

Estimation de l'impact des variations de débits observés au niveau de la frayère de Moussoulens sur la reproduction des Aloses.



Vue globale de frayère de Moussoulens lors des relevés du 02/06/2022



FDAAPPMA 11 ; Septembre 2022

Table des matières

1. Contexte général des interventions :	3
2. Méthodologie technique :	4
2.1 Caractérisation des habitats aquatiques :	4
2.2 Organisation et conditions d'intervention :	5
3. Analyse hydrologique de l'Aude à Moussoulens :	7
3.1 Représentativité des débits mesurés : 5m³/s et 15 m³/s.	7
3.2 Analyse de l'activité de reproduction et des débits instantanés observés à Moussoulens en Juin 2021 et Juin 2022 :	8
4. Présentation des résultats :	9
4.1 Cartographie des substrats- supports de la station :	9
4.2 Cartographie des classes de hauteurs favorables à la reproduction de l'Alose à 15 et 5 m³/s :	11
4.3 Cartographie des classes de vitesses favorables à la reproduction de l'Alose à 15 et 5 m³/s :	12
4.4 Cartographie des pôles d'attractions et des zones d'exondation à 15 et 5 m³/s :	13
5 – Conclusions :	15
Synthèse des éléments bibliographiques :	17

1. Contexte général des interventions :

Le fort intérêt du bassin versant de l'Aude pour la conservation des populations d'Aloses de Méditerranée n'est aujourd'hui plus à démontrer. En effet, les analyses des résultats de la pêche depuis près de 24 ans, et plus récemment le suivi quantitatif de l'activité de reproduction (2020, 2021 et 2022) au niveau de la frayère de substitution de Moussoulens ont mis en évidence les enjeux considérables liés à ce cours d'eau.

La réalisation du suivi de l'activité de reproduction est issue d'une synergie partenariale impliquant les principaux acteurs de la gestion de cette espèce (PNR de la Narbonnaise, OFB 11, Association MRM et FDAAPPMA11). Au-delà des résultats encourageants qui positionnent le site de Moussoulens comme une des zones de reproduction les plus actives à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée, l'observation de phénomènes comparables à des éclusées pourrait être à l'origine de graves perturbations pour l'accomplissement du cycle biologique de l'espèce.

À ce titre, il est observé sur la saison 2021 un pic d'activité pour des valeurs de débits de 13.4 m³/s le 1^{er} Juin 2021 avant que les débits moyens journaliers ne chutent sur la première décade de ce même mois. Les observateurs notent aussi pendant le suivi des bulles de fortes variations parfois infra-horaires à l'origine d'arrêt d'activité des Aloses et d'exondations de larges plages notamment en aval de la frayère. La fin de l'activité de reproduction correspond à des températures supérieures à 25°C et des débits inférieurs à 2 m³/s aux environs de la Mi-Juin 2021.

La gestion quantitative de la ressource en eau est une problématique majeure sur le fleuve Aude. En effet, un déficit annuel de plusieurs millions de m³ a été diagnostiqué lors de la réalisation du Plan de Gestion de la Ressource en Eau porté le SMMAR en 2013. Même si de nombreux efforts ont été réalisés notamment de la part du monde agricole et de VNF, les observations réalisées durant l'été 2022 ont montré de fortes amplitudes sur la station du Moussoulens, point nodal du bassin versant. Sur ce secteur, la valeur du débit minimum biologique a été fixée à 4 m³/s. Ce chiffre constitue cependant un « minimum minimorum » pouvant être réévalué en fonction de l'amélioration des connaissances hydrologiques ou de la non atteinte du bon état écologique (Eaucéa, Novembre 2013).

À ce jour, l'instabilité hydraulique sur les périodes de faibles débits peut être expliquée par la présence à proximité de plusieurs points de prélèvements depuis les canaux de la Robine et Gailhousty (Navigation, Agriculture, STEP), et potentiellement des sources d'apports sous forme d'éclusées associées à la production d'hydroélectricité (lâchers énergétiques depuis Nentilla et microcentrales hydroélectriques locales) et aux contributions du canal du Midi. L'étude du SMMAR visant à définir le domaine d'influence des éclusées identifie de manière précise le phénomène et sa complexité depuis l'amont jusqu'au site de Moussoulens. (Etude d'évaluation et de réduction de l'impact des éclusées sur les milieux et les usages, eaucéa et FDAAPPMA11 ; Mars 2022).

En fonction des constats réalisés, la question de la réelle efficacité de la frayère de Moussoulens et de sa contribution à la reconstitution des stocks de population peut désormais être évoquée. C'est à ce titre que la fédération départementale de pêche de l'Aude a proposé en comité technique la mise en œuvre d'une description qualitative du compartiment physique de la frayère de Moussoulens sur plusieurs gammes de débits.

La présente étude a donc pour objectif de mettre en perspective en termes de période de retour le régime hydrologique observé en Juin 2021. Les variations d'attractivité de la frayère et les surfaces exondées seront aussi évaluées. Les éléments mis en évidence serviront de base argumentaire auprès des gestionnaires de la ressource en eau et pourront être exposés lors d'instances de concertations comme les Comités de Gestion de l'eau.

2. Méthodologie technique :

2.1 Caractérisation des habitats aquatiques :

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.

Pour les besoins spécifiques de cette étude, les intervalles de classes significatives de types de granulométries, de hauteurs d'eau et de vitesses de courant ont été adaptées aux exigences de l'Alose de Méditerranée. La notation des paramètres élémentaires s'est ainsi basée sur les critères utilisés en 2022 par l'association MRM dans le cadre de l'estimation des habitats potentiels favorables à la reproduction de l'Alose.

Notation des paramètres de vitesse, profondeur et granulométrie (Marty 2014 adapté par MRM en 2022)

	Valeurs			
	0	1	2	3
Vitesses (m/s)	< 0,6 ou > 1,2	[0,6 ; 1,2]		
Profondeur (m)	< 0,8 ou > 1,2	[0,8 ; 1,2]		
Granulométrie (Ø en mm)	Cailloux grossiers (32 à 64 mm) et pierres fines (64 à 128 mm)			
Note Finale	0	1	2	3
Degré d'intérêt	Sans intérêt	Peu intéressant	Intéressant	Très intéressant

Concernant spécifiquement la hiérarchisation globale des substrats/supports, la grille de détermination du protocole IAM basée sur la taille des anfractuosités a été appliquée.

Le tableau ci-dessous retranscrit les types de substrats associés à la granulométrie (Téléos, 2002) :

Type de substrat	Description	Indice d'attractivité IAM
Dalle (DAL)	Substrat dur horizontal ou vertical n'offrant aucun abri et peu ou pas de ressources alimentaires	1
Eléments Fins (FIN)	Minéral ou Organique granulométrie inférieure à 2 mm, substrat n'offrant aucun abri	4
Sable (SAB)	Diamètres 0.2 à 2 mm	8
Graviers (GRA)	Diamètres 2 à 20 mm : anfractuosités d'ordre millimétrique	20
Graviers et Galets (GGR)	Diamètres 2 à 200 mm : anfractuosités variable d'ordre millimétrique et centimétrique	25
Blocs sans anfractuosités	Diamètres supérieurs à 200 mm ; Blocs posés sur le sable ou dégagés par l'érosion.	30
Galets (GAL)	Diamètres 20 à 200 mm : anfractuosités d'ordre centimétrique	50
Blocs (BLO)	Diamètres supérieurs à 200 mm offrant des caches importantes d'ordre centimétrique ou métrique.	60

Les classes granulométriques potentiellement favorables pour la reproduction de l'Alose se concentrent principalement dans les typologies des Galets (GAL), et de façon plus ténue dans les mélanges Graviers / Galets (GGR).

2.2 Organisation et conditions d'intervention :

Cette étude a pour objectif l'analyse de l'attractivité de la frayère pour l'Alose et l'estimation de l'aléa exondation de frayère en fonction des variations de débits observées au niveau de la station hydrologique de Moussoulens.

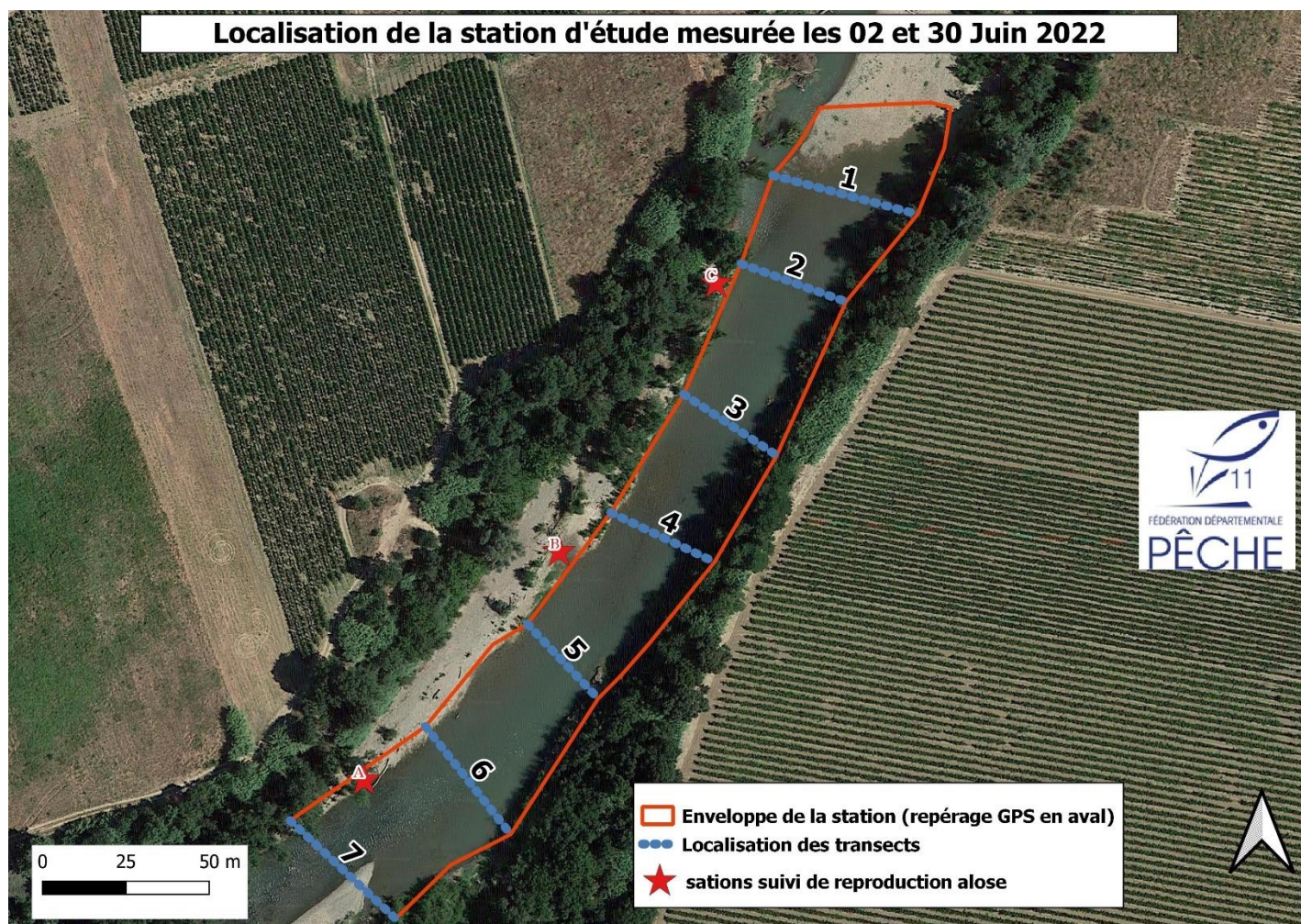
Les campagnes précédentes de suivi de la reproduction ont démontré que le mois de **Juin était particulièrement propice aux fortes fluctuations journalières et aux effondrements des débits**. Ainsi, les relevés devaient prendre en compte deux gammes de débits représentatifs du mois de Juin, **l'une proche de l'optimum de reproduction observé en Juin 2021 (13.5m³/s) et l'autre proche du débit minimum biologique calculé pour la station de l'Aude à Moussan (4 m³/s)**.

Les mesures relevées ont été réalisées les **02/06/2021 et 30/06/2022** (avant l'activation de la convention de Matemale) pour des **débits mesurés respectivement à 15m³/s et 5 m³/s** à la station hydrologique de Moussoulens. Les conditions hydrologiques du 02/06/2022 ne garantissant pas la sécurité des opérateurs, les mesures des transects 4, 5, 6 et 7 n'ont pas pu être réalisées sur toute la largeur. Pour ces gammes de débits les mesures ont donc fait l'objet d'extrapolation sur la base du segment réalisé et des mesures effectuées le 30/06/2022.

Comme la plupart des méthodes d'analyse de l'habitat, **ce protocole est basé sur une description en 2 dimensions des trois composantes fondamentales de l'habitat aquatique (Vitesse / hauteur/ substrat)**. **L'intersection des trois composantes permet de définir l'attrait potentiel des secteurs** en fonction des niveaux d'intérêt pour la reproduction de l'Alose de Méditerranée.

La station d'étude a été ajustée en fonction des observations réalisées lors des suivis de la reproduction des Aloses, et **permettre la prise en compte de l'ensemble des zones d'activités (stations A, B et C)**. Cette dernière a été divisée en **sept transects positionnés de manière à encadrer le plus finement possible les ruptures de pente et les variations de profondeur de chaque faciès**. Elle s'étend sur 181 mètres de longueur.

Sur chaque transect, **une identification du substrat, des mesures de vitesse et de hauteurs d'eau** ont été réalisées à chaque variation significative d'un de ces paramètres ou à défaut chaque 2 mètres. En complément, une cartographie de la station est réalisée avec un marquage par points GPS afin de limiter les extrapolations inter-transects.

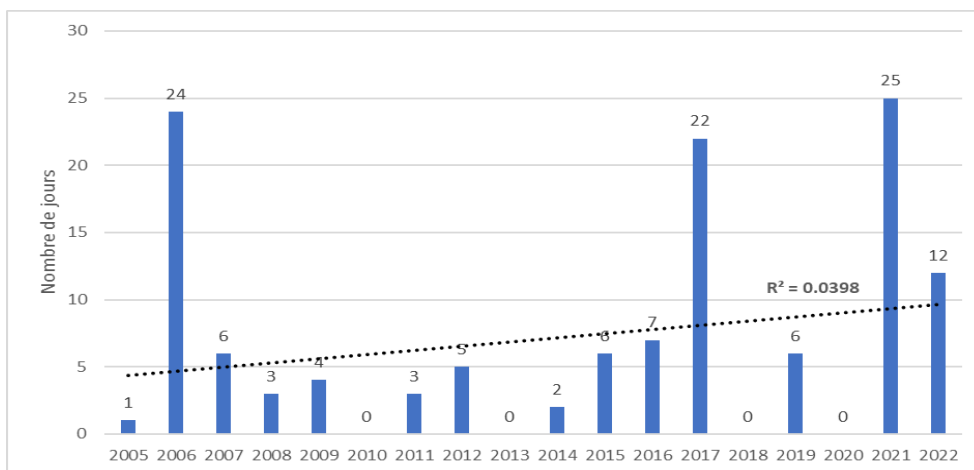


3. Analyse hydrologique de l'Aude à Moussoulens :

3.1 Représentativité des débits mesurés : 5m³/s et 15 m³/s.

Pour les besoins de l'étude, il est nécessaire de remettre le contexte hydrologique de la station Y161 2020 de l'Aude à Moussoulens les débits mesurés. De cette façon, une analyse statistique de l'hydrologie des mois de Juin sur l'intervalle 2005 / 2022 a été mis en œuvre au travers de la base de données associée au site <https://www.hydro.eaufrance.fr>.

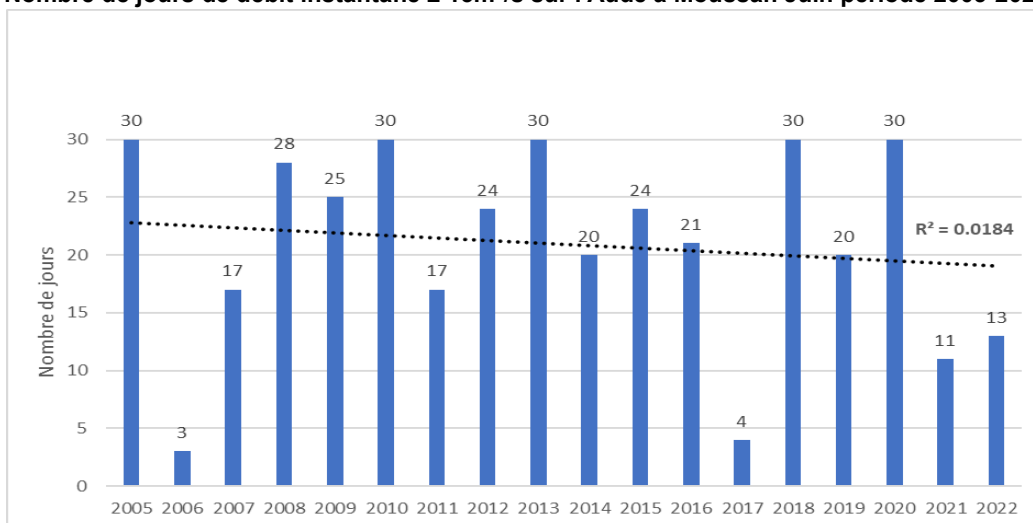
Nombre de jours de débit instantané $\leq 5\text{m}^3/\text{s}$ sur l'Aude à Moussoulens Juin période 2005-2022



Entre les années 2005 et 2022, **le débit instantané minimal journalier de l'Aude à Moussoulens (station hydrométrique Y161 2020) sur les mois de juin varie fortement.** En effet, certaines années (2010, 2013, 2018, 2020) il n'y a eu aucun jour où le débit instantané minimal n'a été inférieur à 5m³/s. À l'inverse, certaines années (2006, 2017, 2021) cette valeur est inférieure à cette limite une vingtaine de jours durant le mois. Ainsi, sur ces 18 dernières années, 126 jours des mois de juin ont vu **le débit instantané minimal journalier de l'Aude à Moussoulens être inférieur à 5m³/s, ce qui représente environ 23% de la chronique temporelle.**

Il est aussi possible de constater que, malgré la faiblesse de la série statistique, une tendance assez nette à **l'augmentation des occurrences de débits faibles ($\leq 5\text{m}^3/\text{s}$) est perceptible sur la dernière décennie.**

Nombre de jours de débit instantané $\geq 15\text{m}^3/\text{s}$ sur l'Aude à Moussoulens Juin période 2005-2022



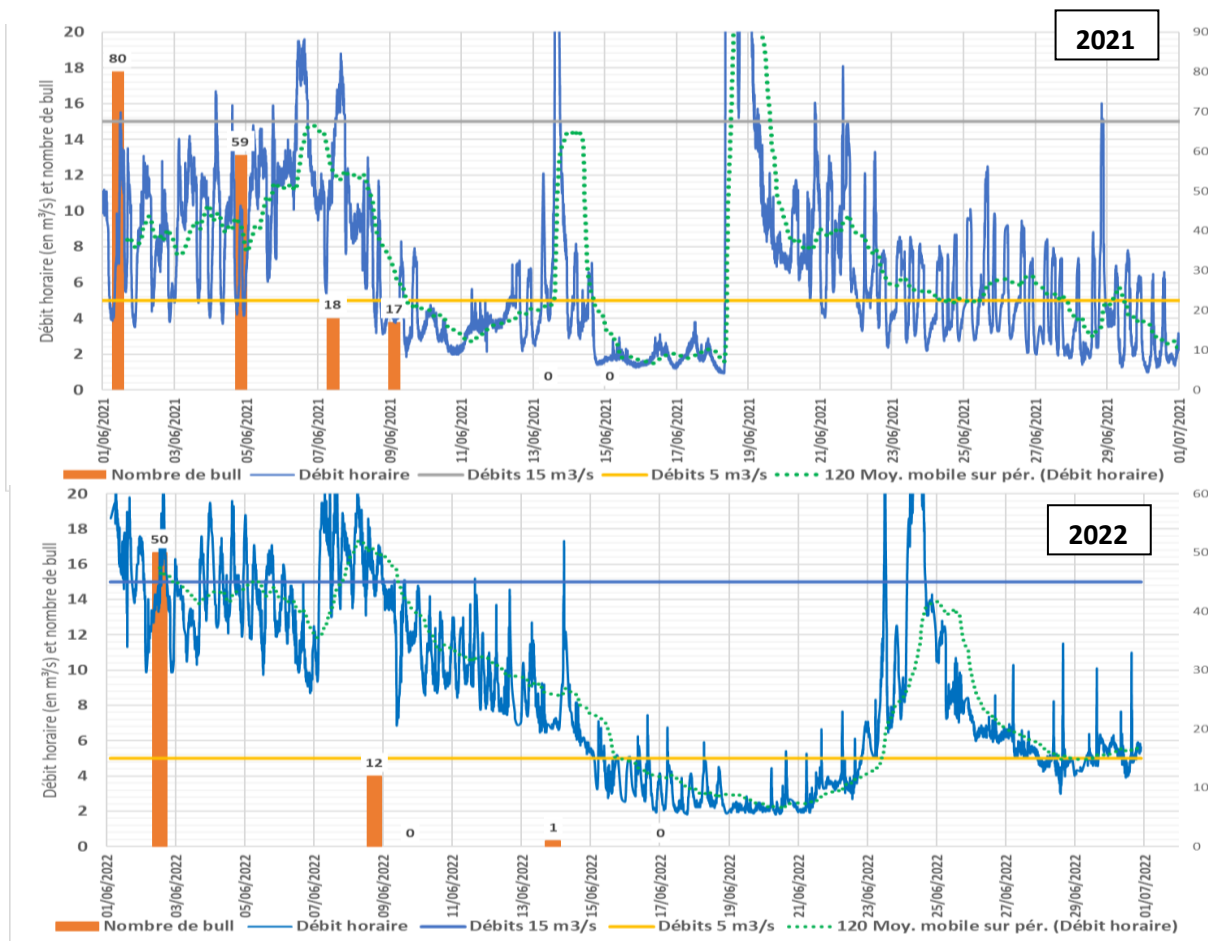
Pour ce qui est du **débit instantané maximal journalier de l'Aude à Moussan sur les mois de juin entre les années 2005 et 2022, ce dernier varie également fortement**. En effet, certaines années, le nombre de jour où le débit instantané maximal a été supérieur à 15m³/s est assez faible (2006, 2017). À l'inverse, certaines années (2005, 2010, 2013, 2018, 2020) cette valeur est supérieure à cette limite sur l'intégralité du mois. Ainsi, sur ces 18 dernières années, il y a eu 377 jours des mois de juin ont vu le **débit instantané maximal journalier de l'Aude à Moussan être supérieur à 15m³/s ce qui représente environ 70% de la chronique temporelle**.

Concernant cette gamme de débit, la tendance n'est pas aussi franche que pour la précédente même si **une baisse des occurrences semble se dessiner**.

3.2 Analyse de l'activité de reproduction et des débits instantanés observés à Moussoulens en Juin 2021 et Juin 2022 :

Les seuls débits ne sauraient constituer l'unique facteur environnemental influençant l'activité de reproduction chez l'Alose de Méditerrané. Néanmoins, il correspond à **un paramètre central autour duquel s'articule l'ensemble des métriques mesurées (Hauteur / Vitesse / Substrat et colmatage)** à l'occasion de cette étude. Nous noterons par ailleurs les liens ténus associés au couple débit/température avec notamment un accroissement de l'inertie thermique associé à l'augmentation des volumes.

Débits horaires de l'Aude à Moussan et nombre de bulls observés par nuit sur la période du 01 Juin au 30 juin 2021 et 2022



Les régimes de débits se distinguent notamment du fait l'hydrologie plus clémente observée sur la première décade de Juin 2022. **La reproduction a ainsi été impactée plus tôt en 2021 et potentiellement plus fortement avec de fortes variations infrajournalières (environ 13 m³/s au maximum) lors du pic d'activité**

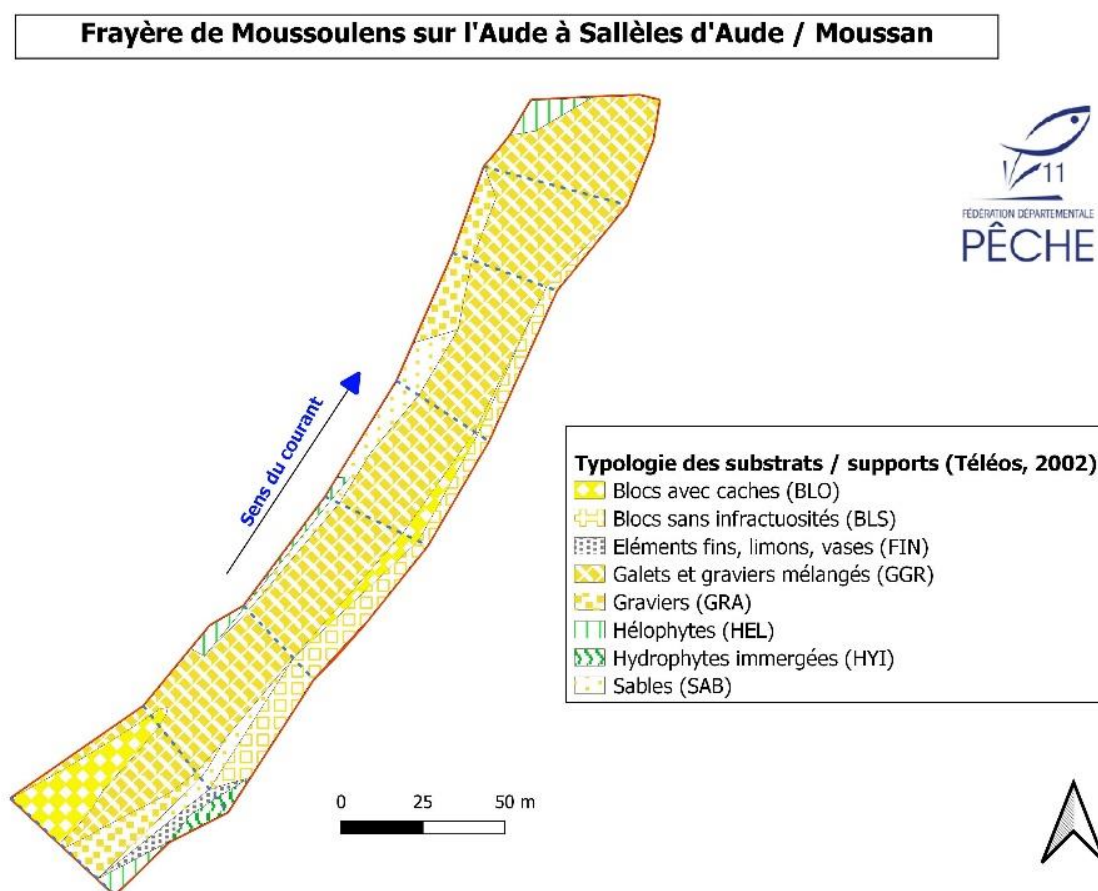
du 01 au 10 Juin. Sur cette période, les valeurs seuils de 5 et 15 m³/s ont été dépassées ou approchées de manière quasi journalière avec une moyenne quotidienne fixée autour de 8 à 12 m³/s.

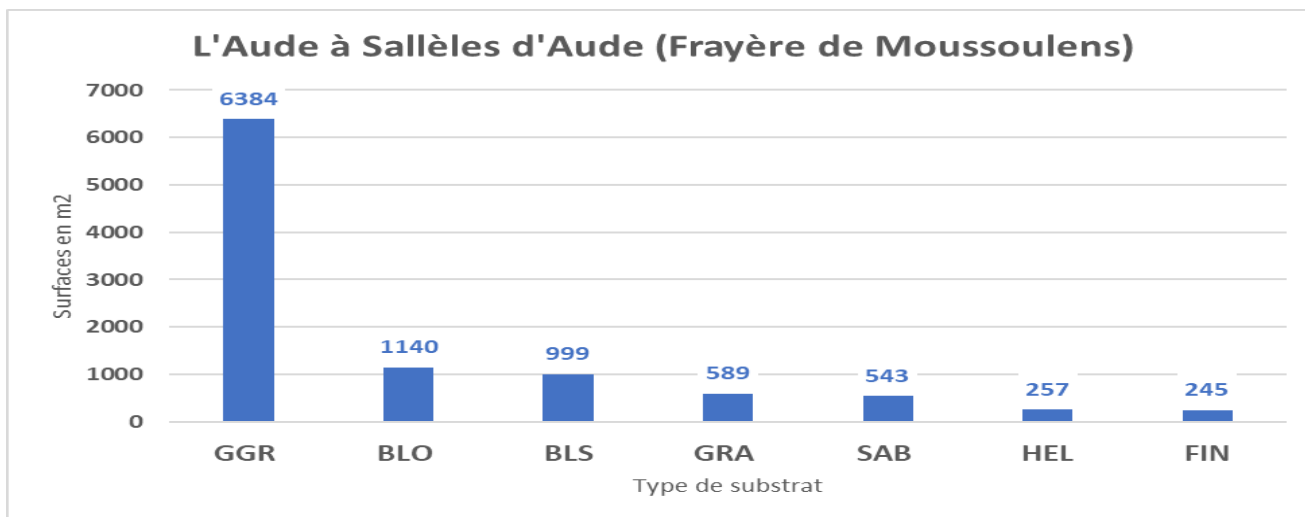
Sur la même période, **Juin 2022 connaît des variations journalières maximales du même ordre (13.5 m³/s observé le 02/06/2022) mais sur des moyennes quotidiennes plus élevées** (autour de 15 m³/s). Le seuil inférieur de 5 m³/s n'est ainsi atteint que le 15/06/2022.

En dépit de ces différences, la comparaison met aussi en évidence plusieurs faisceaux d'éléments communs. En effet, **dans les deux cas l'activité de reproduction semble prendre fin à partir du moment où les moyennes journalières glissantes passent en dessous du seuil des 5 m³/s. Ce constat peut aussi être transposé à l'atteinte du minima instantané de 2 m³/s.**

4. Présentation des résultats :

4.1 Cartographie des substrats- supports de la station :





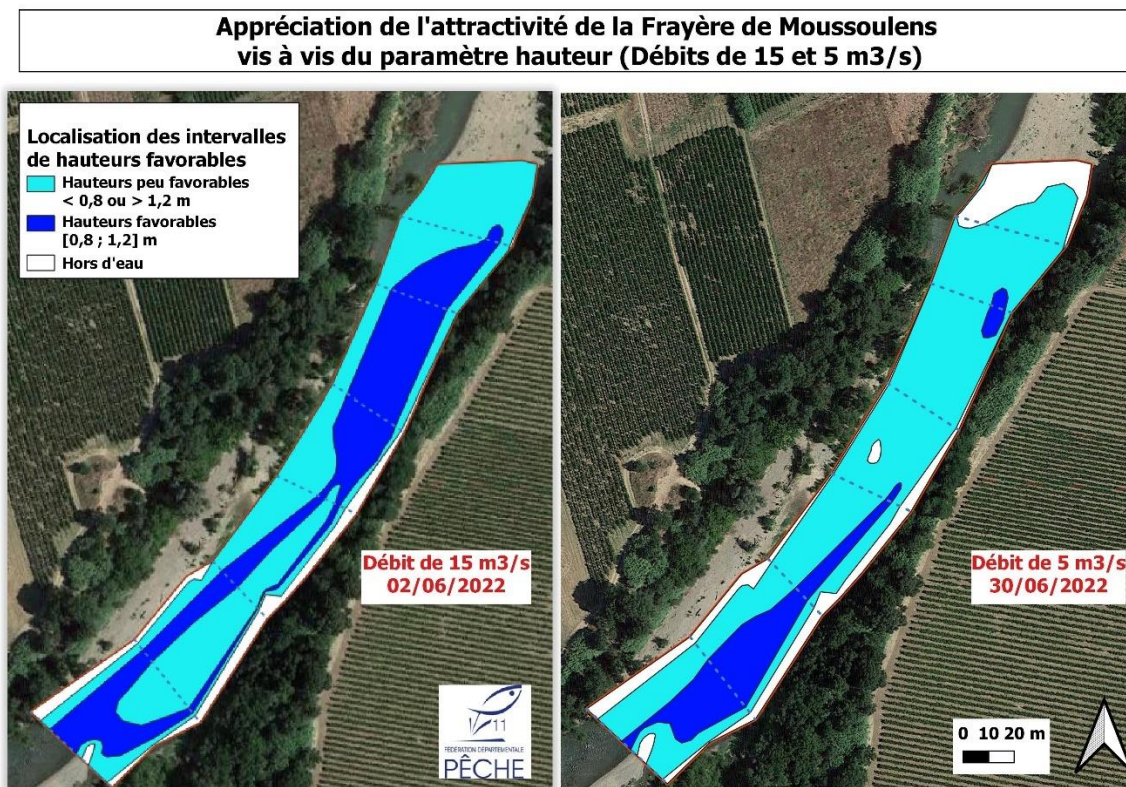
La station est largement dominée par le type « Graviers et Galets mélangés ». Ce substrat peut être considéré comme **favorable pour la reproduction de l’Alose bien que non optimal**. En effet, la taille des anfractuosités induites peut localement s’avérer insuffisante pour permettre une insertion correcte des œufs dans les interstices. Cette classe couvre une grande partie du chenal de la station de l’amont vers l’aval.

En outre, l’atterrissement présent en aval de la station matérialise la zone de dissipation de l’énergie cinétique de l’eau induisant un dépôt des matériaux alluvionnaires.

La taille moyenne de la granulométrie tend à augmenter au niveau de la tête de radier en lien avec l’accroissement des vitesses d’écoulement sur cette section. Néanmoins, cette dernière apparaît trop grossière (\varnothing supérieur à 200 mm) pour constituer un substrat favorable.

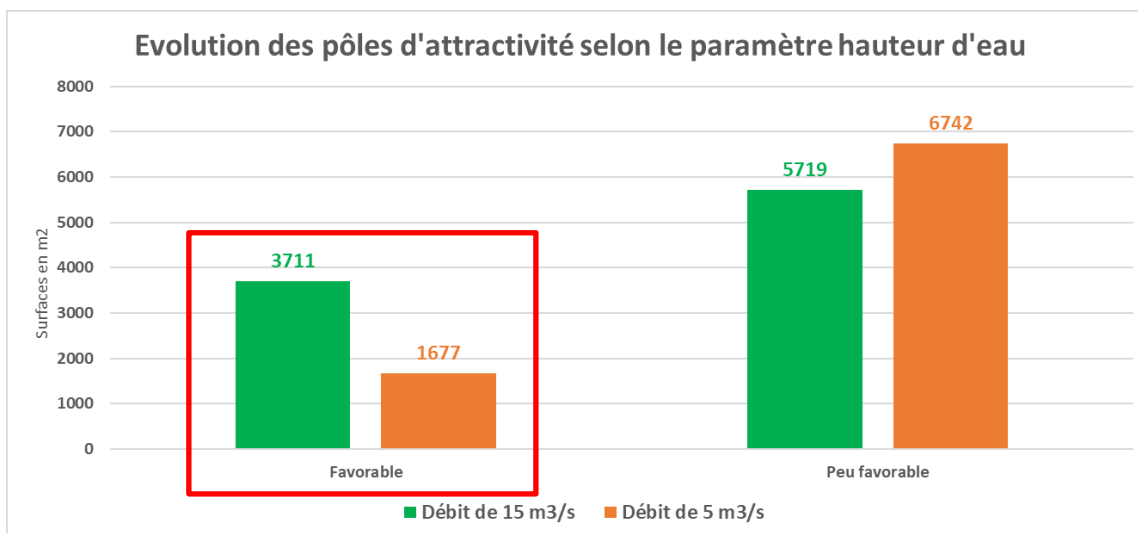
Au niveau des berges, les fractions granulométriques tendent à s’affiner avec des dominances de Graviers, de Sables et de Matériaux fins (limons, localement accumulation de Matière Organique). Ces substrats favorisent localement la colonisation par la végétation aquatique (Potamots et Elodées) notamment en rive droite. **Ces secteurs sont considérés comme particulièrement défavorables pour la reproduction de l’Alose.**

4.2 Cartographie des classes de hauteurs favorables à la reproduction de l'Alose à 15 et 5 m³/s :



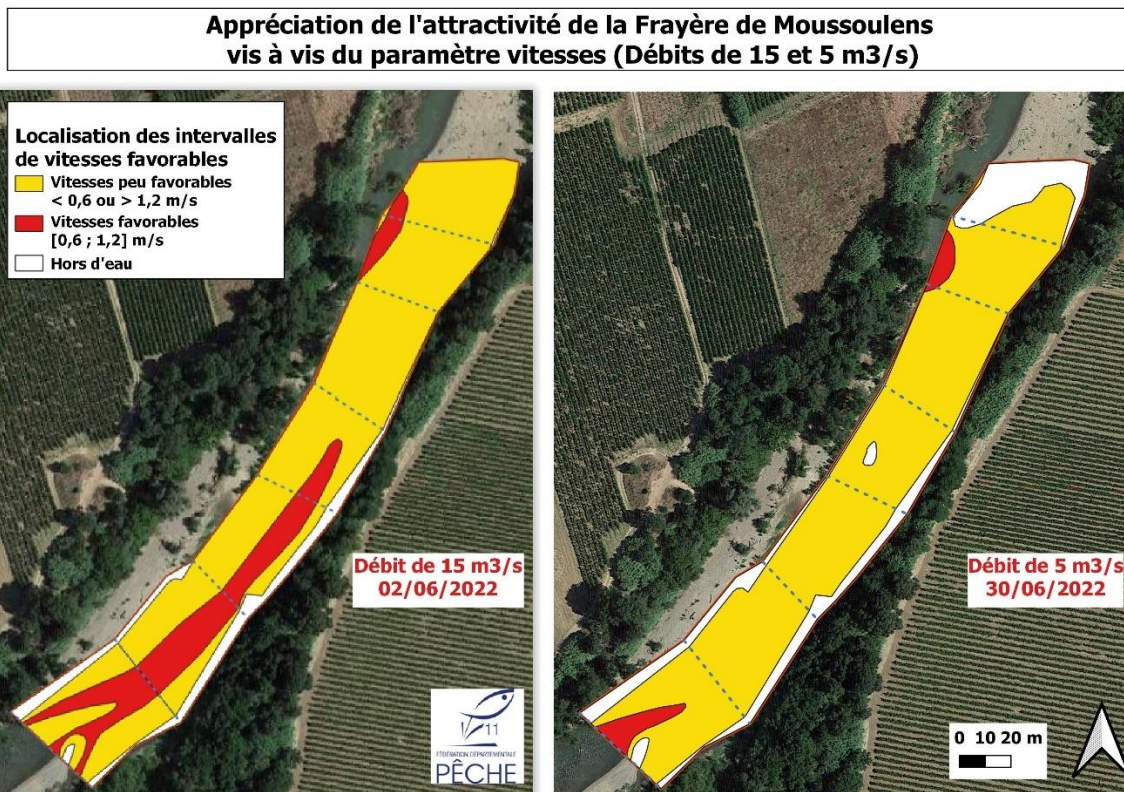
La distribution des hauteurs favorables sur la frayère tend à sensiblement se modifier en fonction des débits. **Pour un débit de 15 m³/s, les hauteurs d'eau supérieures à 0.8 m occupent une large zone du chenal de l'amont vers l'aval de la frayère.** Néanmoins, le seuil des 1.2 m de profondeur est largement dépassé sur la partie centrale de la station à proximité du remous hydraulique présent en rive droite.

Pour un débit de 5 m³/s, le remous hydraulique constitue le principal pôle d'attraction vis-à-vis des hauteurs d'eau. Ainsi, les profondeurs ne deviennent favorables que très localement en rive droite sur la partie aval de la station. Enfin, **de larges zones d'exondations apparaissent en aval de la frayère et plus localement en partie centrale.**



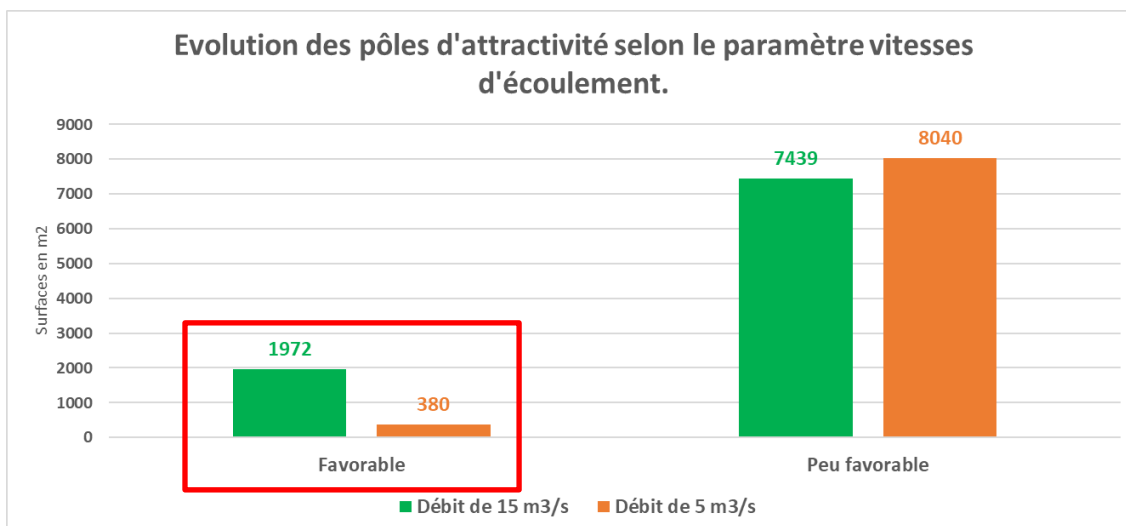
L'analyse comparative met en évidence une division par 2 des surfaces potentiellement favorables pour la reproduction de l'Alose de Méditerranée entre le débit 15 et le débit 5 m³/s.

4.3 Cartographie des classes de vitesses favorables à la reproduction de l'Alose à 15 et 5 m³/s :



Les modifications de la distribution des vitesses favorables apparaissent aussi distinctement selon les débits mesurés. **Pour un débit de 15 m³/s, les valeurs supérieures à 0,6 m/s s'étendent sur une vaste surface du chenal depuis l'amont jusqu'à la partie centrale de la frayère.** Il reste cependant à noter que le radier amont induit des vitesses mesurées largement supérieures au seuil supérieur de l'intervalle de référence pour l'Alose de Méditerranée (1.6 m/s mesuré). Sur la partie aval de la station, les vitesses ne deviennent favorables qu'au droit de l'étranglement hydraulique associé à l'atterrissement précédemment décrit.

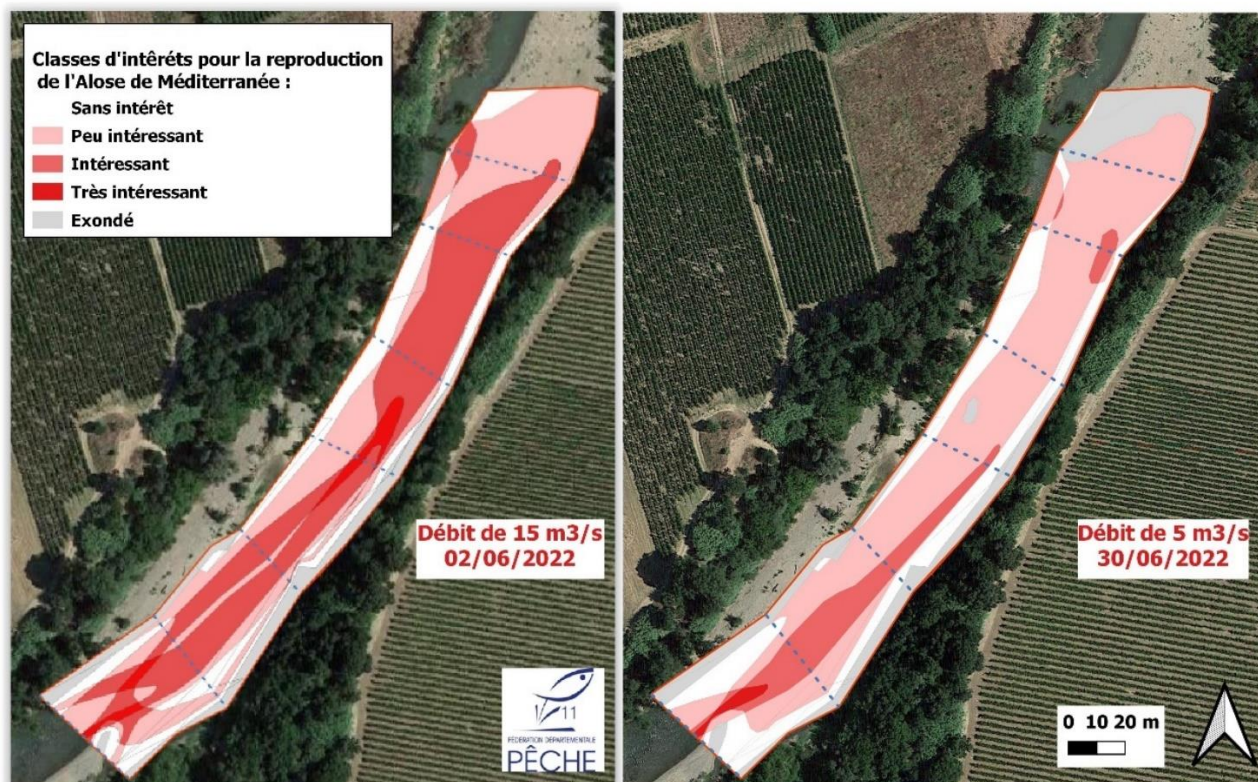
Pour un débit de 5 m³/s, seuls les zones d'accélération liées aux radiers amonts et aval apparaissent favorables.



Les surfaces présentant des vitesses favorables pour la reproduction de l'Alose de Méditerranée sont divisées par 5 entre le débit 15 et le débit 5 m³/s.

4.4 Cartographie des pôles d'attractions et des zones d'exondation à 15 et 5 m³/s :

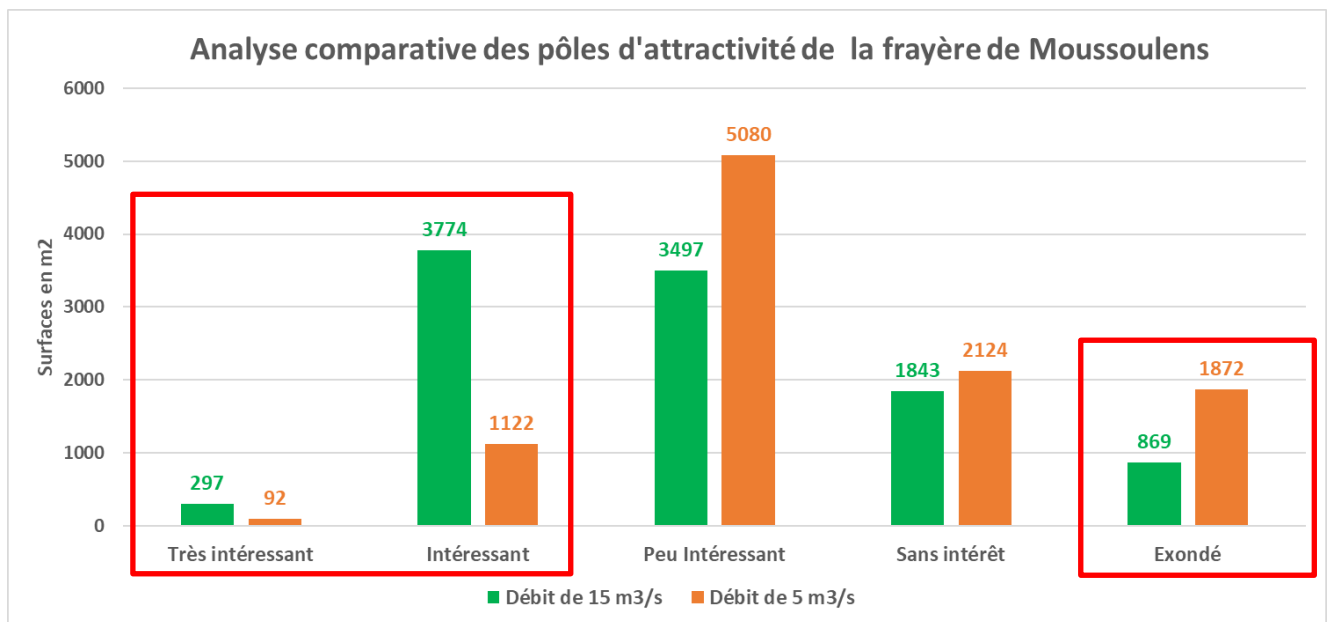
Appréciation de l'attractivité de la Frayère de Moussoulens vis à vis de l'Alose de Méditerranée (Débits de 15 et 5 m³/s)



L'analyse cartographique effectuée sur la base de l'interception des composantes fondamentales Vitesses / Hauteurs / Substrat met en évidence **une bonne corrélation entre les zones identifiées comme les plus intéressantes pour la reproduction et les observations de bulls sur la valeur de 15 m³/s**. À ce titre, les stations d'écoutes A et B situées en amont de la frayère apparaissent globalement plus attractives que la partie aval (station C) du fait notamment du paramètre des vitesses.

Pour un débit de 5 m³/s, les surfaces potentiellement favorables sont fortement réduites et se concentrent quasi exclusivement au niveau du radier amont.

Par ailleurs, **deux zones d'exondation potentiellement impactantes apparaissent à hauteur de l'atterrissement aval (station C) et sur la partie centrale de la station (station B).**



L'examen des variations de valeurs de surfaces des pôles d'attractivité de la frayère en fonction des débits confirme l'importante baisse d'intérêt de la frayère pour un débit de 5 m³/s. **Les surfaces qualifiées d'intéressantes à très intéressantes sont divisées par 3.**

Les surfaces totalement exondées augmentent d'environ 1000 m². Ces dernières sont surtout localisées au niveau de l'atterrissement aval (environ 750 m²). Néanmoins, une seconde zone d'environ 35 m² se distingue du fait de sa situation en périphérie immédiate d'une zone d'activité de reproduction soutenue. **Cet élément s'accompagne de la baisse substantielle des valeurs de vitesses en périphérie de l'îlot favorisant ainsi le colmatage par les fines.**

En conclusion, le lien entre **la baisse d'attractivité de la frayère de Moussoulens et la diminution du niveau des débits est avéré.** Le paramètre vitesses peut être considéré comme le plus discriminant de cette analyse tri paramétrique.

5 – Conclusions :

Bien que non optimale, la frayère de substitution située en aval du seuil de Moussoulens sur le fleuve Aude peut être considérée à ce jour comme un site majeur pour la conservation de l'espèce Alose de Méditerranée (*Alosa Agone*).

Les récentes observations réalisées lors des suivis de l'activité de reproduction ont pu mettre en évidence d'importantes perturbations de l'activité en lien avec les fluctuations de débits observés sur site.

L'analyse des données statistiques issues des mesures de la station hydrologique de l'Aude à Moussan (écluse de Moussoulens) permet de constater une grande variabilité de la récurrence des bas débits instantanés au seuil de 5 m³/s sur les 17 dernières années. Néanmoins, l'occurrence de ce type de phénomène semble augmenter au niveau de la dernière décennie. Cette chronique de données permet de replacer les observations effectuées dans un contexte hydrologique plus général. Ainsi, les mois de Juin 2021 et 2022 apparaissent comme des années plutôt sèches à très sèches (occurrence de 25 jours en 2021). À contrario, le mois de Juin 2020 bénéficie d'une hydrologie bien plus favorable.

L'examen détaillé des effets des variations du débit sur l'activité de reproduction permet de distinguer un impact potentiellement plus important en Juin 2021 en lien avec des niveaux plus bas sur la première décade de ce mois. Néanmoins, la comparaison fait ressortir des analogies sur les deux années avec un arrêt de l'activité de reproduction à partir de l'atteinte des moyennes journalières glissantes au niveau 5 m³/s et un débit minimum instantané de 2 m³/s.

Le débit au niveau de la frayère de Moussoulens apparaît ainsi comme le paramètre central autour duquel se dessine les contours finaux de la période de reproduction des Aloses de Méditerranée.

Les niveaux d'attractivité de la frayère de Moussoulens pour des débits de 5 et 15 m³/s évoluent significativement. En effet, la perte d'intérêt vis-à-vis des exigences propres à l'espèce est évaluée à une division supérieure à 3. Ainsi, pour un débit de 5 m³/s, les secteurs potentiellement attractifs se limitent au seul radier amont qui ne présente globalement pas une granulométrie optimale (type blocs dominant).

Le paramètre le plus pénalisant de cette analyse triptyque semble correspondre aux vitesses d'écoulements dont les niveaux chutent sur la partie centrale de la frayère.

Cependant, cette métrique peut aussi avoir d'importantes conséquences sur le colmatage du substrat par les fines. Effectivement, l'Aude en aval du barrage de Moussoulens présente une forte turbidité du fait notamment des apports en matière en suspension issus du canal de Jonction. La dégradation de la qualité du substrat par colmatage n'a pas été pris en compte dans la présente analyse car difficilement mesurable en conditions de « hautes eaux ».

Les mesures de surfaces exondées font apparaître une mise hors d'eau totale d'environ 1000 m² entre les deux débits. L'essentiel des secteurs concernés se localisent au niveau des atterrissements aval et central de la frayère. Le phénomène d'exondation des œufs reste difficilement quantifiable du fait de l'influence de nombreux facteurs (temps d'incubation, taux d'entraînement et de dérive des œufs). Néanmoins, les probabilités de conjoncture apparaissent d'autant plus forte que le site d'exondation est proche des zones actives de reproduction. À ce titre, l'assèchement observé en partie centrale pourrait être préférentiellement affecté.

Pour finir, les impacts associés aux fluctuations de débits peuvent d'une part être directs du fait des perturbations ou même de l'interruption de l'activité reproductive sur la frayère. D'autre part, ils peuvent s'avérer indirects du fait des exondations (variation des hauteurs d'eau) et / ou de l'asphyxie des œufs en phase d'incubation par colmatage (diminution des vitesses d'écoulement). Ces éléments peuvent ainsi être de nature à remettre en cause à minima une partie du recrutement en juvénile à hauteur de la frayère de Moussoulens.

En sa qualité de site de reproduction majeur à l'échelle du bassin versant RMC et des forts enjeux conservatoires liés à l'Alose de Méditerranée, il apparaît aujourd'hui nécessaire que la gestion de la ressource en eau de demain prenne en considération l'évolution climatique dont les tendances sur l'hydrologie ont été mises en évidence dans ce rapport. Ainsi, l'adoption d'une gestion plus fine et précautionneuse des ressources doit conduire à des variations moins fortes qu'elles ne le sont constatées actuellement.

Par ailleurs, si la frayère de Moussoulens n'est qu'une frayère de substitution notamment vis-à-vis de sa situation en aval d'un seuil difficilement franchissable pour l'espèce, il semblerait que la question de la continuité écologique prenne tout son sens dans cette démonstration. L'accès à des frayères dont la granulométrie, les profondeurs et les vitesses seraient moins contraignantes semble donc une mesure nécessaire à la préservation de l'espèce sur le fleuve.

Pour conclure, la régulation des débits pour tendre vers une stabilité hydraulique serait une nécessité pour l'intégralité du fleuve Aude, en particulier pour l'espèce Alosa Agone et l'accès à de nouvelles frayères devrait permettre à l'espèce de compenser la perte en habitat favorable sur un site de substitution tel que celui de Moussoulens.

Synthèse des éléments bibliographiques :

- AUDRAN M., ALIX F., RIVOALLAN D., CAMPTON P., 2022. Suivi de la production des aloses (*Alosa agone*) sur la frayère de Moussoulens sur l'Aude. Campagne 2022. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 20p
- DEGIORGI F., MORILLAS N. et GRANDMOTTET J. P., CSP 1994, TELEOS 2002, Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station : l'IAM, 7 p.
- EAUCEA, Gestion quantitative de la ressource en eau du bassin versant de l'Aude, étude de détermination des volumes prélevables, phase 4 ; Novembre 2013 ; 170 p.
- EAUCEA, FDAAPPMA11, Etude d'évaluation et de réduction de l'impact des éclusées sur les milieux et les usages, phases 2 ; Mars 2022 ; 211 p.
- ECOGEA, P. BARAN; 2018; Risques éco-morphologiques associés au fonctionnement par éclusée – 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).
- KEITH P., PERSAT H., FEUNTEUN E., DENYS G., POULET N., CHANGEUX T. 2020. Les poissons d'eau douce de France, 703 p
- Mutel, M., Alison, T., Campton, P., 2017. Actualisation des connaissances sur les habitats favorables à la reproduction de l'Alose sur le bassin Rhône-Méditerranée – Campagne d'études 2017. Association Migrateurs Rhône Méditerranée – 21 p + Annexes
- Mutel, M., Campton, P., Lebel, I., 2017. Actualisation des connaissances sur les habitats favorables à la reproduction de l'Alose sur le bassin Rhône-Méditerranée – Campagne d'études 2016. Association Migrateurs Rhône Méditerranée – 29 p + Annexes
- 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 approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichthyologique.

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station : l'IAM