui prévu dans l'ancien méandre des Pépieux) permettrait la réinjection de matériaux (matériaux de décaissement) pour lutter contre l'incision et la diversification du milieu. En cas de crue BFHM, il permettrait également une décharge intéressante dans ce secteur.

Stratégie de gestion des Soubranes

Rouvrir l'ancien chenal (1) et créer un entonnoir en amont pour y favoriser l'entrée en crue. Améliorer la fonctionnalité d'un bras dans la partie distale de l'ancien méandre (cette zone est déjà parcourue par des bras en crue (cf. coupe AA')). Côté rive droite de l'Aude (chenal actuel) ouvrir un bras (3).

La berge (A) permettra l'injection par mise en glacié de matériaux. En (B) un déflecteur sera positionné sous la forme d'un merlon de matériaux alluvionnaires, l'objectif est qu'il favorise l'entrée des eaux dans le chenal surcru.

En (C) il s'agit de la partie fonctionnelle du bras (aval) qui est alimentée par Aude par reflux d'eau.

La coupe AA' la présence de bras de décharge dont au moins un (le plus aval) est fonctionnel lors des crues.

La coupe BB' montre l'ancien méandre recoupé deux fois en amont puis en aval dans sa partie encore connectée à Aude.

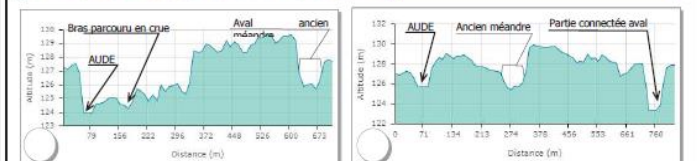


Figure 10 : Zone des Soubranes et stratégie de gestion

Proposition de travaux

Les travaux de reconexion consisteraient à :

- Travailler le chenal déconnecté de sorte qu'il devienne un bras diachrone et puisse se remettre en eau à partir de la crue de plein-bord, par dévégétalisation et surcruement,
- Réaliser deux bras diachrones complémentaires (un en rive droite et un en aval de la zone, (cf. figure infra)
- Eventuellement (dans un second temps) utiliser la zone pour faire de la réinjection de matériaux en la travaillant (emprunt et injection).

Ces travaux concerneraient donc :

- La dévégétalisation de la zone (25 000 m²)
- Le surcruement de l'ancien lit sur une largeur d'environ 15 à 20 m et environ 850 m de longueur, permettrait de disposer d'environ 13 000 m³ de matériaux,
- Le surcruement d'un bras parcouru en crues (cf. Figure 11) dans la partie distale du méandre (cf. coupe AA') sur 250 m concernant 1 000 m³ de matériaux,
- En complément, le surcruement d'un bras en rive droite contre la structure alluvionnaire sur 150 m de longueur avec une largeur d'une quinzaine de mètres soit 2 500 m³

Les matériaux seraient alors transférés de la manière suivante : 1 000 m³ sur zone (mise en glacié en aval, déflecteur du bras de décharge) et 17 500 m³ réinjectables sur le linéaire.



Figure 11 : vue du bras aval (2) partie en eau en relation avec la partie aval de l'ancien chenal (partie encore connectée)

TRAVAUX SUR STRUCTURE ET BRAS DES SOUBRANES		
Description	Prix (€ HT)	Totaux
Dévégétalisation	15 000 €	116 400 €
Surcruement bras des Soubranes	23 400 €	
Transfert-réinjection des matériaux	78 000 €	17 000 €
Dévégétalisation	5 000 €	
Surcruement bras aval méandre	5 000 €	22 000 €
Transfert-réinjection des matériaux	12 000 €	
Dévégétalisation	3 000 €	4 000 €
Surcruement bras en rive droite d'Aude	4 000 €	
Transfert-réinjection des matériaux	15 000 €	

2.1.5.7. Le chenal de l'ancien méandre des Soubranes

❖ Eléments généraux

L'ancien méandre des Pépieux n'est plus en eau depuis la fin des années 1950 ou le début des années 1960, ce qui n'est pas le cas du bras des Soubranes.

En effet, l'avalulsion aux Soubranes s'est produite entre 1992 et 2003 et le bras est partiellement en eau (en aval par Aude directement, plus en amont certainement par la nappe, et en amont il n'est pas en eau). Toutefois ce bras est fonctionnel pour certaines crues.

Ainsi l'on peut supposer que les matériaux des Soubranes présentent une granulométrie plus adaptée au transfert-injection en lit que ceux du bras des Pépieux. On pourrait donc se passer de la mise en œuvre d'un atelier mobile de criblage. Ce point restera toutefois à vérifier en phase travaux au moyen de sondages à la pelle.

Motivation des travaux

L'ancien méandre des Soubranes s'est déconnecté par avalulsion vers la fin des années 1990 (suite certainement à l'incision du lit) raccourcissant le tracé d'Aude. Toutefois la partie aval de ce bras est encore en eau au moins sur 260 m.

Il s'agit alors de retrouver par reconnexion forcée, un bras superposable au bras initial qui fonctionne de manière diachrone en se mettant en eau un peu avant la crue de plein bord.

La réouverture de ce bras diachrone permettra ainsi de décharger les eaux en crue dans ce bras, limitant la poussée érosive en aval et reconnectant une annexe fluviale importante.

De plus, des points bas existent dans cette zone ce qui pourrait ainsi favoriser l'émergence de mares temporaires bénéfiques à la biodiversité.

Encart méthodologique 13 : Motivation des travaux, bras des Soubranes

Consistance des travaux

Les travaux consisteront à :

- Défricher la zone correspondant aux futurs bras,
- Réaliser une piste d'accès en boudé permettant une circulation adaptées des engins de production et de transport,
- Ouvrir un bras de décharge superposable au chenal initial et des bras complémentaires
- Caler l'entrée du bras au moyen d'un petit ouvrage en enrochement (seuil d'entrée) permettant ainsi de régler le niveau du bras,
- Traiter également une structure alluvionnaire déconnectée en rive droite d'Aude,
- Réinjecter les matériaux issus des décaissements de bras.

Encart méthodologique 14 : Consistance des travaux, bras des Soubranes

Juin 2018

SO16-001/Dossier Autorisation Environnementale/Vers 04.1.0



HYDRETUDES



Figure 40 : accès au site par le chemin de Thou

NOTICE TRAVAUX BRAS DES SOUBRANES : MODE OPERATOIRE CONCERNANT LE BRAS DES SOUBRANES

L'objectif des travaux est de rouvrir le bras avec une largeur finale fond de lit de 16 m de large avec des berges pentées à 2/1. Dans les parties en eau on aménagera une goulotte de 8 m de large. On a donc conservé un chenal de 8m de large avec des risbermes de part et d'autre calées à 0,50 m au-dessus du niveau d'eau du LIDAR et faisant 4m sur chaque berge. Toutes les pentes (y compris entre chenal et risbermes sont pentées en 2/1. En complément un bras secondaire sera également rouvert en rive droite.

Dans le cadre de ces travaux il est prévu de décaisser de telle sorte que l'on puisse traiter de manière différentielle les déblais afin de les utiliser au mieux. En effet, certains matériaux seront réutilisés sur site tandis que d'autres pourront être exportés du site et réinjectés en lit pour effectuer de la recharge sédimentaire afin de contribuer à l'incision.

Ainsi 9 820 m³ de matériaux seront décaissés au total sur l'ensemble du bras sur une superficie de 19 730 m².

Ces matériaux de décaissement seront traités par criblage de la manière suivante :

- On crible 8 000 m³ avec séparation de fractions (fine versus grossière),
 - o La partie la plus grossière évaluée à environ 50% soit 4 000 m³ (éventuellement on pourra y adjoindre en complément jusqu'à 30% de fines) sera exportée et utilisée en sousbassement d'injection (cf. Figure 124) à proximité,
 - o Le résiduel (fines criblées) soit environ 4 000 m³ sera réutilisé sur site en façonnage des berges (cf. Figure 125),
- L'autre partie soit 1 820 m³ (mix grossiers/fines) sera utilisée brute et réinjectée en lit au-dessus de matériaux grossiers utilisés en sousbassement (cf. Figure 124).

Notice travaux 2 : mode opératoire de réalisation du bras des Soubranes

Ces éléments sont résumés dans le tableau ci-dessous qui met en avant la destination des matériaux issus du décaissement du bras des Soubranes :

Volume et destination des matériaux issus du terrassement du bras des Soubranes		
Type de matériaux	Volume	Devenir
Criblés fraction fine	4 000 m ³	Façonnage
Criblés fraction grossière	4 000 m ³	Injection (sousbassement)
Bruts	1 820 m ³	Injection (en berge)
Total matériaux tassés		9 820 m ³

Tableau 21 : volumes, traitements et destinations des matériaux de terrassement du bras des Soubranes

Juin 2018

SO16-001/Dossier Autorisation Environnementale/Vers 04.1.0



HYDRETUDES

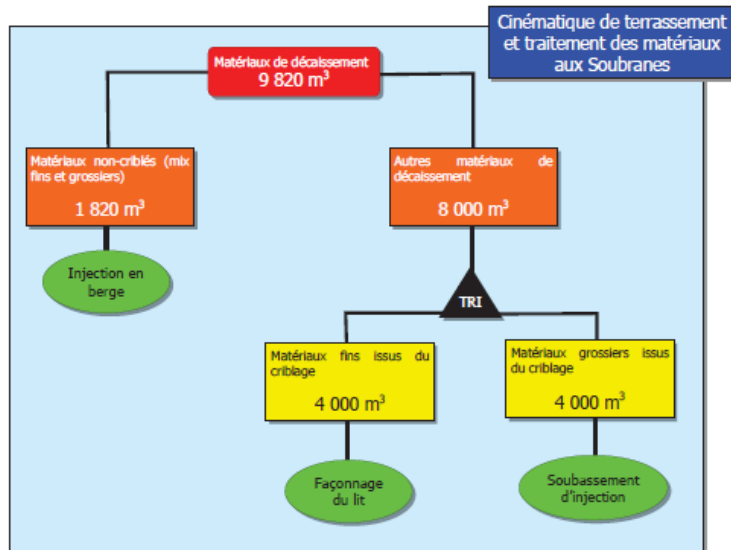


Figure 41 : cinématique de terrassement-traitement des matériaux du bras des Soubranes

❖ *Entretien du bras des Soubranes*

Le bras des Soubranes devra être contrôlé :

- au moins une fois tous les deux dans les intercrues avec éventuellement suppression de la végétation démarrante pour être maintenu fonctionnel,
- systématiquement en post-crue avec retrait des matériaux susceptibles de l'obstruer ou de diminuer sa performance hydraulique (embâcles, déchets...).

Fiche de synthèse travaux pour le méandre des Soubranes

Morphométrie du bras principal	
Nature	Résultat
Calage d'entrée cote en z [m]	
Largeur d'entonnement en entrée [m]	25 m
Longueur du bras [m]	190 m
Largeur du bras	16 m
Superficie du fond du bras [m ²]	11 000 m ²
Fruit des berges [h/v ; °]	2/1
Cote de sortie [m]	
Pente [%]	0,38 %

Travaux pour le méandre des Soubranes

Les travaux consisteront en préalable à défricher et défruter la zone de travaux, puis à rouvrir la partie du bras actuellement hors d'eau.

Un bras en aval, ainsi qu'un bras en rive droite seront également ouverts.

Les matériaux seront réinjectés dans le point d'injection n° 2.

Tableau 22 : morphométrie du bras principal des Soubranes

ANNEXE 5 : BRAS DES SOUBRANES				
Libellé de l'Article	Unité	Quantités	Prix Unitaire HT	Prix Total HT
Installation de petit chantier	u	1	5 000,00 €	5 000,00 €
Constat huissier	F	1	1 500,00 €	1 500,00 €
Elaboration PAQ	F	1	1 000,00 €	1 000,00 €
Dossier de recouvrement	F	1	2 000,00 €	2 000,00 €
Abattage-dessouchage	m ²	28 160	1,20 €	33 792,00 €
Création de piste	ml	300	36,00 €	10 800,00 €
Terrassement avec transfert et façonnage	m ²	4 000	6,50 €	26 000,00 €
Terrassement pour injection	m ²	2 840	12,00 €	34 080,00 €
Terrassement avec criblage pour injection	m ²	4 000	16,00 €	64 000,00 €
TOTAL HORS TAXE				178 172,00 €

Tableau 23 : Coût des travaux bras des Soubranes

Fiche de synthèse 7 : Travaux pour le méandre des Soubranes

❖ *Etat actuel (photographie)*

Les photographies ci-dessous montrent l'état actuel du bras des Soubranes.



Figure 42 : Vue de l'entrée amont du méandre des Soubranes (Aude est indiquée par une flèche rouge)

❖ *Détail des travaux*

La **dévégétalisation** (défrichement) consistera à :

- Préparer la gestion du chantier : préciser les zones à couper, estimer les cubages sur pied de bois, choisir le système d'exploitation (bois longs *versus* bois courts) et les moyens à mettre en œuvre (abattage, façonnage et traitement des rémanents, débardage, transport),
- Abattre la totalité des arbres présents dans l'emprise du futur bras diachrone, de la piste d'accès et de la zone de manœuvre des engins de production (pelles hydrauliques) et de transport (dumpers),
- Dessoucher les arbres, au moins dans les bras,
- Défruir les sous-produits d'abattage et de défrichement (grumes, billons, rémanents, souches...) et les stocker sur une place de reprise (sous-produits marchands pour la SEBSO) ou les exporter pour traitement (sous-produits non marchands). Eventuellement, les rémanents pourront être broyés sur place avec un broyeur adapté (type gros bouts ϕ 300 mm) à la condition qu'une autorisation expresse des propriétaires ait été obtenue pour laisser les broyats sur place. Les souches seront systématiquement évacuées et traitées réglementairement,
- Eventuellement remettre en état les zones dégradées par l'exploitation forestière.

La mise en œuvre des **zones d'exploitation du chantier** consistera à déterminer les zones de production, de tri, de stockage, de parage des engins et de vie ainsi que les accès reliant ces différentes zones, ainsi que les sens de circulation.

Les **travaux de terrassement** du bras *stricto sensu* consisteront à :

- Implanter topographiquement les bras (axes et nez de berge de RD et RG, calage des entrées et exutoires), avec vérification du maître d'œuvre
- Décaisser le bras, le mode opératoire particulier est décrit dans la notice travaux (cf. Notice travaux 2
- Cribler une partie des matériaux de décaissement au moyen d'un atelier de criblage mobile (cf. Figure 34), pour séparer la fraction fine (< 2 mm) et la fraction grossière (> 2 mm)
- Façonner les berges du bras en utilisant la fraction fine. Ces matériaux fins seront ainsi soit repris lors d'une crue et brassés avec le flux soit végétalisés si le temps entre la réalisation des travaux et la prochaine crue morphogène le permet
- Réaliser les injections de matériaux prévues en utilisant :
 - o Les matériaux grossiers issus du criblage en soubassement de glaciais (cf. Figure 124),
 - o Certains matériaux non traités ou matériaux en haut de glaciais (cf. Figure 124)
- Façonner le lit et les berges, intégrer dans les berges les matériaux fins qui pourront ainsi être repris en crue ou fixés en berge par végétalisation éventuelle
- Réaliser l'ouvrage de tête
- Transférer et réinjecter les matériaux en lit
- Finaliser la démarche avec l'effacement des accès, la topographie pour vérifier les calages altimétriques et réaliser le plan de recollement.