



72 rue Riquet – Bat A

31000 Toulouse

Tél : 05 61 62 50 68

Débit biologique « hors période de basses eaux » sur le bassin de la Seudre

Stations de :

Corme-Ecluse

Saint André de Lidon

LOT 1

**Tranche
optionnelle 1.2**

VERSION

Juin 2021



Sommaire

1	Objectifs poursuivis.....	6
2	Biologie du brochet aquitain (<i>Esox aquitanicus</i>) : enjeu important des débits biologiques de hautes eaux.....	8
2.1	Cycle biologique du brochet	8
2.2	En résumé.....	10
3	Choix des stations de débits biologiques hautes eaux.....	12
3.1	Les sites favorables à la fraie	12
3.2	Rappel des stations d'études Débit Objectif d'Etiage Seudre (source étude méthodologique)	13
3.3	Stations de Saint André de Lidon : deux stations.....	13
3.4	La Seudre à Corme-Ecluse (station de Riolet)	16
4	Méthodologie pour le calcul du débit biologique « frayère à brochet »	19
5	Modélisation hydraulique eaucéa : principes.....	20
6	Simulations hydrauliques et résultats	23
6.1	Secteur de Saint André de Lidon.....	23
6.1.1	Validation du modèle de débordement.....	23
6.1.2	Approche dynamique de l'événement à Saint André.....	26
6.1.3	Synthèse.....	29
6.2	Secteur de Corme Ecluse	30
7	Cartographie des conditions hydrauliques.....	31
7.1	Saint André : Station amont et aval	31
7.2	Station de Corme Ecluse	32
8	Analyses hydrologiques.....	34
8.1.1	Station de Saint-André	36
8.1.2	Station de Corme-Ecluse	38
9	Conclusion et fixation d'un débit biologique « hiver ».....	40
9.1	Débits planchers hydrauliques sans aménagement spécifique	40

9.2	Débits planchers hydrologiques pour des aménagements spécifiques	41
9.3	Débit biologique « hiver » résultant	42
9.3.1	<i>Proposition</i>	42
9.3.2	<i>Rapprochement des situations favorables et de la piézométrie</i>	43

Table des illustrations

Figure 1 : 6	
Figure 2 : Principe de correspondance entre débits, saisons et enjeux biologiques	6
Figure 4 :Cycle biologique du brochet Source Fédération départementale de pêche 79.....	9
Figure 5 :La frayère idéale : Source Fédération départementale de pêche 79	11
Figure 3 : La Seudre vue du pont de la D129	13
Figure 6 : Stations d'étude amont à Saint André de Lidon. Les traits pointillés correspondent au profil du modèle de crue Artelia. Le contrôle aval (crémaillère) a été effacé.	14
Figure 7 : Vue aérienne du site d'étude amont (source : Géoportail.gouv).....	14
Figure 8 : Station d'étude aval à Saint André de Lidon. Le plan d'eau est une réserve de substitution	15
Figure 9 Le ruisseau d'Aigressuire.....	16
Figure 10 : La Seudre calibrée à Riolet (station Eauméga).....	16
Figure 11 : La vieille Seudre à Riolet en aval du Chantegrenouille	17
Figure 12 : Ouvrage de régulation des niveaux des Trois Doux en aval immédiat de la Vielle Seudre	17
Figure 13 : Photo et carte de la station d'étude de Corme Ecluse (Riolet)	18
Figure 14 : Position des profils bathymétrique et ouvrage Artelia sur fond relief.....	20
Figure 15 : Profils complémentaires relevé sur les stations de saint André	21
Figure 16 : Secteur d'étude Débit Biologique Seudre Corme écluse/ Riolet Les traits pointillés correspondent au profil du modèle de crue Artelia.	22
Figure 17 : Hydrogrammes de la crue de février 2021.....	23
Figure 18 : emprise maximale du débordement simulé à Saint André	24
Figure 19 : rapprochement modèle et observations Station amont.....	25
Figure 20 : rapprochement modèle et observations station aval	25
Figure 21 : repérage terrain. Station de Corme	30
Figure 22 : évolution du champ d'inondation selon scénario de débit.....	30
Figure 23 : champs de vitesse (m/s) et profondeur au pic de crue. En bleu les situations favorables. En rouge défavorables.....	31
Figure 24 : première mise en eau des canaux latéraux pour 1 m ³ /s à la station amont.....	32
Figure 25 : champs de vitesse (m/s) et profondeur au pic de crue . En vert ou bleu les situations favorables. En rouge défavorables	33
Figure 26 : Exemple de conditions recherchées.....	34
Figure 27 : Etude de l'hydrogramme 2020.....	35
Figure 28 : Etude de l'hydrogramme 2019.....	35
Figure 29 : Chronique longue période des durées de hautes eaux consécutives (Saint-André).....	36
Figure 30 : analyse des séquences de débits favorables, selon la valeur seuil.	37
Figure 31 Analyse des situations favorables	39
Figure 32 Graphe de corrélation entre les stations hydrométriques.....	42
Figure 33 Relation piézométrie/ fonctionnalité hydrologique.....	43

1 Objectifs poursuivis

Le principe de l'étude hors étiage des deux stations de débits biologiques, complémentaire des stations DOE en cours de finalisation, est l'objet de la présente tranche optionnelle.

Les périodes de hautes eaux sont encore aujourd'hui très peu étudiées dans le cadre d'études de l'habitat aquatique. Le principe dominant retenu a souvent été de considérer que seul l'étiage estival était vulnérable aux pressions quantitatives (prélèvements). Dans le cas de la Seudre, la faiblesse des débits annuels et le rôle amortisseur des eaux souterraines imposent une vision élargie de la problématique. En effet, des cycles hivernaux et printaniers peu pluvieux peuvent induire des risques de dysfonctionnement écologiques mais dont les ordres de grandeurs sont difficiles à apprécier. Les stratégies de substitution qui exploitent ces eaux réputées excédentaires, peuvent parfois aggraver la situation.

Le schéma illustratif ci-dessous expose les grandes fonctions écologiques qui dépendent des cycles saisonniers et hydrologiques.

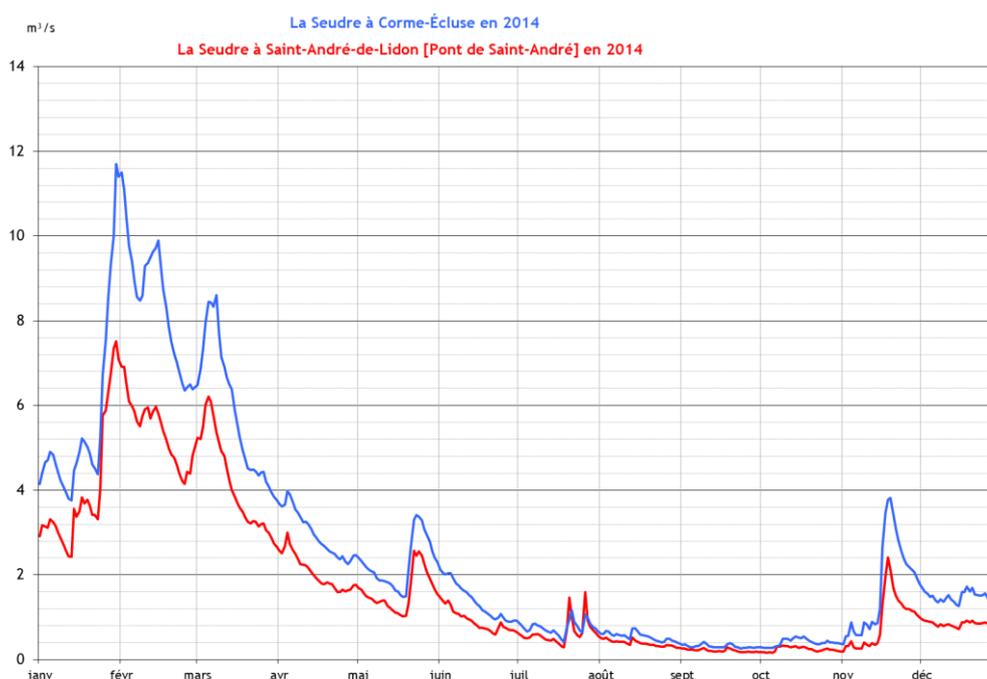


Figure 1 :

Débordement	Hautes eaux	Etiage	Automne
<ul style="list-style-type: none"> • connexion zones humides • reproduction brochet 	<ul style="list-style-type: none"> • maintient en eau des annexes hydrauliques et habitats de berges • reproduction cyprinidés • reproduction batraciens 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat • perte de connexion longitudinale • Sensibilité qualitative • période de croissance 	<ul style="list-style-type: none"> • Souvent reprise des écoulements • Refroidissement • Reproduction des salmonidés

Figure 2 : Principe de correspondance entre débits, saisons et enjeux biologiques

L'étude des débits biologiques en étiage s'intéresse particulièrement à un « paroxysme » hydraulique où la baisse des débits menace l'intégrité des milieux aquatiques. Les méthodologies sont largement

développées par ailleurs. La notion d'étiage est d'ailleurs disjointe de la question saisonnière. En dehors de cette période « de pénurie hydrologique », les débits sont moins limitants pour la plupart des fonctions minimales de l'habitat aquatiques. D'autre part, en climat atlantique de plaine, les moyennes et hautes eaux, coïncident le plus souvent avec des périodes moins chaudes. Ce facteur associé à une plus grande dilution est favorable à une atténuation des enjeux qualitatifs.

Il s'agit ici de proposer un élargissement des objectifs environnementaux en période d'écoulement plus abondant et surtout avec un potentiel de débordement saisonnier favorable ou nécessaire à une partie du cycle biologique de plusieurs espèces.

Pour aborder cette question qui tient compte du rôle écologique des périodes de débordement, les outils de modélisation hydraulique prennent une part déterminante sur des analyses plus fines telles que traitées classiquement par les approches de micro-habitats. Notons d'ailleurs que beaucoup de courbes de préférendum construites pour l'étiage sont sans doute peu efficaces en période de très hautes eaux. Ceci tient notamment au fait qu'en hautes eaux la présence d'abris de fond et de berges jouent un rôle essentiel pour la faune aquatique (remous derrière des rochers, troncs, racines, etc.). A notre connaissance aucun outil opérationnel n'existe pour évaluer ces conditions d'habitats dans la zone limite, sauf au travers de méthodes statistiques type guildes « berge » adaptées aux espèces vairons ou chevesne.

Les hautes eaux se traduisent par le remplissage du lit, voire des débordements et la mise en connexion de la rivière avec des milieux originaux rivulaires ou du lit majeur. Une partie de la faune exploite ou dépend de ce cycle. Ces milieux sont essentiels pour la fraie de nombreuses espèces aquatiques dont le brochet est sans doute le plus exigeant en termes hydrauliques. Ce sont donc des questions liées aux connexions latérales (zone humides, fossés) et au partage de l'eau entre biefs (Seudre canalisée et Vielle Seudre) qui constitueront le cœur de l'objectif recherché.

Dans le cas de la Seudre, il a été admis que cet enjeu frère à brochet et submersion des zones humides latérales constituait la cible principale des débits biologiques hors étiage. Cette cible biologique correspond au-delà du brochet, espèce emblématique, d'étudier le fonctionnement de ces zones inondables favorable au développement d'une biodiversité intéressante et souvent menacée par la réduction de ces milieux.

Une autre étude spécifique aux affluents de la Seudre couvre la question des débits biologiques hors étiage en s'intéressant plus particulièrement aux conditions d'habitats et à la connectivité longitudinale. La connexion hydraulique et hydrobiologique des affluents avec la Seudre est une condition majeure de la colonisation même temporaire, par les poissons de type vandoise ou brochet de ces affluents hors période d'étiage.

2 Biologie du brochet aquitain (*Esox aquitanicus*) : enjeu important des débits biologiques de hautes eaux

La présence des deux espèces de brochets (brochet commun, *Esox lucius*, et brochet aquitain, *Esox aquitanicus*) ainsi que d'hybrides, est attestée sur la Seudre.

La caractérisation d'une espèce aquitaine est très récente (2014). Auparavant, elle n'était pas distinguée du grand brochet (*Esox lucius*), dont elle se distingue par une robe marbrée, un museau plus court et un nombre moins élevé de vertèbres et d'écaillés sur la ligne latérale. C'est une espèce inscrite dans la liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine (2019). C'est donc un enjeu écologique majeure pour la gestion du bassin de la Seudre.

La principale difficulté est la quasi absence de référence scientifique et le peu d'observations disponibles propre à cette espèce¹. Ainsi sur la fiche habitat de cette espèce inscrite à l'inventaire National du Patrimoine Naturel, il n'y a pas d'information disponible. Considérant leur niveau de menace identique et que nous ne pouvons être en mesure de certifier que seul le brochet aquitain serait présent sur le bassin en l'absence d'introductions de brochet commun pour la pêche de loisir, il est préférable de parler de brochets au sens génériques plutôt que de cibler l'une ou l'autre des espèces (même si vraisemblablement le niveau de responsabilité du bassin sera supérieur pour l'aquitain considérant son fort niveau d'endémisme). C'est pourquoi nous nous appuyons sur les connaissances acquises pour l'espèce la plus proche, le brochet commun (*Esox lucius*).

En particulier, la question des sites favorables à la reproduction est assez cruciale et mal décrite. Des présomptions de sites favorables à la fraie existent mais les zones de bras mort ou de prairie durablement inondables ont été largement supprimées par la canalisation de la Seudre. Certaines observations (source SMBS), suggèrent que les brochets exploiteraient actuellement des sites de taille très réduite ou atypique.

La question de la restauration de conditions favorables est donc centrale pour la survie de l'espèce.

2.1 Cycle biologique du brochet

Le schéma ci-après expose les principales phases du cycle biologique du brochet.

¹ La Fédération de Pêche de Charente-Maritime disposerait de données d'analyses génétiques réalisées sur des brochets de Seudre en partenariat avec le MNHN

Cycle biologique du brochet



Figure 3 : Cycle biologique du brochet Source Fédération départementale de pêche 79

La fécondité du brochet est fonction des degrés-jours accumulés par le brochet qui jouent sur la maturation des gamètes. La période de reproduction des brochets peut donc varier suivant le climat local et suivant les années. Ajoutons que ne des contraintes supplémentaires dans le cycle de vie du brochet qui est le décalage entre la période de fécondité des mâles et celle des femelles qui limite fortement les "fenêtres de tir" pour la reproduction. En effet, la période de fécondité des femelles peut apparaitre pendant une courte période (10aine de jours généralement), alors que les mâles sont généralement féconds pendant plusieurs mois. La reproduction ne peut avoir lieu que pendant la période commune de fécondité qui peut être très brève voire inexistante dans des conditions environnementales difficiles.

La ponte a lieu lorsque la végétation est fraîchement submergée ce qui correspond à des périodes de hautes eaux mais aussi de hausse des températures, soit de février à fin mars en général. La submersion doit être stable pendant un mois et demi à deux mois consécutifs soit entre 45 et 60 jours pour le développement de la fraie. **Une hypothèse de travail minimaliste a été de retenir la valeur de 45 jours consécutifs, pour l'étude des épisodes hydrologiques favorables.**

Concernant le site de fraie à proprement parler, plusieurs critères sont à considérer :

- **La faible profondeur du site (20 cm à 1 m maximum)** qui permet le développement de la végétation et le réchauffement de l'eau. Les femelles pondent dans de faibles hauteurs d'eau sur la végétation immergée et nécessitent une certaine stabilité de ces hauteurs d'eau durant l'incubation et le développement des larves. Une eau la plus limpide possible favorise le

développement de la végétation et des vitesses d'écoulement faibles sont propices au développement des larves et des brochetons dont la capacité de nage est médiocre ;

- La végétation submergée qui sert de support à la ponte et d'abris pour les larves. Elle oxygène l'eau et est aussi le support de populations de plancton dont se nourrissent les brochetons. Cette végétation doit être dense, courte et dressée durant toute la période de maturation de la fraie. Comme espèces fréquemment recensées dans ces zones, on peut noter : carex, jonc, phalaris, glycerie ou encore agrostis ;
- Un milieu ouvert (non-obstrué par les ligneux) qui favorise le développement de la végétation aquatique ainsi que le maintien de la température de l'eau ; Les boisements inondés ne sont pas des situations favorables.
- Une bonne connectivité hydraulique pour en faciliter l'accès et la sortie pour éviter le piégeage. L'entrée dans la frayère ne doit pas être obstruée par des dépôts sédimentaires ou des embâcles. Ces conditions sont typiquement celles d'un bras mort, d'une prairie inondée, d'un marais ou d'une bordure de lac.

Lorsque le brochet ne trouve pas de site réunissant ces critères, il est fréquent d'observer des pontes dans des milieux moins favorables avec pour support de ponte des algues ou des ligneux immergés.

Le développement du stade œuf au stade de larve vésiculée, puis de larve mobile dépend de la température. Il faut compter 120 degrés/jour pour que les œufs éclosent et donnent naissance à des larves vésiculées auxquels s'ajoutent 100 degrés/jour pour que la vésicule se résorbe. La faible profondeur et l'ensoleillement de la frayère jouent ici un rôle prépondérant.

Le brochet étant territorial, des individus nés sur une même frayère vont être en concurrence pour ce milieu et le cannibalisme des poissons est fréquent. Ce cannibalisme est d'autant plus important si le site présente une faible surface. Une submersion prolongée 2 ou 3 années sur 5 est plus favorable car elle permet une meilleure prolifération végétale et diminue la pression du cannibalisme sur les plus jeunes en multipliant les caches (ce qui est valable aussi pour la prédation des oiseaux piscivores et des autres carnassiers).

Cependant de nombreuses espèces piscicoles partagent ce milieu avec le brochet notamment les cyprinidés de petites tailles. Très souvent, les juvéniles de brochet vont suivre le schéma alimentaire suivant pour leur passage à un régime piscivore : consommation des alevins de perche (première espèce à se reproduire après le brochet), puis d'alevins de " poissons blancs " (Leuciscidés, Cyprinidés et Tincidés (tanche)).

2.2 En résumé

Les sites les plus favorables à la reproduction du brochet correspondent à des zones du lit majeur régulièrement et durablement inondées. Sur le plan hydraulique et hydrologique, il s'agit donc de rechercher les secteurs pouvant être mis en eau pour des débits élevés mais non exceptionnels.

La méthodologie suivie a donc été la suivante :

- Analyse des champs de vitesse en hautes eaux dans le lit mineur ; des vitesses trop élevées sont incompatibles avec la fraie du brochet et conduisent sans doute à des migrations vers des zones refuges (annexe) pour de nombreuses espèces ;
- Identification de secteurs fréquemment et durablement submersibles à proximité des points nodaux (cahier des charges) ; Selon les sources, la hauteur d'eau minimale pour rendre une frayère à brochet fonctionnelle se situe entre 10 et 30 cm (les valeurs comprises entre 20 et 30 cm étant celles qui ressortent le plus souvent). D'après le guide ICE, le tirant d'eau nécessaire à la nage du brochet adulte est de 15 cm. Il a donc été choisi de considérer la hauteur d'eau minimale favorable de 20 cm. Au-delà de 1m de profondeur, la frayère est considérée défavorable ;
- Modélisation hydraulique du débordement et emprise de la zone inondable pour déterminer des valeurs seuils de débit favorable ;
- Calcul hydrologique et fréquentiel pour analyser la durée des inondations et la répétition interannuelle du phénomène.



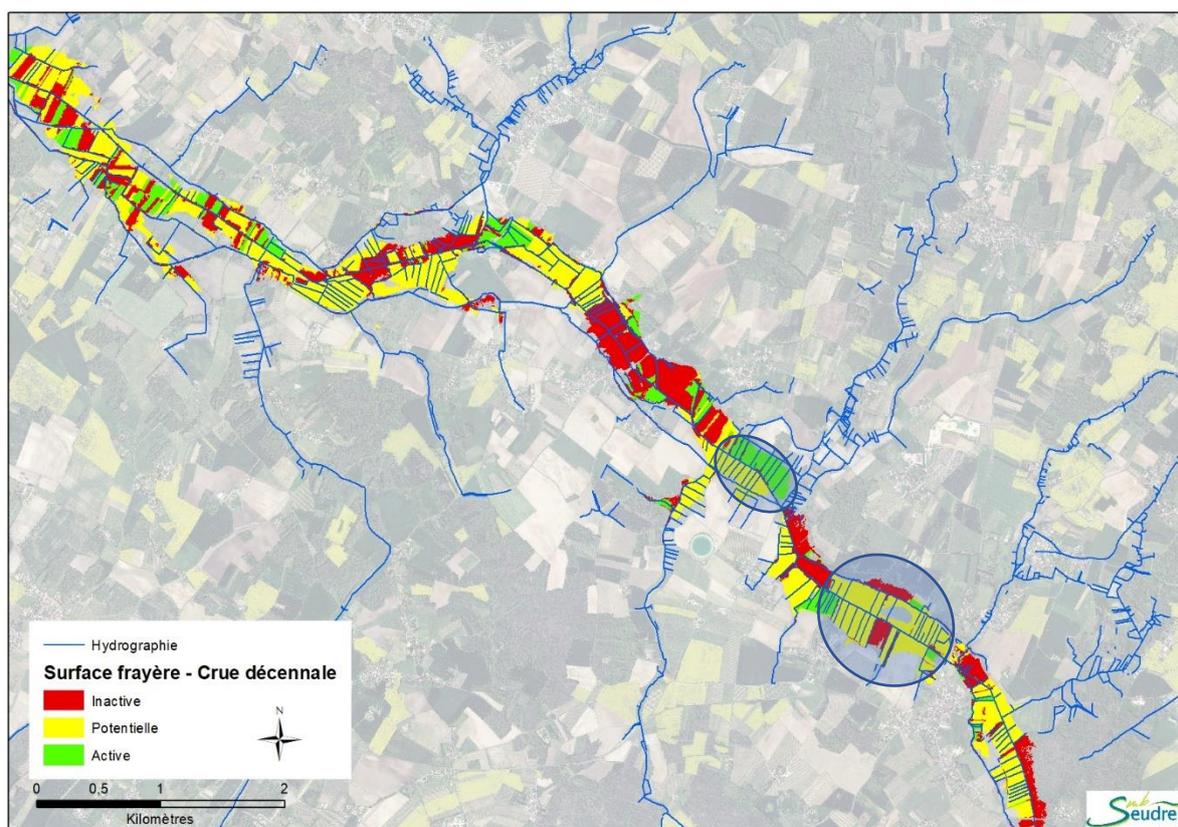
Figure 4 : La frayère idéale : Source Fédération départementale de pêche 79

3 Choix des stations de débits biologiques hautes eaux

Un des objectifs de l'étude est de compléter le diagnostic établis dans le cadre de l'étude DOE avec deux secteurs cibles : Saint-André-de-Lidon et Corme-Ecluse. L'étude DOE d'EauMega pour l'agence de l'eau, a analysé 3 stations qui offrent des opportunités en termes d'accès et de métrologie hydraulique. Ces stations sont décrites du point de vue hydraulique sur quelques dizaines de mètre linéaire car elles visent une description fine des microhabitats uniquement en étiage. Elles sont mal adaptées à l'étude des débordements qui impose un cadre hydraulique spécifique plus vaste.

3.1 Les sites favorables à la fraie

Une première expertise territoriale réalisée par le SMAS a exploité les modèles d'inondation du val de Seudre pour identifier l'emprise potentiel de zones favorables à la fraie. Le croisement de données d'occupation du sol et d'inondation permet un traitement simplifié identifiant des secteurs encore favorables ou du moins potentiel. La carte ci-dessous présente le secteur d'étude de Saint-André-de-Lidon en situation de crue décennale avec le pré-positionnement des deux stations de débit biologique hiver dites « amont » et « aval » de Saint André. Cette carte montre par ailleurs que les surfaces encore favorables sont réduites en raison notamment de la mise en culture de ce qui a longtemps été des prairies inondables.



Carte 1 : Caractérisation du corridor inondable vis-à-vis du potentiel frayère à brochet

3.2 Rappel des stations d'études Débit Objectif d'Etiage Seudre (source étude méthodologique)

Pour l'objectif Saint André, la station est située en amont immédiat du pont de la D129 qui supporte la station hydrométrique de référence. La station modélisée pour l'étude DOE est une partie manifestement canalisée avec une section assez large, favorable à l'écoulement accéléré des eaux. Ce tronçon est théoriquement court-circuité par les canaux de dérivation du moulin du Pas mais en pratique, les ouvrages ne permettent pas de dérivation significative. La toponymie est comme souvent peu explicite puisqu'il semble que nous ayons deux bras de la Seudre.



Figure 5 : La Seudre vue du pont de la D129

Pour l'objectif Corme écluse, la station est située à Riolet dans un secteur où la Seudre est partagée en deux bras. Elle décrit le comportement hydraulique du chenal artificiel de la Seudre, mais n'intègre pas les interactions avec ce qui est devenu une annexe hydraulique (vieille Seudre). Cette station d'étude DOE située en amont de Saujon et l'un des derniers tronçons avant le canal de la Seudre et l'estuaire. Elle est donc assez caractéristique d'une station de fermeture de bassin versant, soumise à l'ensemble des pressions cumulées sur le bassin.

3.3 Stations de Saint André de Lidon : deux stations

Après expertise avec le maître d'ouvrage, il apparaît que la station DOE ne présente pas de faciès rivulaire favorable à une hypothétique fraie du brochet. Les prospections se sont donc portées à l'aval proche de la station de débit biologique. Deux secteurs ont paru favorables.

Station Saint André amont

Situé en aval immédiat du pont (à l'ouest), le lit majeur est parcouru par des fossés perpendiculaires à l'écoulement de la Seudre. L'intérêt de ce secteur réside dans l'observation régulière d'inondation temporaire des prairies humides. Les zones de « terre noire » tourbeuses et humides correspondent sans doute à une limite d'hydromorphie. Le réseau des canaux de drainage ouvert, caractéristique de la vallée, offre des secteurs durablement en eau en période de hautes eaux et à sec en étiage.

Ce secteur bien documenté sur le plan hydrologique (station de mesures) est donc retenu comme une première station dite amont.

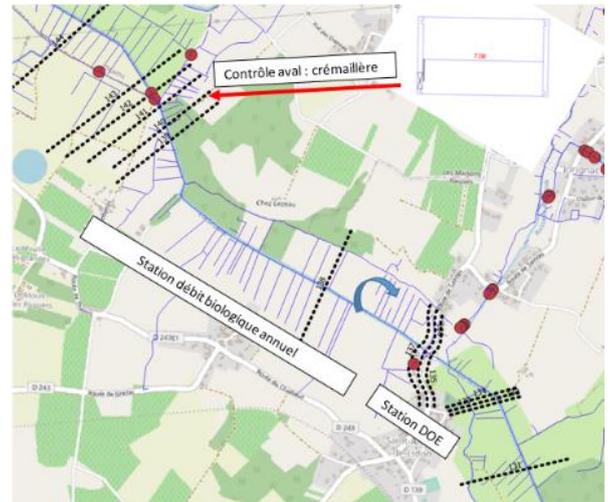


Figure 6 : Stations d'étude amont à Saint André de Lidon. Les traits pointillés correspondent au profil du modèle de crue Artelia. Le contrôle aval (crémaillère) a été effacé.

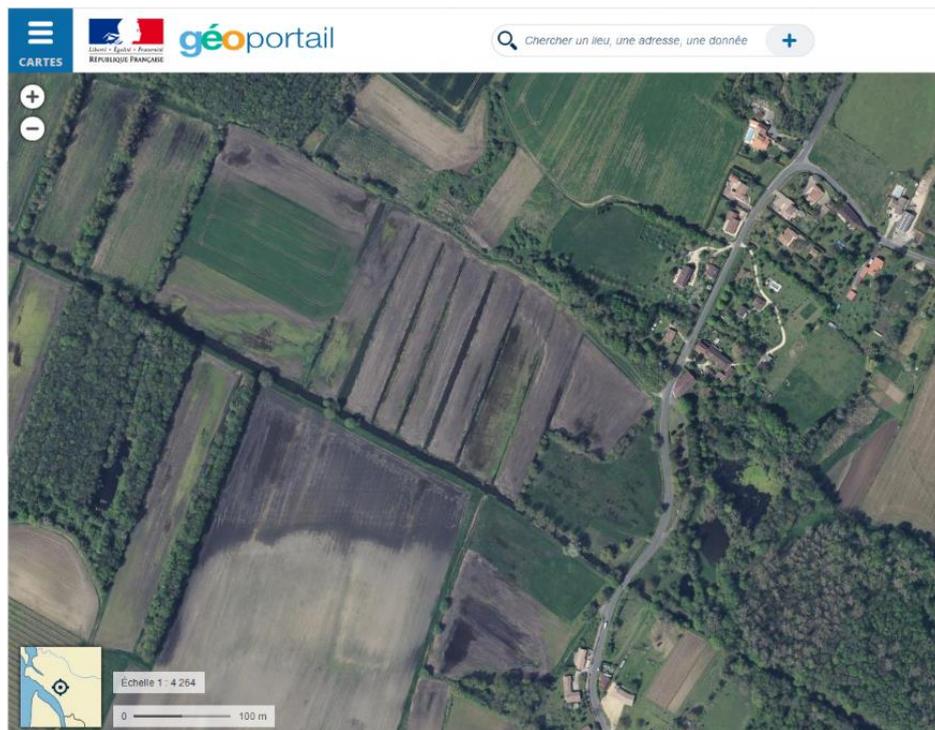


Figure 7 : Vue aérienne du site d'étude amont (source : Géoportail.gouv)

Station Saint André aval

Une seconde station dite « aval » a été proposée après échange avec le maître d'ouvrage pour explorer le potentiel d'un secteur situé en aval du premier site. Dans cette station on distingue des terres labourées en rive gauche (sud) et les traces d'hydromorphie ainsi qu'un secteur de prairies (friches ?) et en rive droite, des prairies et un réseau de fossés comme sur la station amont.

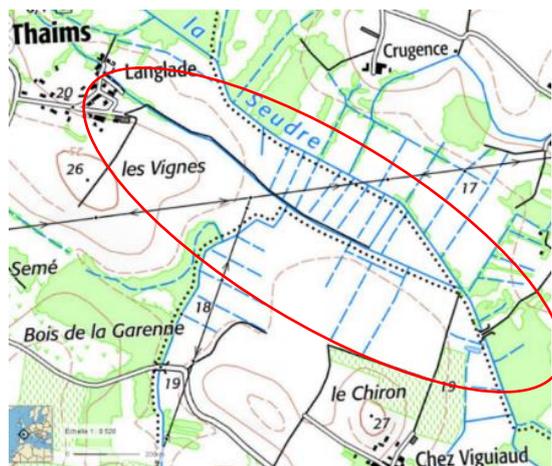
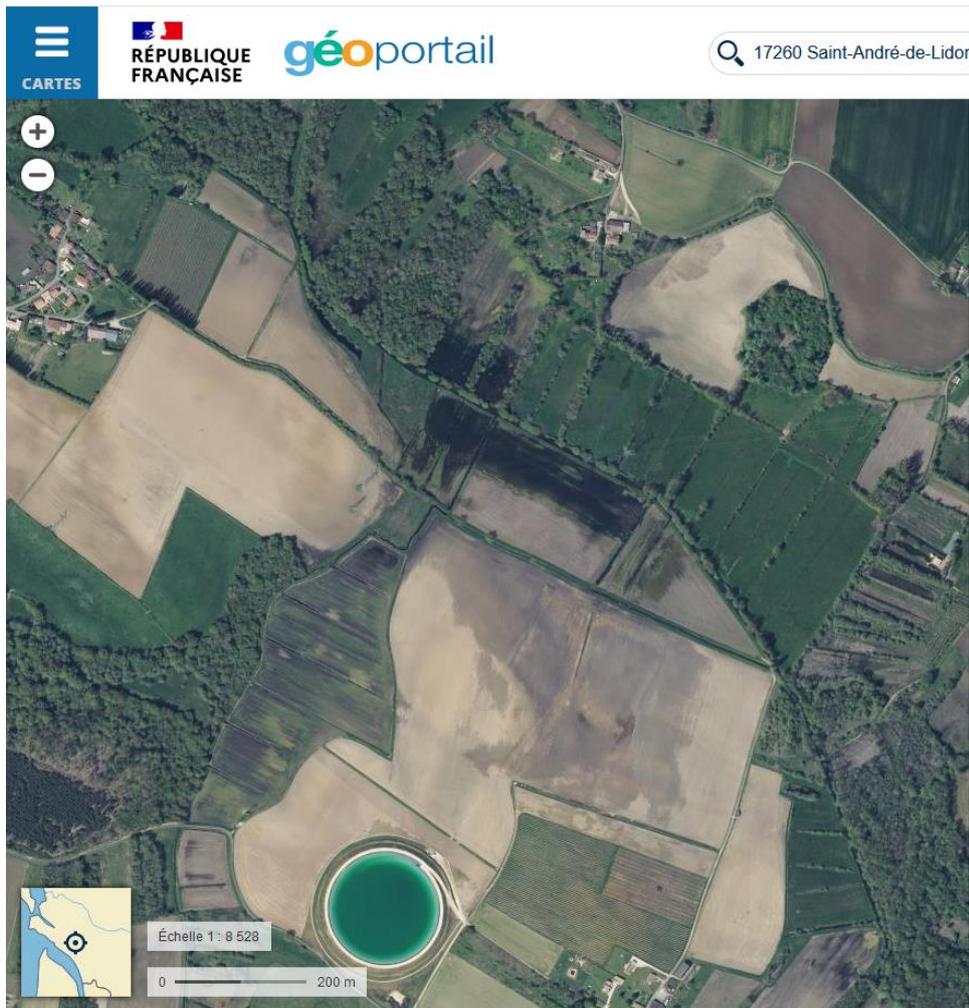


Figure 8 : Station d'étude aval à Saint André de Lidon. Le plan d'eau est une réserve de substitution

Nota : Un secteur particulièrement intéressant se révèle être la confluence du ruisseau de la Garenne appelé aussi ruisseau d'Aigressuire mais qui n'a pas été prospecté dans cette étude.



Figure 9 Le ruisseau d'Aigressuire

3.4 La Seudre à Corme-Ecluse (station de Riolet)

Ce secteur en aval proche du Chantegrenouille, présente des caractéristiques d'un « tressage artificiel » entre Seudre canalisée et vieille Seudre très fréquent en val de Seudre. Comme à Saint-André de Lidon, les écoulements ont été concentrés dans un chenal large, calibré et rectiligne délaissant au sud la vieille Seudre. La station étudiée pour les DOE (étude Eauméga) est située sur le bras canalisé. Une station de pêche de suivi (station de Saujon) est située moins de 2km en aval ce qui favorise les interprétations hydrobiologiques.



Figure 10 : La Seudre calibrée à Riolet (station Eauméga)

La vieille Seudre présente des habitats de sous-berges, une ripisylve bien établie et des faciès plus conformes au débit du cours d'eau en étiage. Elle est située en position « haute » par rapport au val inondable et potentiellement en connexion avec des zones humides latérales inscrites entre les deux bras de la Seudre.



Figure 11 : La vieille Seudre à Riolet en aval du Chantegrenouille

Les observations et modélisations hydrauliques seront riches d'enseignement sur les conditions de gestion hydraulique sous contrôle de l'ouvrage de partage de Trois Doux et hydrologique favorable à l'optimisation des conditions écologiques (notamment reproduction et zones humides).



Figure 12 : Ouvrage de régulation des niveaux des Trois Doux en aval immédiat de la Vielle Seudre

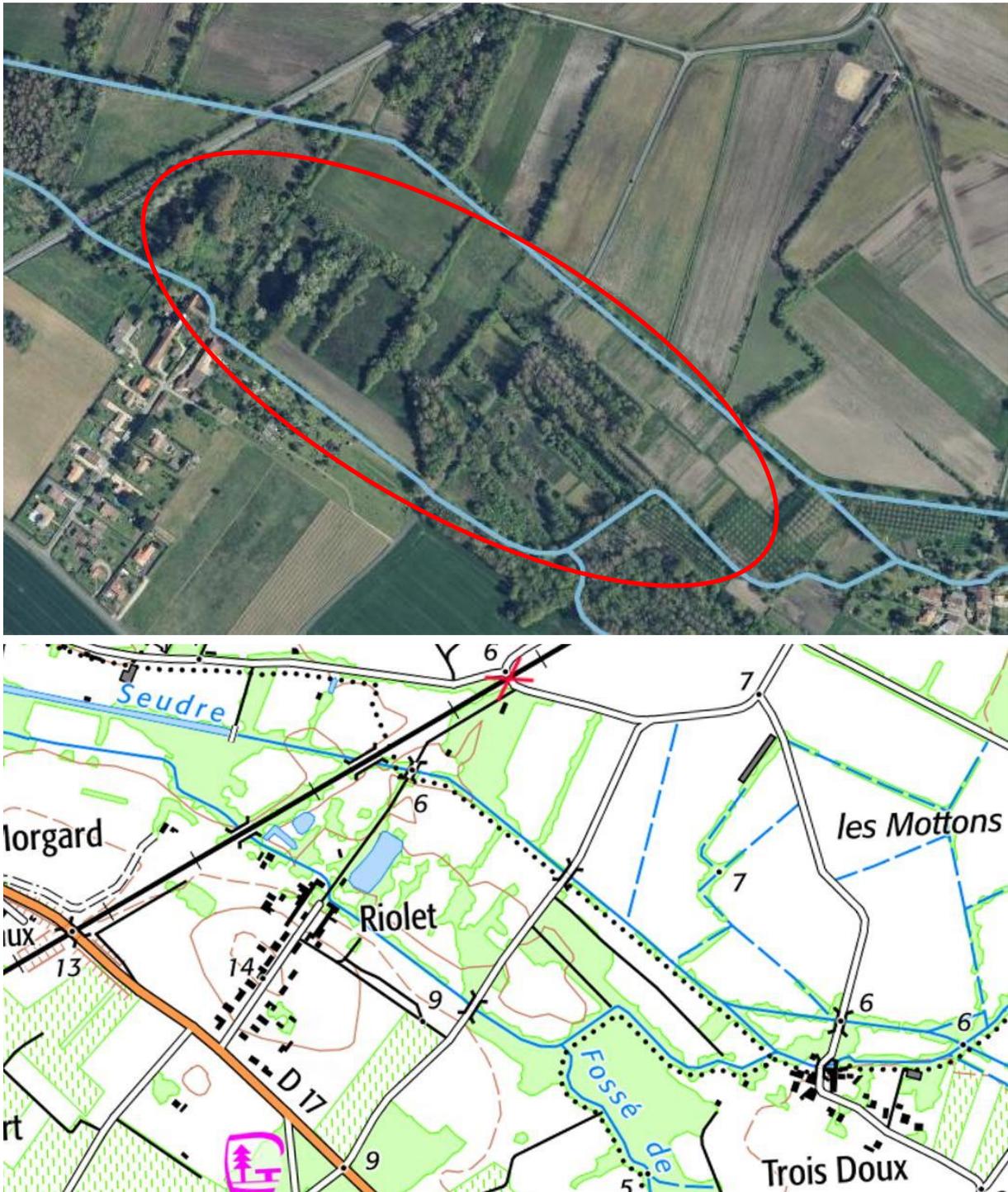


Figure 13 : Photo et carte de la station d'étude de Corme Ecluse (Riolet)

4 Méthodologie pour le calcul du débit biologique « frayère à brochet »

La méthode proposée est de suivre différentes étapes représentées dans le logigramme ci-dessous.

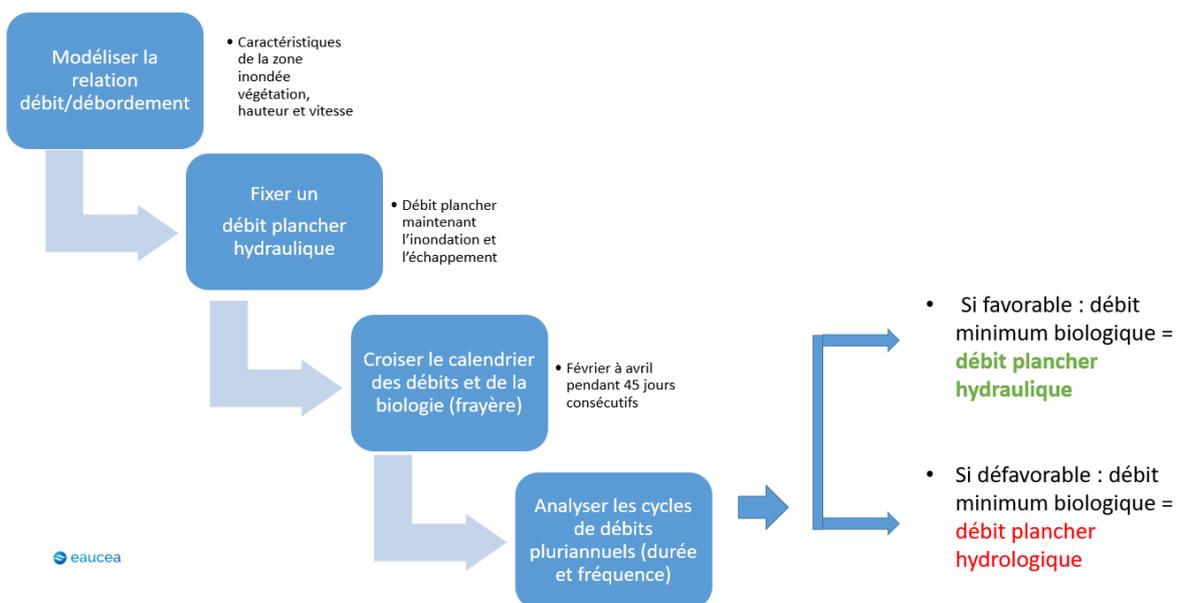
Pour chaque site il faut expertiser par modélisation ou observation (plus aléatoire) les relations hydrauliques entre la rivière et les secteurs pouvant être connectés (lit majeur, chenaux, bras mort, etc..). Ces milieux sont caractérisés vis-à-vis de leur fonctionnalité potentielle en tant que frayère (profondeur, vitesse de courant, connexion au cours d'eau, etc..). Les valeurs de débit caractéristique sont alors relevées.

L'analyse hydrologique vérifie que ces débits sont effectivement constatés durant la période biologiquement favorable de février à avril et recense la durée des épisodes favorables et la fréquence en année. Seuls les épisodes de plus de 45 jours seront alors conservés.

En fonction de cette analyse le diagnostic conclue à une situation favorable et conserve le **débit plancher hydraulique** comme débit objectif ou au contraire constate des incompatibilités.

L'analyse est alors prolongée d'un deuxième niveau de recommandation, en mode dégradé et qui suppose une intervention physique sur le lit majeur pour favoriser l'inondation des milieux préidentifiés. Afin de garder le maximum de naturalité au processus, on s'appuie sur l'analyse hydrologique pour repérer les débits qui répondent aux seuls critères de fréquence interannuelle et de durée. Ce **débit plancher hydrologique** devient le débit biologique et peut servir au dimensionnement des travaux en faveur de la reproduction du brochet.

Logigramme pour définir les débits biologiques «frayères à brochet »



5 Modélisation hydraulique eaucea : principes

Des modélisations hydrauliques 2D ont été développées sous HECRAS en insistant sur le caractère transitoire du régime des hautes eaux. Le modèle hydraulique répond aux objectifs hydrauliques d'un modèle d'inondation. Les tronçons modélisés sont donc plus longs que pour des micro-habitats mais avec moins de sections hydrauliques et moins de détails.

Une attention particulière est cependant apportée au raccordement avec la micro-topographie Lidar du val qui décrit le potentiel environnemental des berges, des fossés et des terrains submergés.

Couplage entre les données Mascaret et relevés topographiques complémentaires

Le modèle d'inondation Artelia développé dans le cadre du PAPI s'appuie sur un certain nombre de relevés topographiques. L'analyse des données disponibles montre que le maillage retenu pour décrire le système fluvial (modèle 1D Mascaret) est assez lâche avec des profils mesurés (ouvrages) ou théoriques séparés d'environ 1 km. De plus, les profils complémentaires de part et d'autre des ouvrages ou entre deux ouvrages distants, ont la précision du Lidar dans les parties émergées mais sont souvent très simplifiés dans leur partie bathymétrique. En revanche, les ouvrages remarquables sur le plan hydraulique (pont, vannes, seuil, etc.) sont référencés et bien décrits.

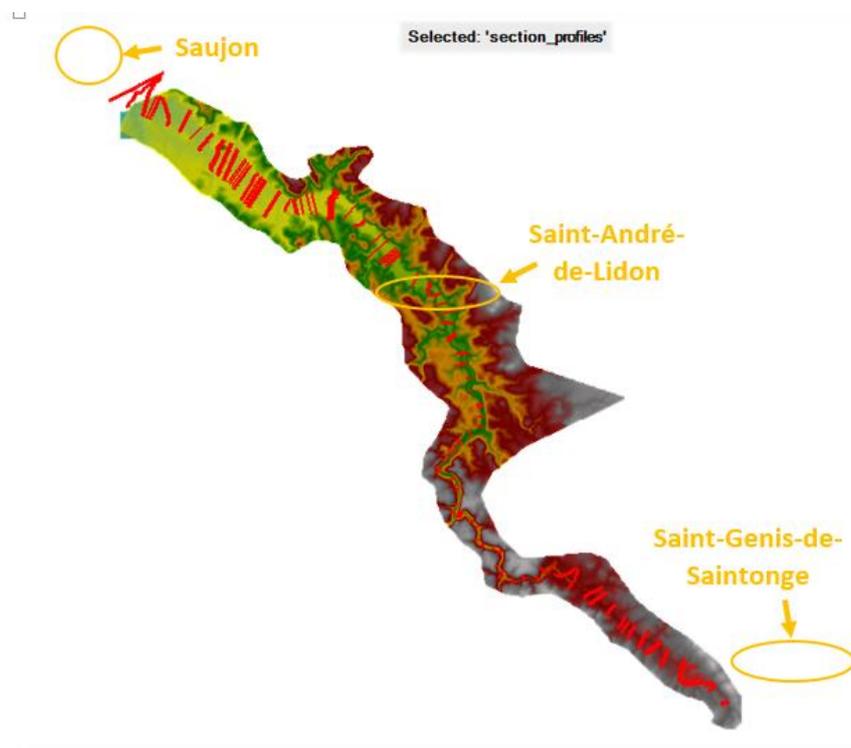


Figure 14 : Position des profils bathymétrique et ouvrage Artelia sur fond relief

Deux opérations conjointes ont donc été nécessaires pour affiner le modèle à des échelles compatibles avec les objectifs de l'étude.

1. Les profils mascaret ont été reportés sur la partie bathymétrie du modèle et interpolés. Des relevés topographiques complémentaires (été 2020) ont permis de compléter la bathymétrie de la Seudre en densifiant les données sur les secteurs d'études (aquadrone et levé topo) et de raccorder altimétriquement les fossés dans le lit majeur avec la Seudre ;
2. Dans un second temps, ces profils ont été réinjectés dans le fond topographique Lidar. Notons sur la carte précédente que le Lidar 50 cm (fond de carte) s'interrompt un peu en amont de Riolet (Secteur de Corme Ecluse). Pour ce secteur, le Lidar « estuaire » 1 m a donc été rabouté au Lidar continental pour l'analyse des zones de débordement en hautes eaux hivernales.

Le modèle hydraulique a été construit à partir de ces données. L'illustration ci-dessous présente le positionnement des différents éléments mobilisés pour la station de Saint André.

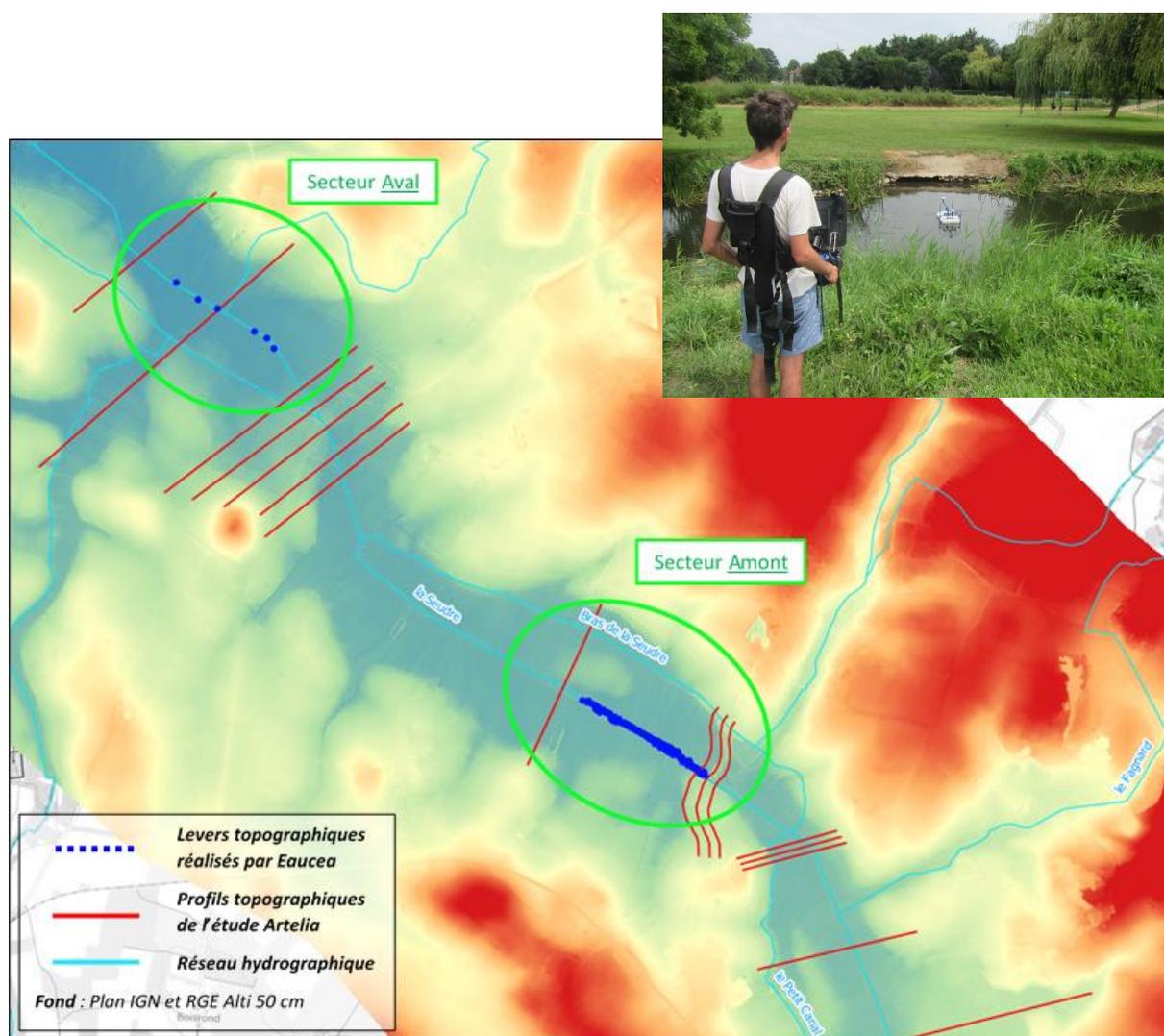


Figure 15 : Profils complémentaires relevé sur les stations de saint André

Le même travail a été réalisé pour la station de Corme écluse mais en se concentrant sur la vieille Seudre.

- Les sections de contrôle sont celles du modèle Mascaret ;
- Les règles de partage de l'eau au niveau des trois Doux pourront faire l'objet de scénario. Le modèle de diffifluence envisagé s'avère non nécessaire dans la mesure où le débordement est plus facile à gérer depuis la vieille Seudre située en position haute que depuis la Seudre chenalisée ;
- Le bief Vieille Seudre en aval du Chantegrenouille est décrit par des profils hydrauliques (bathymétriques) complémentaires réalisés en été 2020 par eaucea et permettant de décrire le fonctionnement depuis l'étiage jusqu'au débordement ;
- Les débordements dans la zone humide intermédiaire seront simulés à partir des profils Lidar.

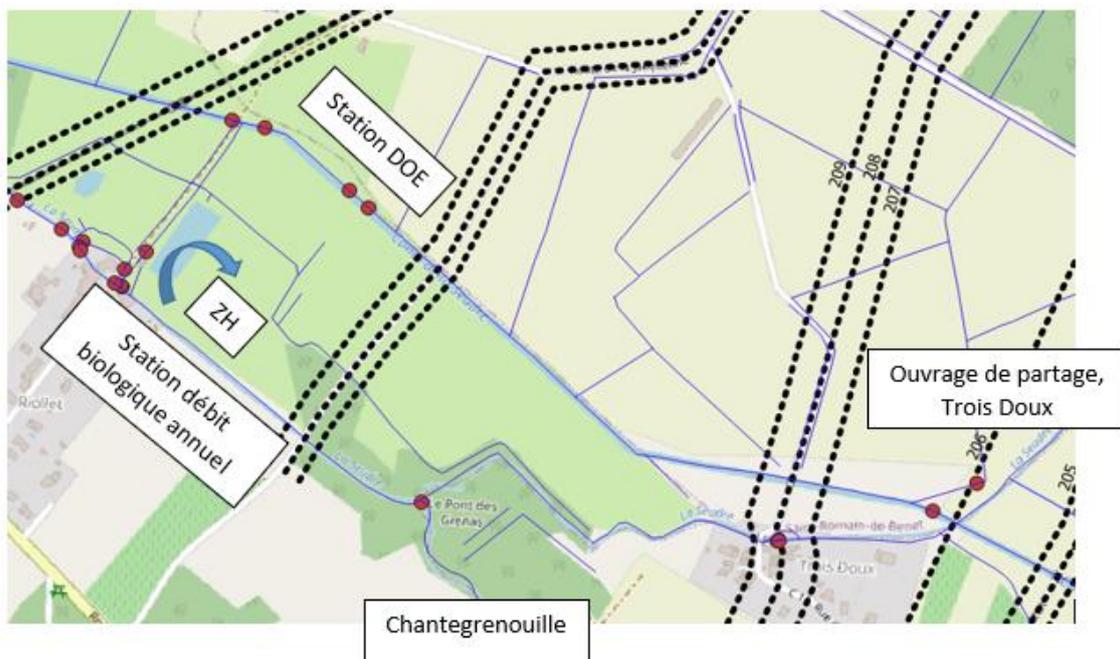


Figure 16 : Secteur d'étude Débit Biologique Seudre Corme écluse/ Riolet Les traits pointillés correspondent au profil du modèle de crue Artelia.

6 Simulations hydrauliques et résultats

Les simulations hydrauliques sont conduites en injectant dans le modèle un ou des hydrogrammes et en particulier celui de la crue de février 2021. Cette crue est en effet idéalement placée par rapport au cycle biologique du brochet. Les valeurs observées sont proches de la crue vicennale (20 ans) calculée pour Corme-Ecluse (14 m³/s selon source banque Hydro). Pour des raisons de temps de calcul (plusieurs heures par simulation) des processus d'optimisation du régime transitoire sont nécessaires.

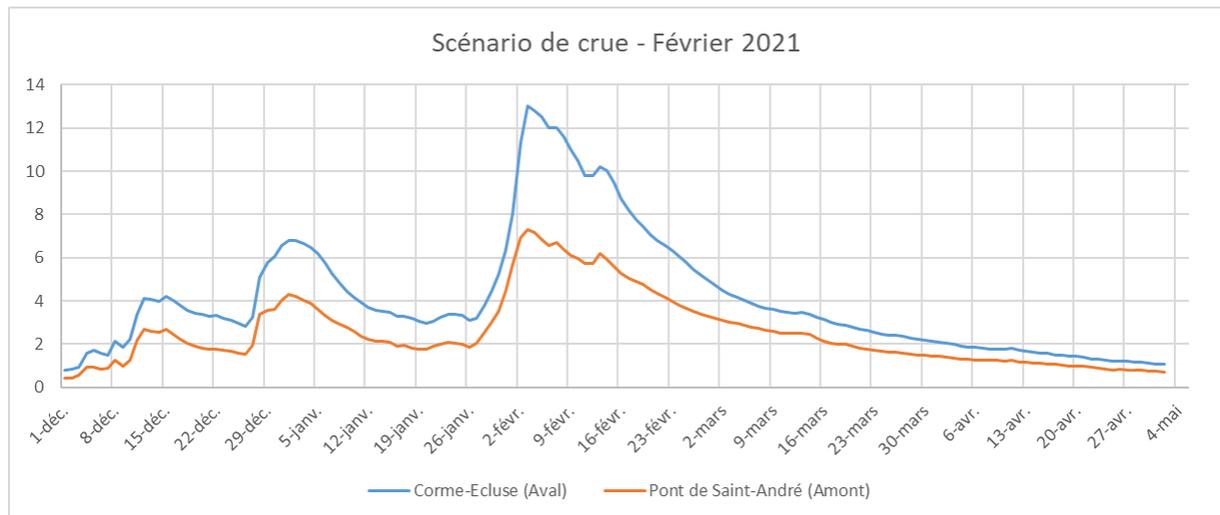


Figure 17 : Hydrogrammes de la crue de février 2021

6.1 Secteur de Saint André de Lidon

Sur le secteur de Saint André, le choix a été porté sur la simulation de l'hydrogramme de la crue de l'hiver 2021 qui a permis de contrôler la qualité des simulations par comparaison aux observations de terrain réalisées par le SMBS.

6.1.1 Validation du modèle de débordement

L'emprise du modèle de débordement des deux stations est décrite par la vue suivante :

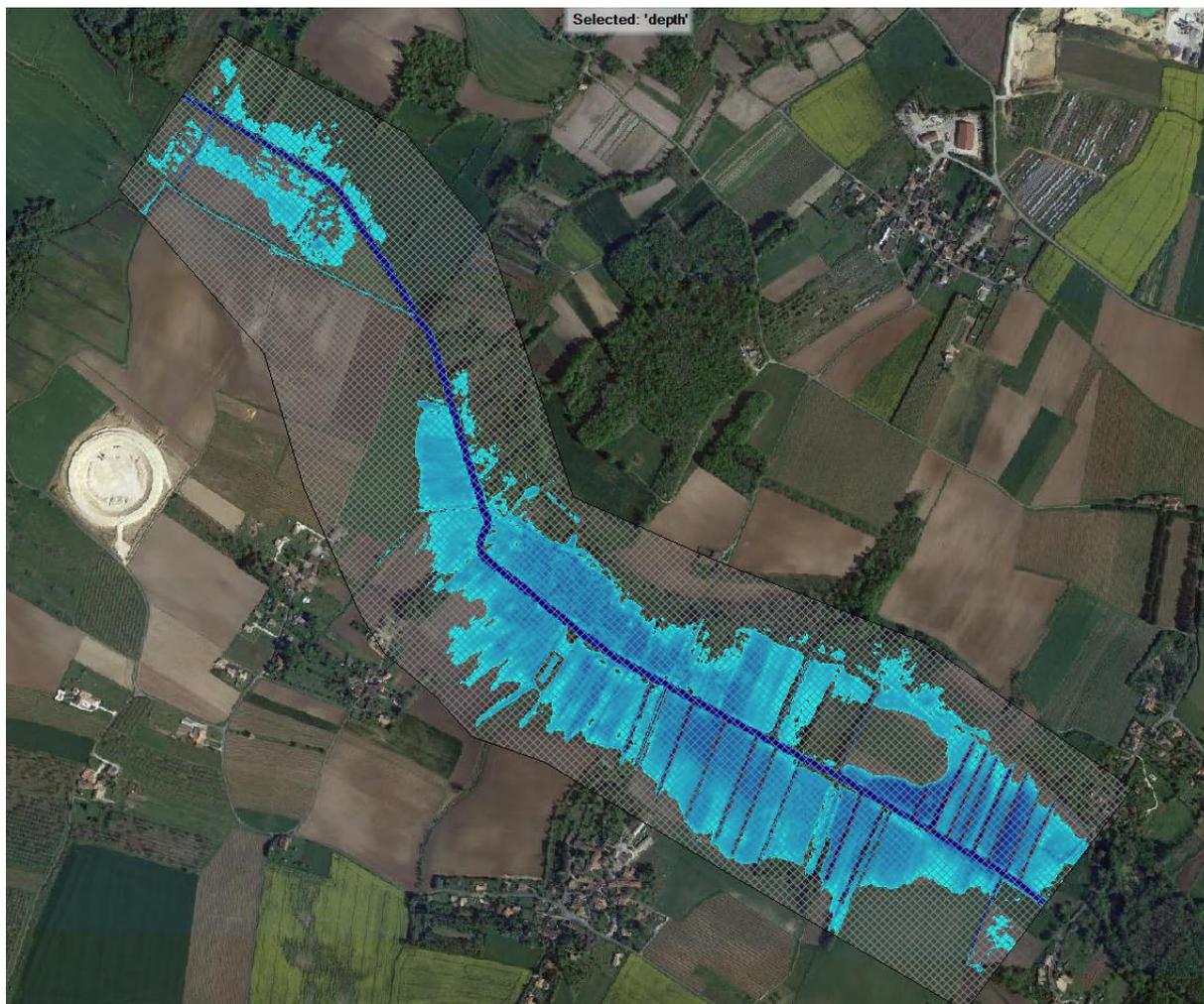
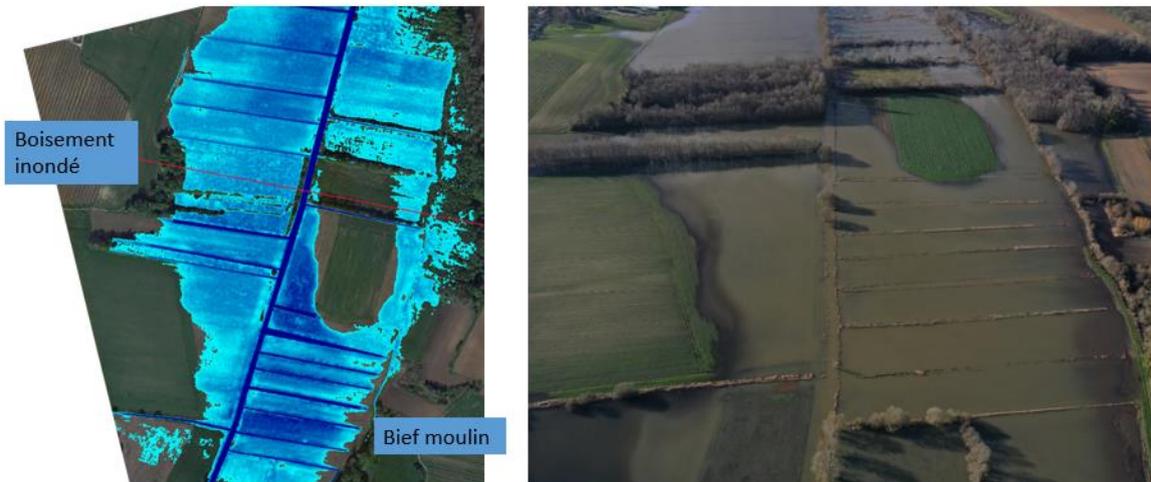


Figure 18 : emprise maximale du débordement simulé à Saint André

Le pic de crue a pu être photographié le 3 février 2021 avec un drone par le SMBS. Les images suivantes mettent en regard le résultat obtenu pour les stations amont et aval. La concordance est très satisfaisante pour la station amont.

Le débordement de la Seudre le 3 février 2021: Saint André aval



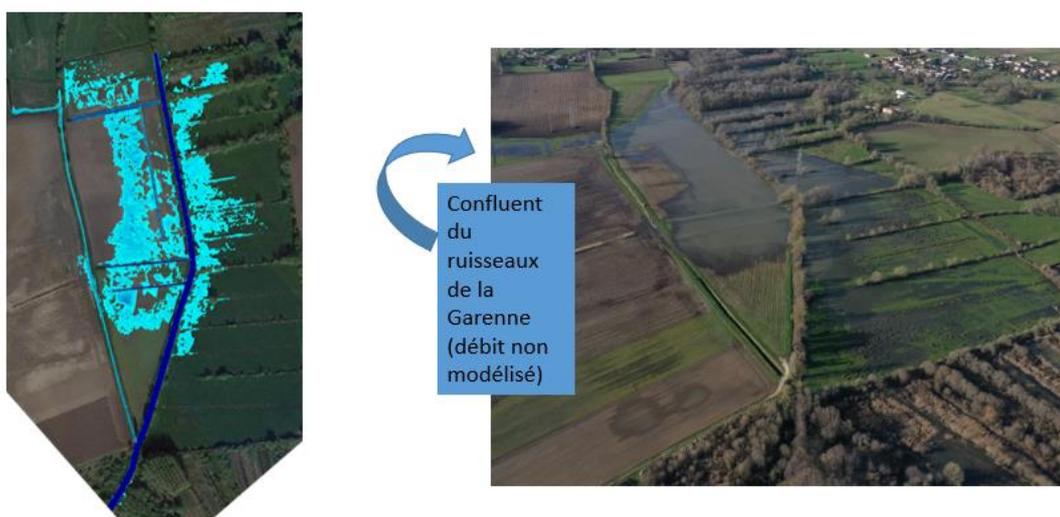
Modélisation 2 D eaucéa

Photo par drone SMBS (JP David)

Figure 19 : rapprochement modèle et observations Station amont

Pour la station aval, la circulation d'eau est plus complexe. Le débordement issu de la Seudre chenalisée est bien décrit mais il manque l'impact de l'apport du ruisseau d'Aigressuire (parfois appelé de la Garenne) qui vient renforcer sur cet épisode de 2021 l'inondation du secteur aval. D'autre part dans la simulation une part du débit de pointe mesuré à la station hydrométrique est écrêtée dans le champ d'inondation en amont. Cet artefact de calcul se traduit par un débit simulé en aval de $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ en pointe alors qu'il était probablement de $7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le débordement de la Seudre le 3 février 2021: Saint André aval



Modélisation 2 D eaucéa

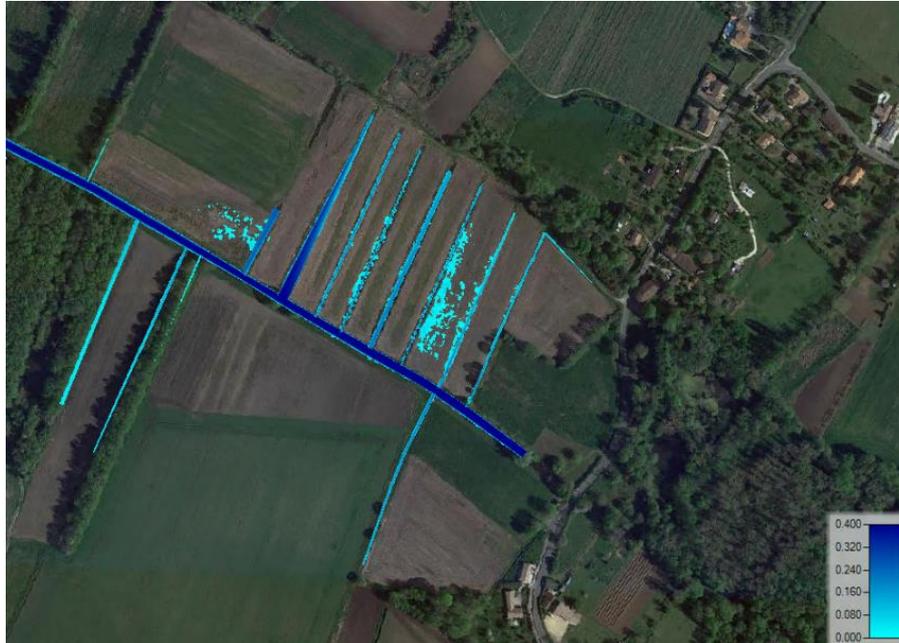
Photo par drone SMBS (JP David)

Figure 20 : rapprochement modèle et observations station aval

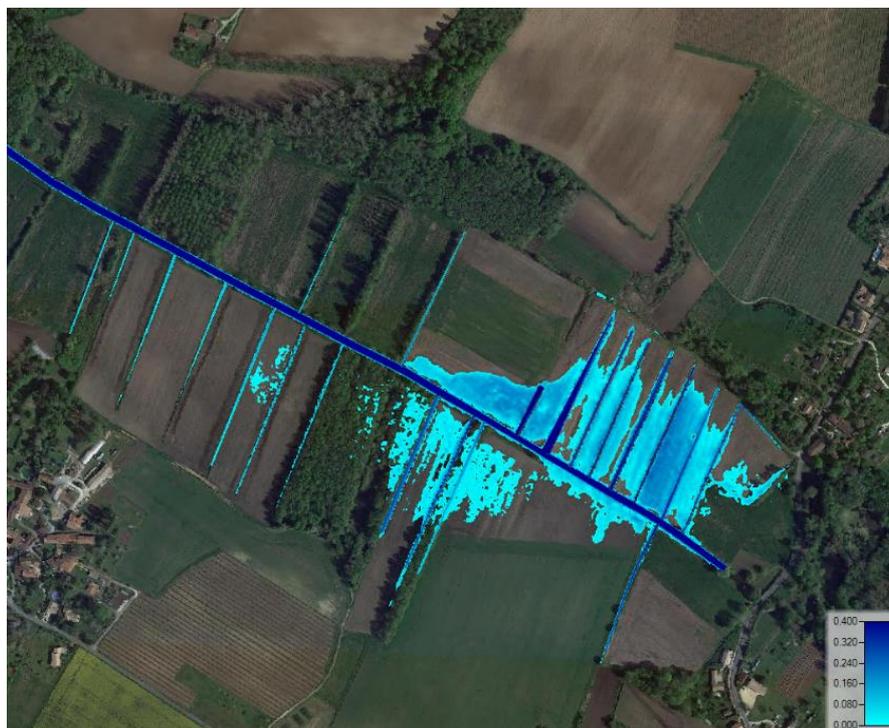
6.1.2 Approche dynamique de l'événement à Saint André

Secteur amont

- Mise en eau des fossés latéraux : $\sim 1 \text{ m}^3/\text{s}$ (08/12/2020)



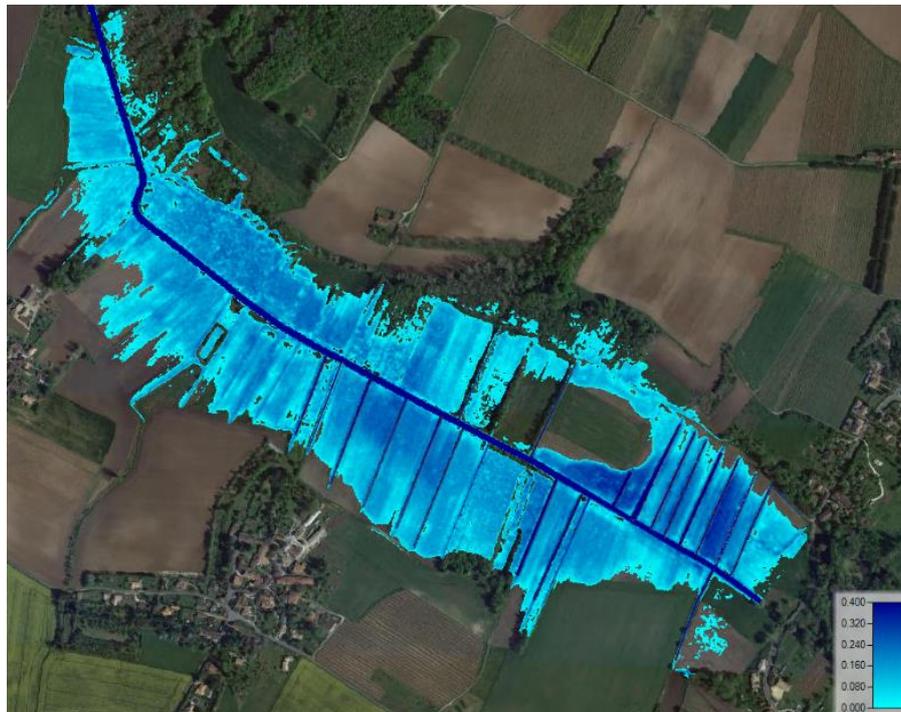
- Premières inondations des champs secteur amont : $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (14/12/2020)



- Débits minima entre les pointes de crues : $1.8 - 2 \text{ m}^3/\text{s}$:



- Débit maximal de la crue $7 \text{ m}^3/\text{s}$ (03/02/2021)



Secteur 2 : AVAL

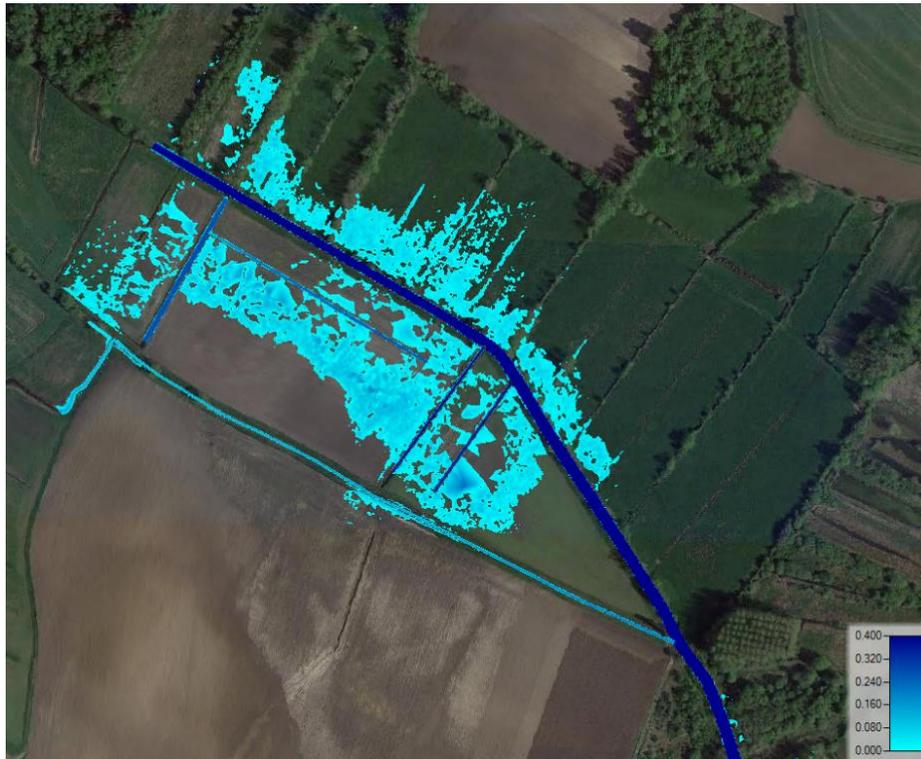
- Premiers débordements dans les fossés latéraux : $3\text{m}^3/\text{s}$ à la zone 2 (30/12/2020) ;
- Mais ressuyage par la suite lié aux petites « décrues » entre les pointes de débits (voir hydrogrammes) ;
- Toutefois : apport fossé latéral aval non injecté dans le modèle donc manque potentiel d'eau dans le secteur aval qui participerait sans doute à l'inondation des champs et fossés aval.



- Premiers débordements des fossés latéraux vers les champs : $5.5 - 5.7 \text{ m}^3/\text{s}$ (02/02/2021)



- Débordements max : 6.3-6.5 m³/s (08/02/2021). Il manque des apports par des ruisseaux latéraux, notamment rive gauche.



6.1.3 Synthèse

Le déroulé de la crue permet donc de confirmer un mécanisme partagé sur ces secteurs. L'augmentation des débits se traduit d'abord par une mise en eau des fossés latéraux. Ce seront d'ailleurs les derniers à se vidanger en décrue.

L'inondation des champs apparaît pour des débits différents entre l'amont et l'aval. En amont le débit de 2,5 m³/s peut être considérée comme nécessaire à la création de zone de profondeur supérieure à 20 cm dans le lit majeur (en bleu foncé dans les images). Il est possible que l'envasement de ce bief consécutif à l'ancien seuil à crémaillère constitue un verrou hydraulique qui pourrait se résorber progressivement dans le futur.

Pour le secteur aval cette situation de débordement apparaît plutôt pour des débits de 5,5 m³/s et a priori par débordement des fossés.

6.2 Secteur de Corme Ecluse

Ce secteur est plus complexe à étudier car il dépend de règles de gestion du partage de l'eau à Trois Doux. Nous avons donc préféré identifier le champ d'expansion par débordement et rechercher la valeur seuil de ce débordement.

Pour la vieille Seudre, le modèle a été calé par rapport aux observations de débit et relevés bathymétriques effectués le 21/07/2020.

Le débordement de la Seudre le 3 février 2021: Corme écluse

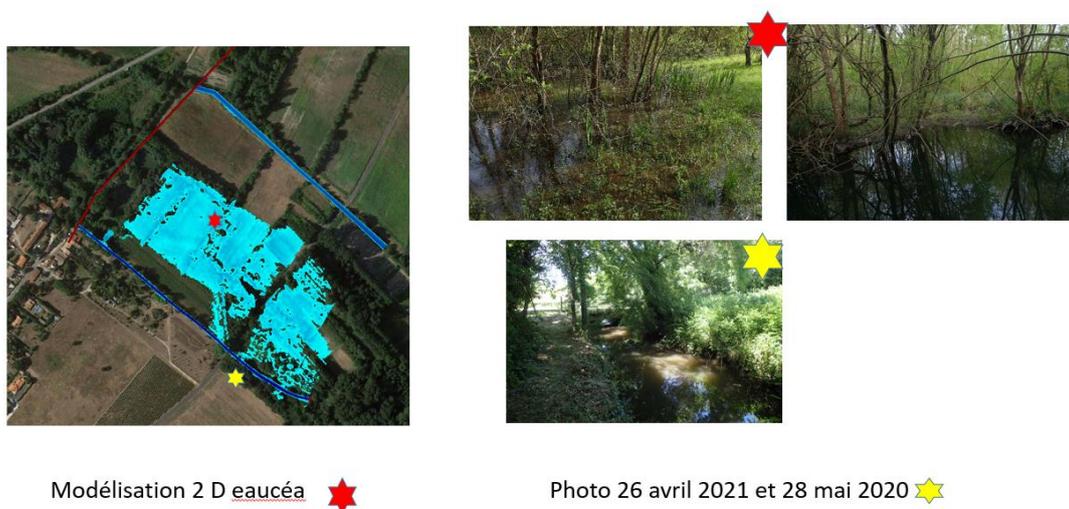


Figure 21 : repérage terrain. Station de Corme

L'analyse dynamique montre que les premiers débordements s'observent sur la vieille Seudre à partir de 2,1 m³/s. Station de Riolet – Vieille Seudre

Hydrologie favorable

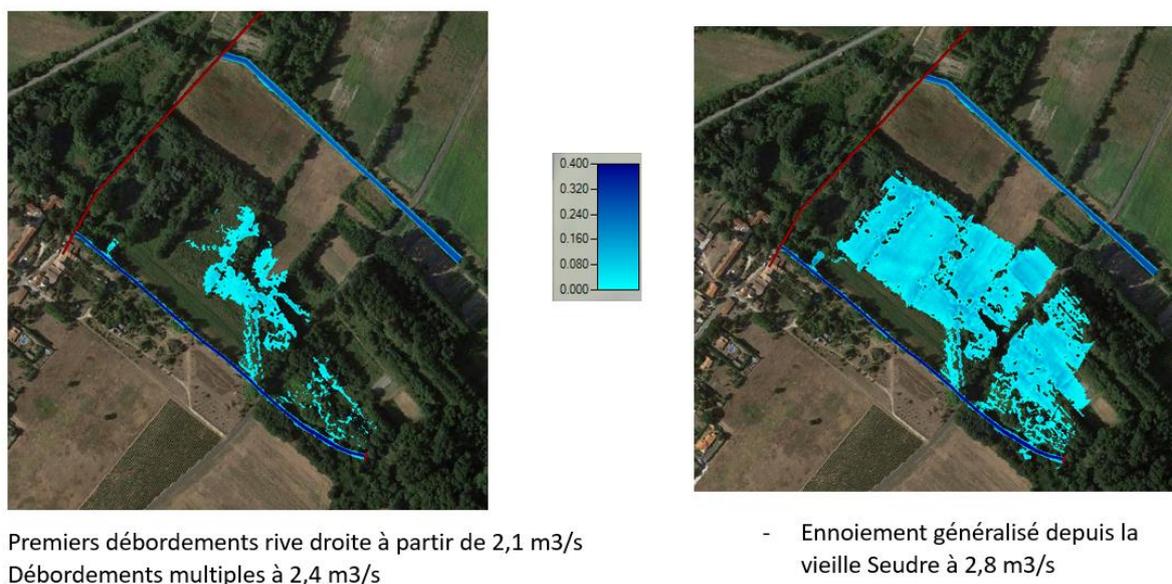


Figure 22 : évolution du champ d'inondation selon scénario de débit

7 Cartographie des conditions hydrauliques

Le croisement du critère profondeur optimale, entre 20 cm et 1 m et vitesse réduite à nulle (moins de 2,5 cm/s) permet d'identifier rapidement les secteurs favorables à la fraie du brochet dans différentes configurations de débit.

7.1 Saint André : Station amont et aval

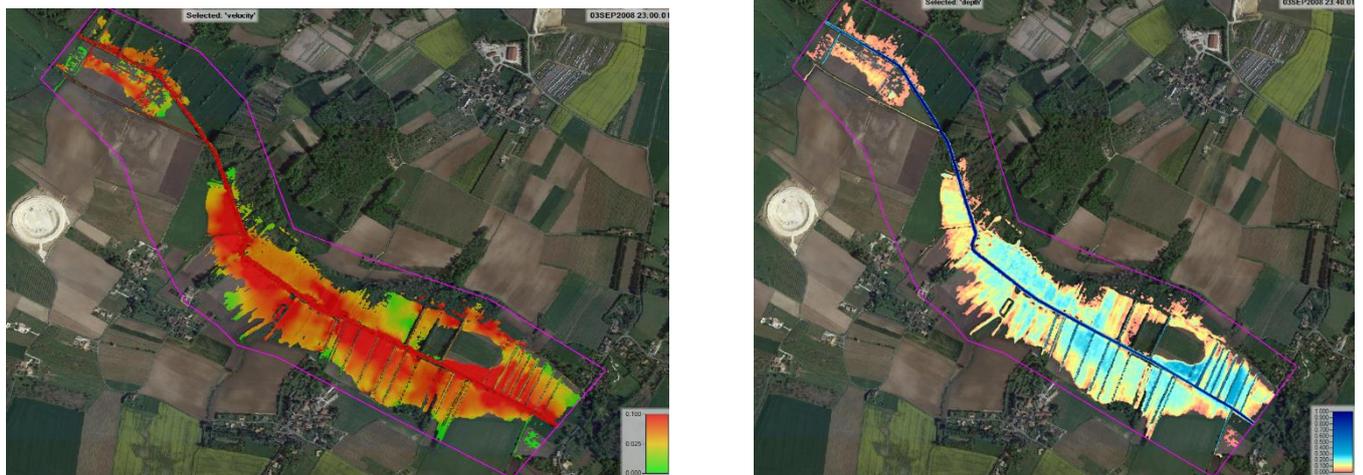


Figure 23 : champs de vitesse (m/s) et profondeur au pic de crue. En bleu les situations favorables. En rouge défavorables

En pointe de la crue, le critère vitesse apparaît discriminant sur la plupart des zones inondable (couleur rouge et jaune).

Pour la Seudre, nous confirmons que le lit majeur présente globalement des profondeurs favorables et la présence de végétation aquatique. Par contre, le critère vitesse en hautes eaux n'est pas respecté pour des débits supérieurs à $1 \text{ m}^3/\text{s}$ sauf très localement au contact de la berge. Cette situation pourrait localement exister certaines années sèches mais c'est un « pari » très incertain sur la période de février à avril.

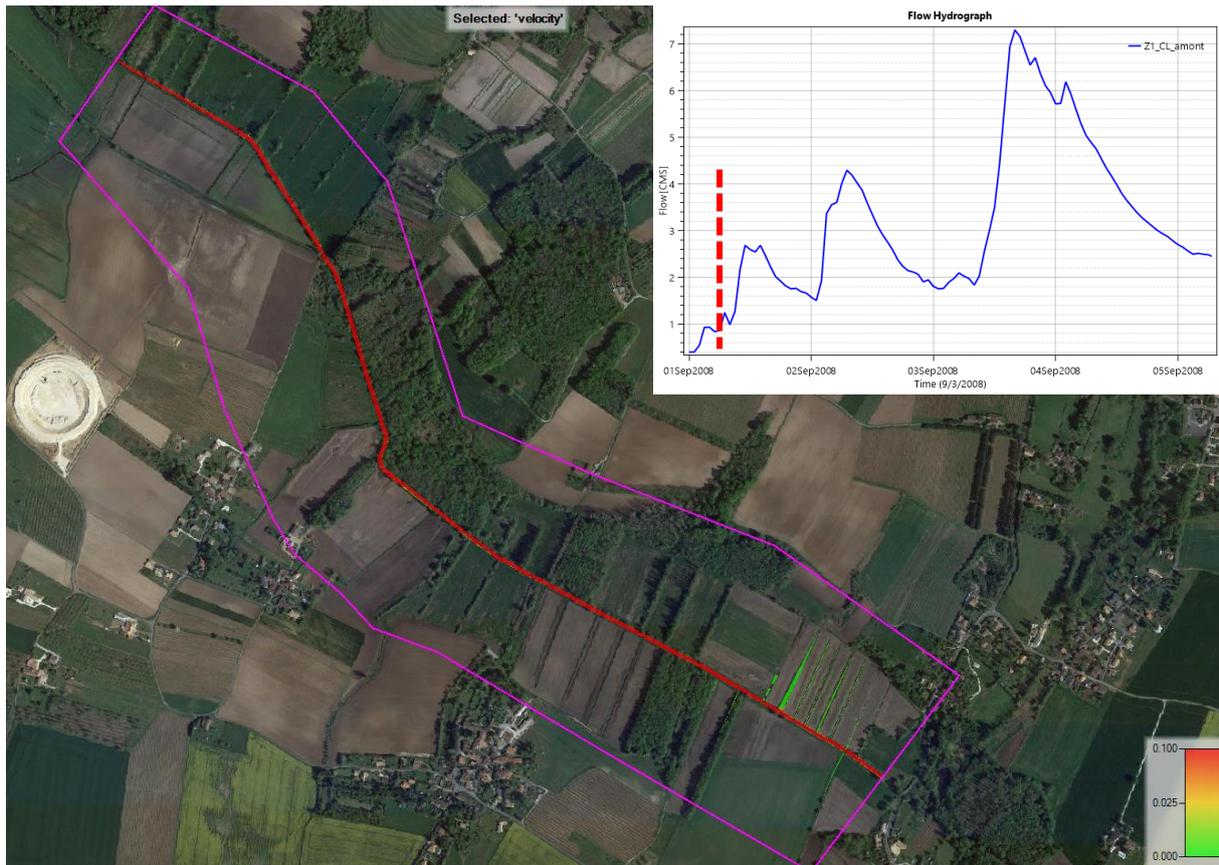


Figure 24 : première mise en eau des canaux latéraux pour 1 m³/s à la station amont

Les seuls sites favorables et protégés d'un risque hydraulique sont donc les canaux latéraux et quelques dépressions en contact avec ces canaux. Ils sont très peu fréquents dans le secteur aval (hors périmètre du ruisseau de la Garenne) et nécessitent des débits élevés et donc rares.

7.2 Station de Corme Ecluse

Les débits testés dans cette simulation sont de 2,5 m³/s qui permet une inondation complète de la zone favorable. On constate que pour ce débit les conditions sont très favorables à la fraie sur des surfaces très importantes. Ce site présente donc un bon potentiel sous réserve de la disponibilité en débit.

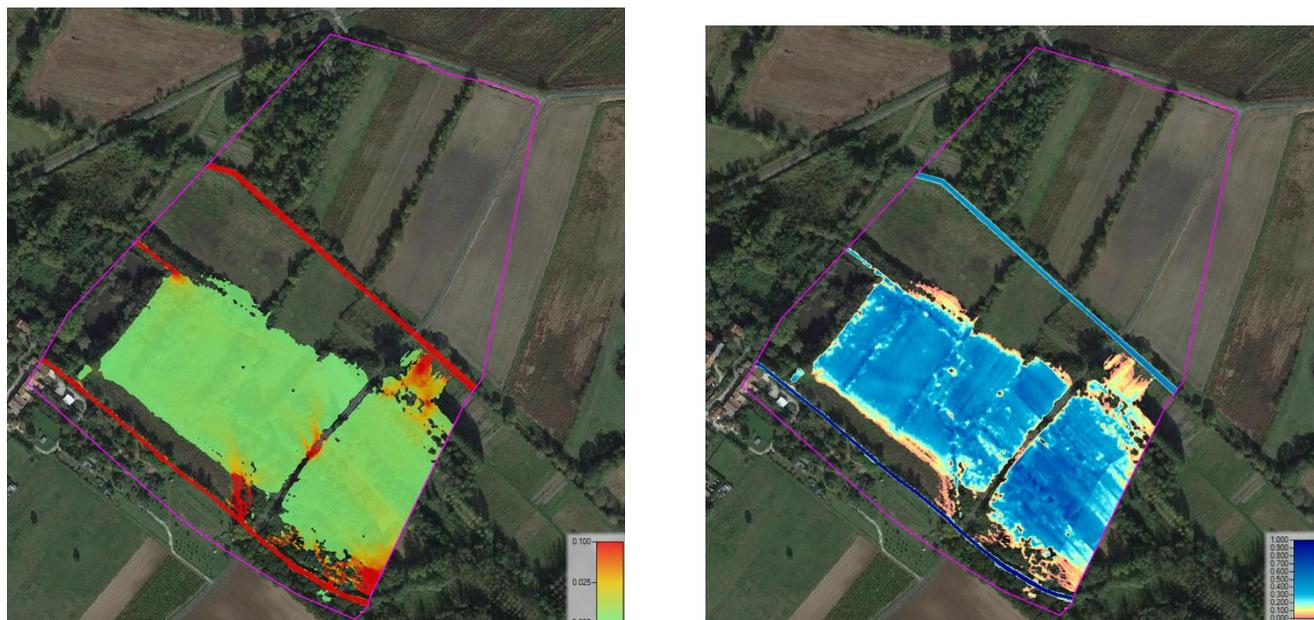


Figure 25 : champs de vitesse (m/s) et profondeur au pic de crue . En vert ou bleu les situations favorables. En rouge défavorables

8 Analyses hydrologiques

Nous retiendrons que les valeurs de référence favorables à des débordements significatifs sont :

Station	Premiers débordements (m ³ /s) et/ou mise en eau des canaux	Débordements significatifs (m ³ /s) dans le lit majeur
<u>Station Saint André amont</u>	1	2,5
<u>Station Saint André aval</u>	5,5	6,3
<u>Station Corme Ecluse (Riolet)</u> Vielle Seudre	2,1	2,8

L'analyse hydrologique consiste à recenser les périodes qui correspondent à ces valeurs de débit seuil. Pour cela nous avons étudié les chroniques de débits mesurés sur la **période biologiquement favorable soit de février à avril**.

Il s'agit de recenser les périodes consécutives où les eaux dépassent cette valeur seuil. Une baisse temporaire des débits pourrait se traduire par un dessèchement temporaire des frayères et donc le piégeage ou la mortalité des stades œuf, larve ou alevin. Une tolérance peut être assumée car nous n'avons pas de donnée concernant la dynamique de ressuyage des zones inondées. Une tolérance de 5% en moins du débit seuil est donc retenue. Le pilotage de l'analyse hydrologique se conduit donc au travers de critères simples.

Paramétrage			
Débits			
Débit seuil (m ³ /s)		1.00	
Tolérance (%)		5%	
Période	Jour	Mois	
Début	01	02	01-févr.
Fin	01	05	01-mai

Figure 26 : Exemple de conditions recherchées

En 2020, ce critère testé à Saint André se traduit par le graphe suivant. La durée consécutive maximale est de 90 Jours.

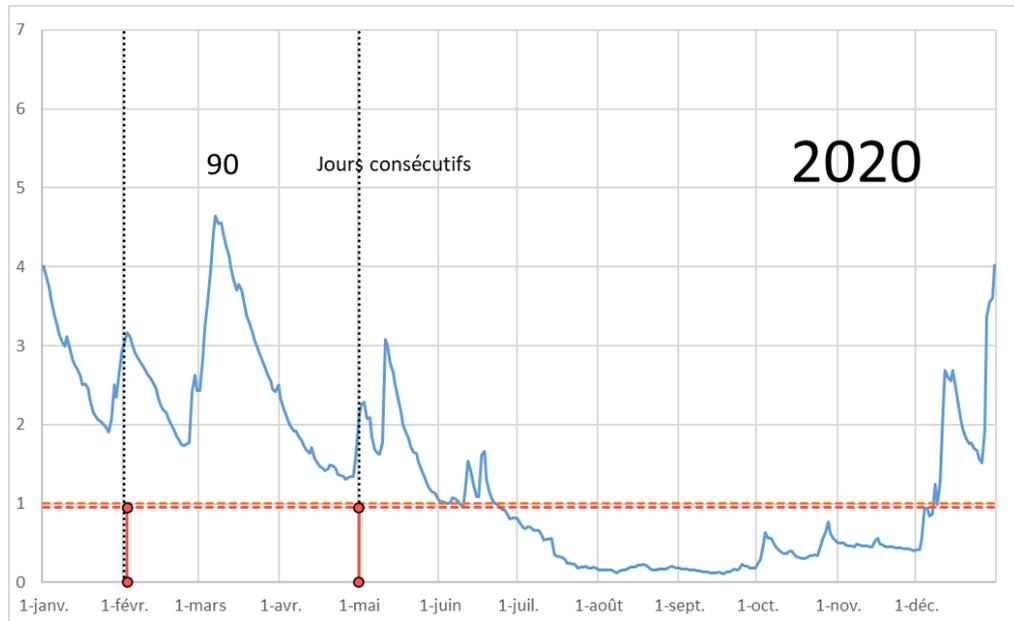


Figure 27 : Etude de l'hydrogramme 2020

En 2019 il n'existe pas de fenêtres suffisamment longues. La durée consécutive maximale est de 38 jours.

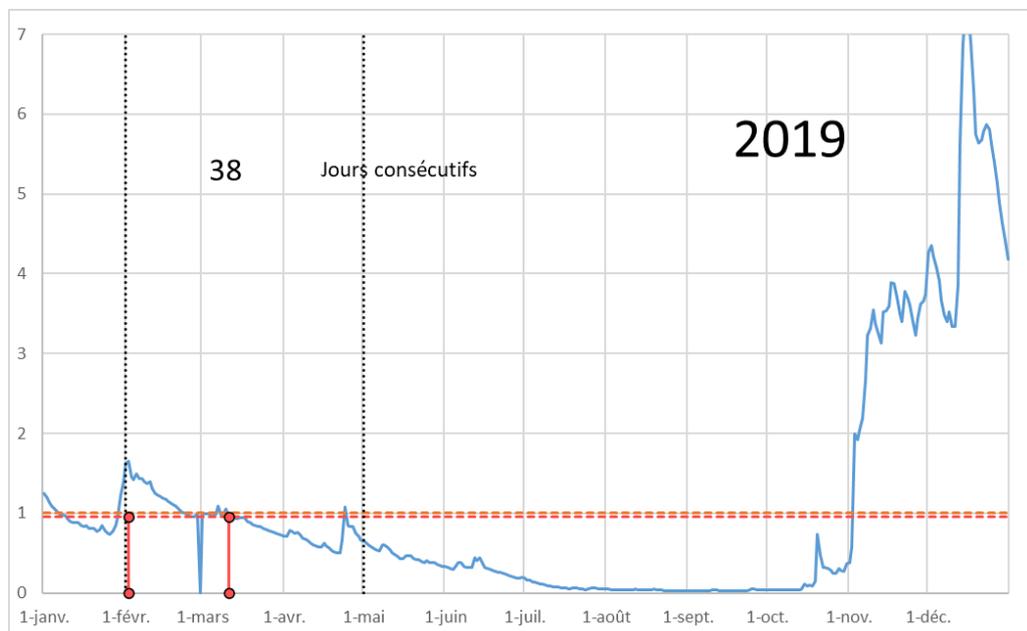


Figure 28 : Etude de l'hydrogramme 2019

L'exercice est effectué chaque année sur la chronique disponible.

8.1.1 Station de Saint-André

L'analyse hydrologique longue période à Saint André fait apparaître les chroniques caractéristiques suivantes.

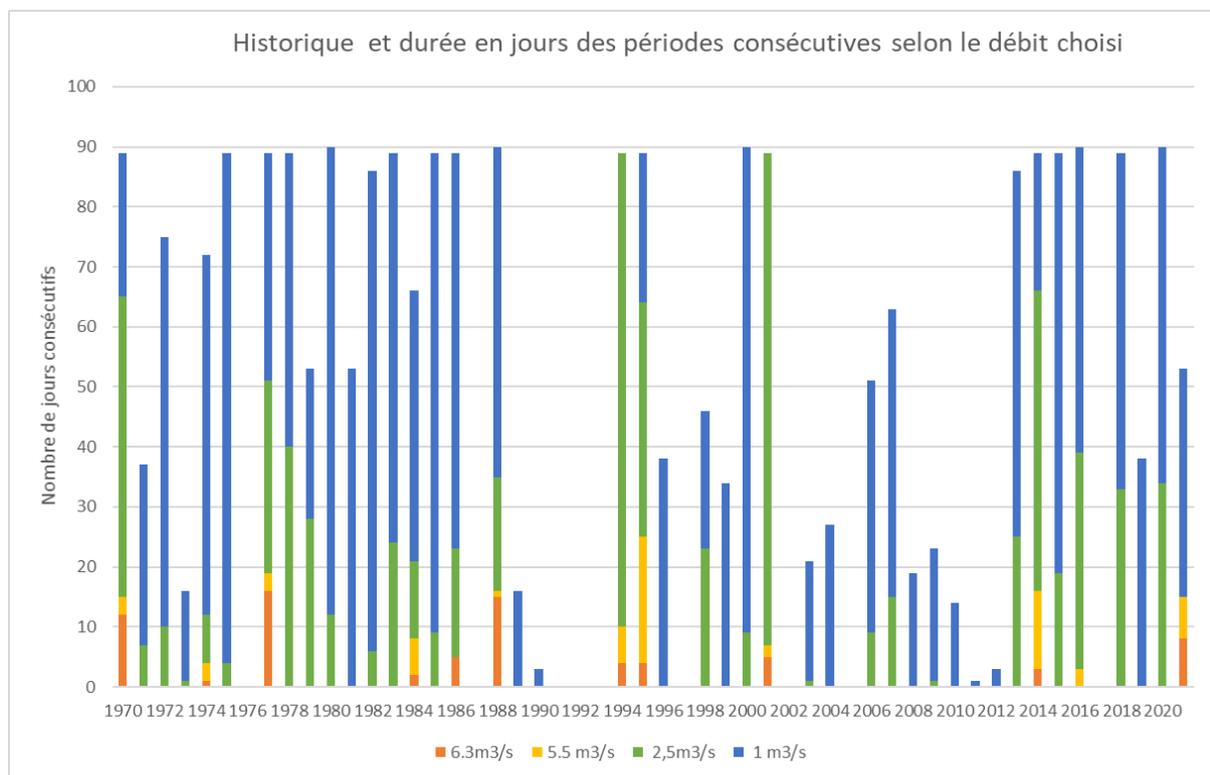


Figure 29 : Chronique longue période des durées de hautes eaux consécutives (Saint-André)

Sur cette base on peut retenir un critère « éliminatoire » : une durée consécutive de moins de 45 jours est incompatible avec la fonction recherchée. Les événements favorables seront donc ceux qui dépassent 45 jours consécutifs.

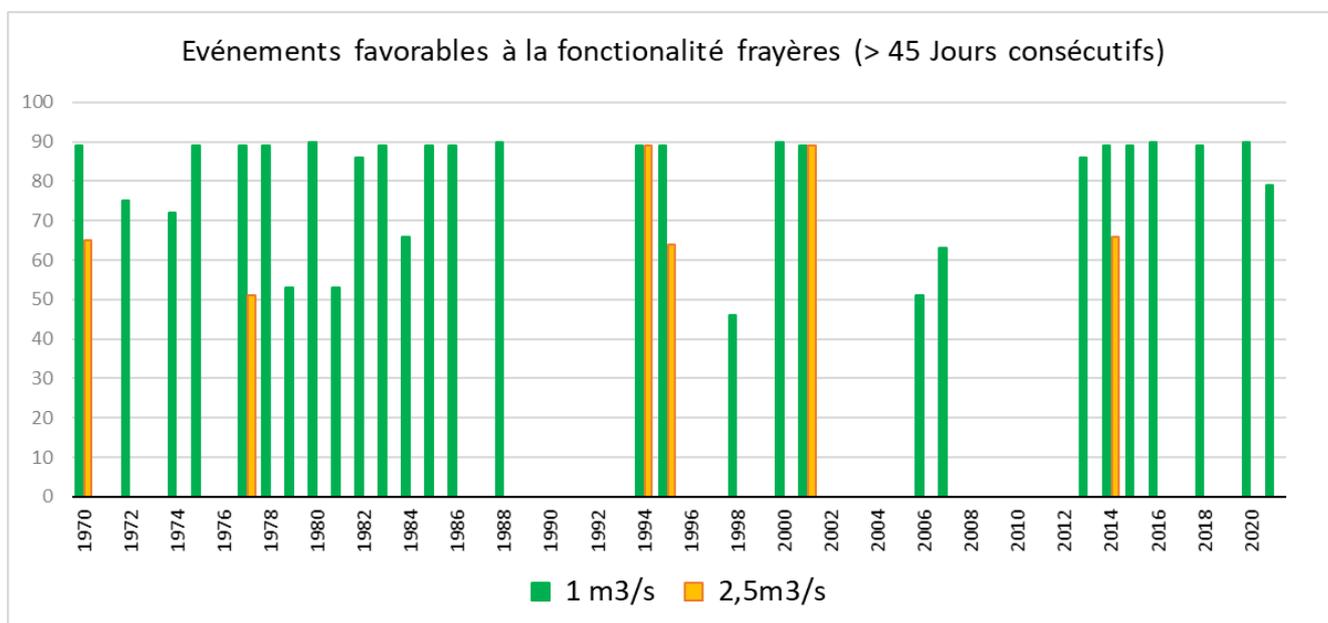
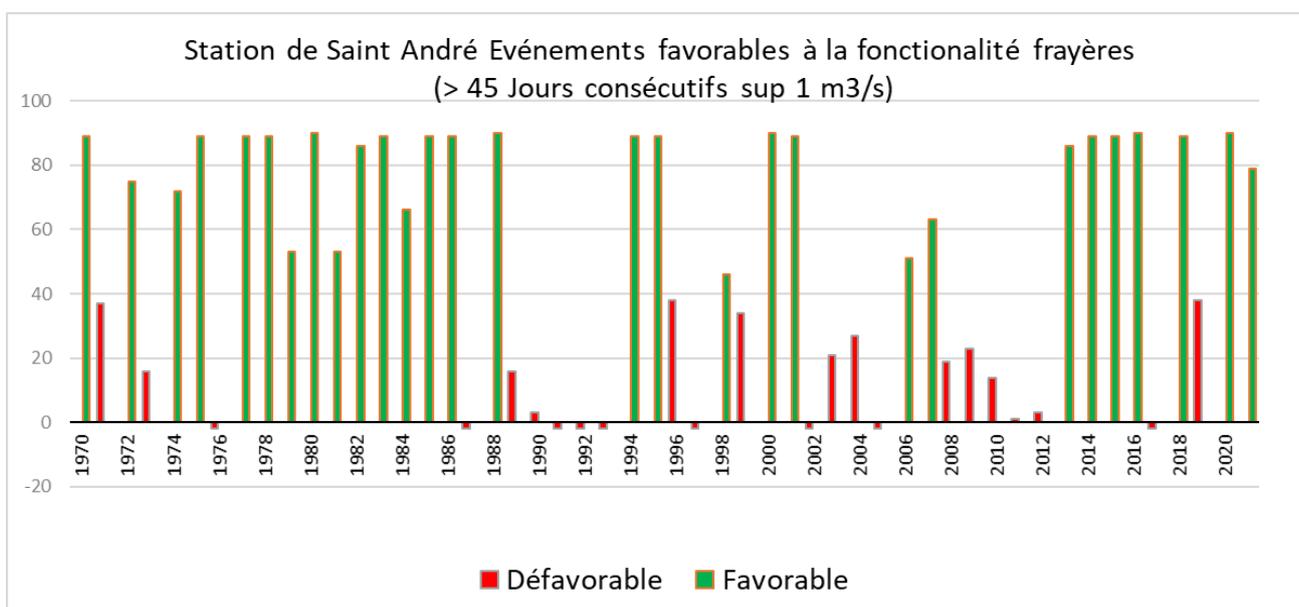


Figure 30 : analyse des séquences de débits favorables, selon la valeur seuil.

Nous nous apercevons que les valeurs de 5,5 et 6,3 m³/s nécessaires à la station aval de Saint André ne sont jamais assez durables. La fonctionnalité de ce secteur est donc incompatible avec l'hydrologie mesurée.

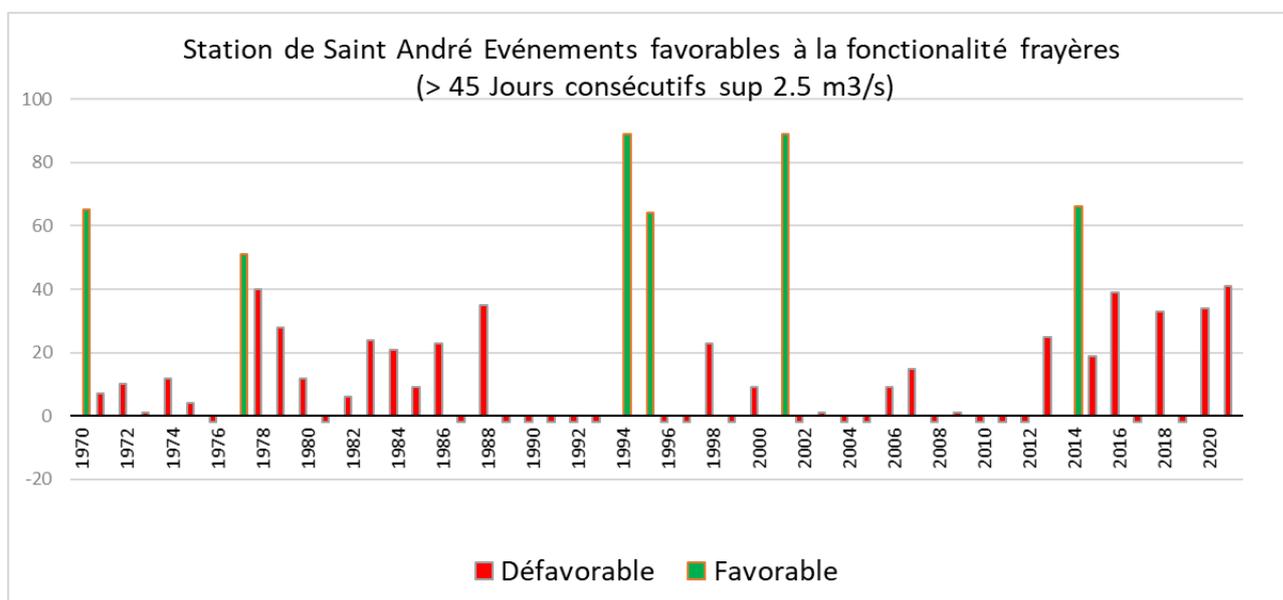
Pour la station amont, le débit durable de (1 m³/s ; 45 Jours) qui permet le début du remplissage des fossés et leur connexion à la Seudre est régulièrement atteint. Statistiquement ce phénomène est observé 29 années sur 52 étudiées. Les années défavorables, soit 23 sur 52, conduiraient donc à une absence de recrutement en juvéniles de brochet. Ce type d'évènement n'est pas forcément fatal pour la pérennité de l'espèce.



Cependant, il peut être observé des séquences de plusieurs années sèches consécutives durant lesquelles cette condition n'est pas respectée. Ces séquences si elles dépassent 4 années (exemple de 1990 à 1993 puis 2008 à 2012) risquent de remettre en cause le renouvellement des populations et forcément la fragilise. Cette situation est non souhaitable pour maintenir une bonne structure en âge au sein de ses populations (bonne représentation de l'ensemble des cohortes). A l'échelle d'une vaste zone inondable (la vallée de la Seudre), on recherchera d'avantage une submersion prolongée 2, voire 3 années sur 5.

Un rapprochement avec la chronique piézométrique longue période de Mortagne montre que ces hivers avec un débit de base peu soutenus correspondent aussi à des séquences d'affaiblissement significatif des niveaux piézométriques.

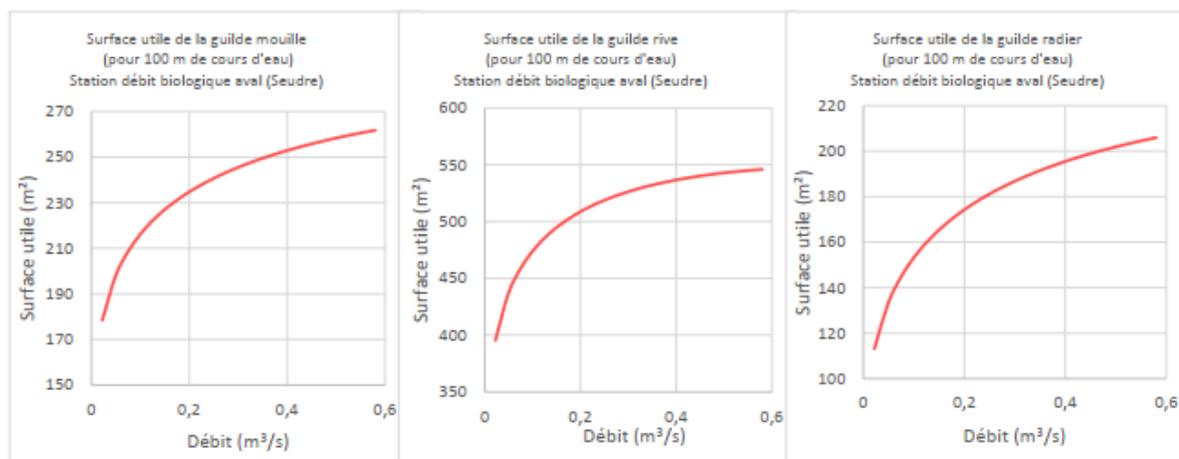
Les « bonnes années » avec une inondation durable d'une partie du lit majeur, sont beaucoup plus rares, la dernière ayant été observée hydrologiquement en 2014. Pour information, pendant la crue de début d'année en 2021, le débit de 2,5 m³/s n'a été atteint ou dépassé que pendant 41 jours consécutifs.



8.1.2 Station de Corme-Ecluse

A Corme-Ecluse la question doit être abordée de façon particulière puisque le débit est partagé entre deux biefs. Nous sommes donc partis sur l'hypothèse que la gestion du partage de l'eau viserait à maintenir dans la Seudre canalisée un débit minimal biologique élevé compatible avec les observations de l'étude DOE. L'étude pour la restauration de la continuité écologique de la Seudre prévoit l'aménagement du clapet de Trois Doux par la mise en place d'une rivière de contournement et le maintien de l'ouvrage à cote fixe pour l'alimenter (hors période exceptionnelle de crue par exemple). La répartition des débits entre la rivière de contournement, la Seudre canalisée et la vieille Seudre est un élément important de dimensionnement et de calage du projet.

Figure 67: Surface utile pour 100 m de cours d'eau selon Estim-hab en fonction des débits (station aval)



Ces courbes d'habitat Estim-hab suggère que l'évolution de l'habitat de la guilde rive se stabilise au-delà de 400L/s et continue de croître pour les guildes mouilles et radier. Nous proposons de retenir cette valeur comme suffisante en période hiver pour un fonctionnement écologique de la Seudre canalisée.

L'inondation de la zone humide débute avec la topographie modélisée à 2,1 m³/s. Nous retiendrons donc comme valeur de débit hydrologique à respecter $2,1 + 0,4 = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le débit disponible peut être évalué à partir des données de la station hydrométrique de Corme Ecluse, en fonctionnement depuis 2006. Si l'on retient les mêmes critères que précédemment on observe des séries annuelles critiques pour cette fonction.

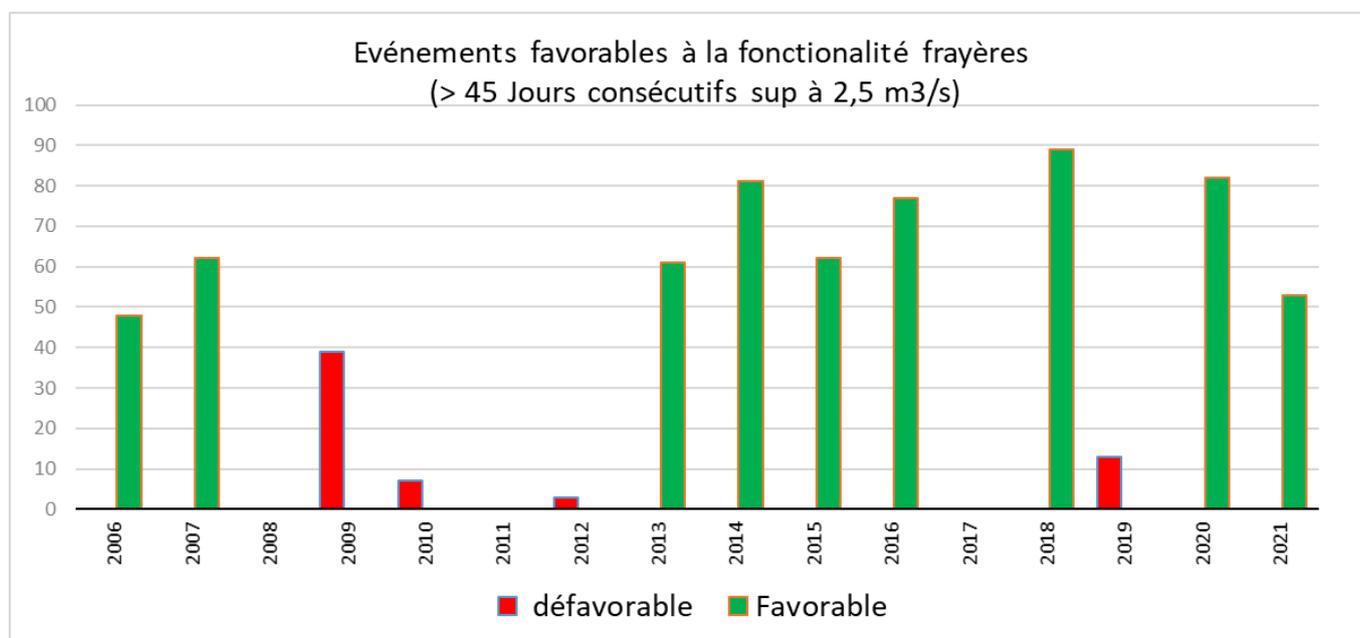


Figure 31 Analyse des situations favorables

9 Conclusion et fixation d'un débit biologique « hiver »

9.1 Débits planchers hydrauliques sans aménagement spécifique

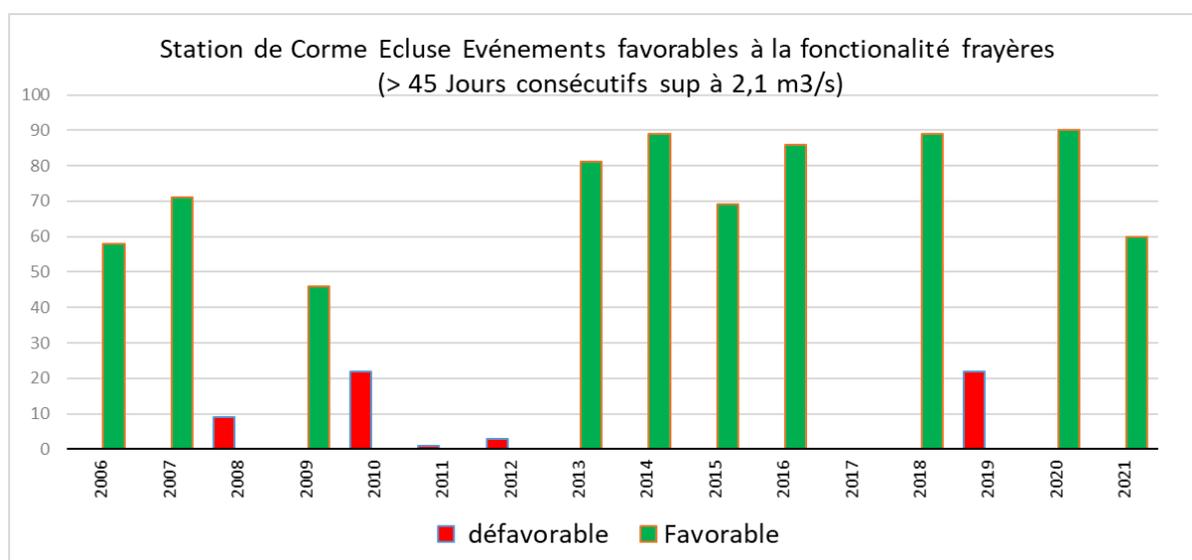
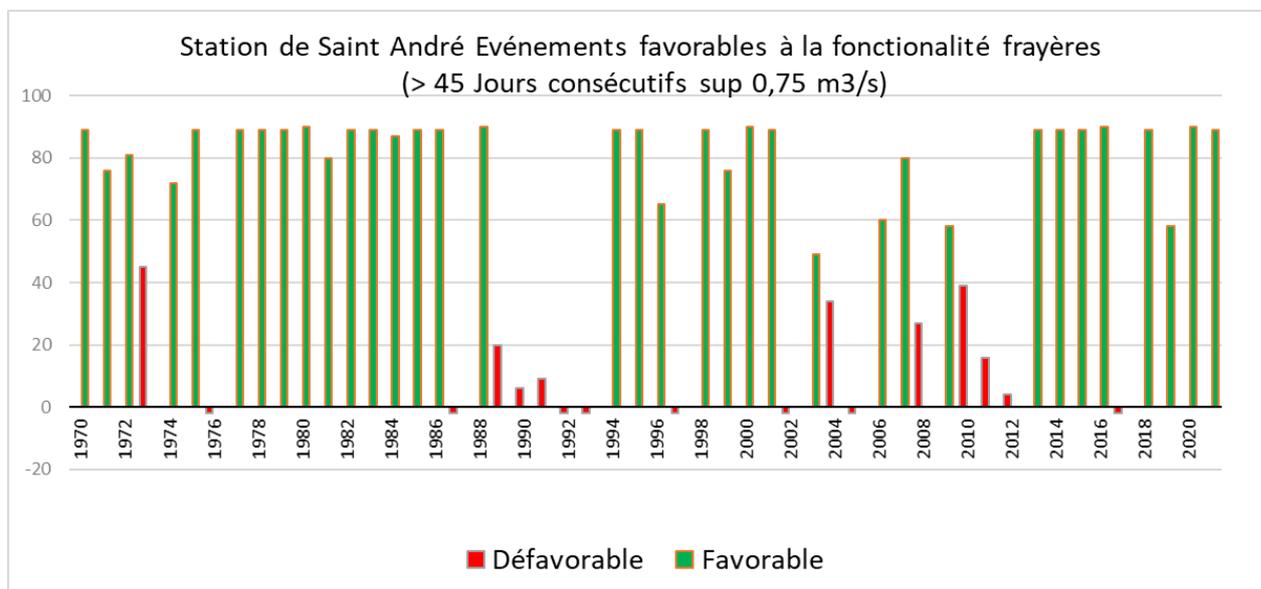
La chenalisation de la Seudre a provoqué une déconnexion très significative de ces anciennes zones humides de fond de vallée. C'était d'ailleurs l'objectif de ces travaux ruraux. Il n'est donc pas anormal de constater que le maintien d'une fonctionnalité « frayère à brochet » résiduelle sur ce bassin soit très perturbée et très vulnérable à un cycle d'années sèches.

Les débits nécessaires sont élevés et insuffisamment fréquents et surtout durable. C'est cette condition que nous avons fixé à 45 jours consécutifs qui est la plus pénalisante.

Station	Valeurs de débit plancher hydraulique sur les stations m ³ /s	Commentaires
<u>Station Saint André amont</u>	1	Maintien en eau des canaux latéraux et en connexion avec la Seudre. Faible surface et risque de piégeage à la vidange
<u>Station Saint André aval</u>	5,5	Non tenable. Site inadapté pour la Seudre
<u>Station Corme Ecluse (Riolet)</u> Vieille Seudre	2,5	Très vulnérable aux cycles secs

9.2 Débits planchers hydrologiques pour des aménagements spécifiques

C'est pourquoi, il serait sans doute plus pertinent d'envisager des aménagements compensatoires de ce drainage, en favorisant sur des secteurs bien précis une inondation dirigée et maîtrisée. Dans ce cas de figure plusieurs options techniques sont envisageables.



- **A Saint-André**, surcreusement et entretien des canaux. L'analyse hydrologique longue période montre que pour éviter 4 ans consécutifs ne respectant pas l'ensemble des conditions dans les 20 dernières années, il faut rechercher une valeur assez basse de 0,75 m³/s. Notons que pour cette valeur, la séquence 1989/1993 n'aurait pas pu être évitée.
- **A Riolet**, aménagement d'un dispositif de déversoir abaissé depuis la Vielle Seudre. Dans ce cas nous avons recherché le débit qui permet de réaliser une condition favorable à la condition des 45 J consécutifs et pas plus de 3 ans entre deux situations favorables. Nous arrivons à la valeur de 2,1 m³/s à Corme-Ecluse à partager entre les deux biefs.

9.3 Débit biologique « hiver » résultant

9.3.1 Proposition

Le croisement de l'ensemble des conditions hydrauliques et hydrologiques montre que au moins sur les stations étudiées, l'aménagement de protection contre les inondations fréquentes a des conséquences directes pénalisantes pour la fonction frayère à brochet. Actuellement cette espèce ce maintien à la faveur probablement d'évènements rares et sur des sites sans doute de très faible expansion.

Néanmoins, il est envisageable de conduire une stratégie d'atténuation qui s'appuie sur des aménagements physiques de certains site, favorisant une immersion durable et en connexion avec la Seudre. La recherche de ces sites doit cependant s'accommoder d'une condition hydrologique qui a été estimée pour les débits mesurés à 750 L/s à Saint-André et à 2,1 m³/s à Corme-Ecluse.

Les deux stations de mesures sont étroitement corrélées par un coefficient de 1,65 (cf graphe) assez proche du rapport de bassin versant pondéré (1,9^{0,8}).

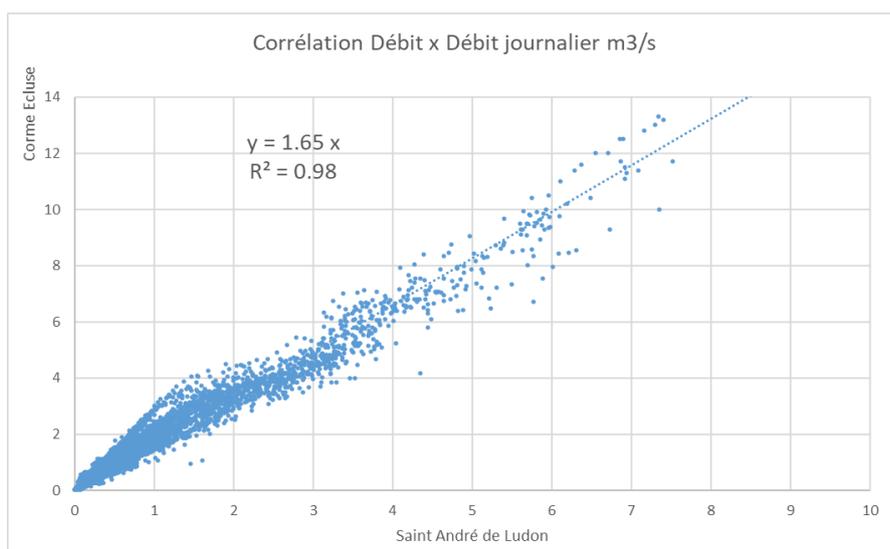


Figure 32 Graphe de corrélation entre les stations hydrométriques

Le débit de 2,1 m³/s à Corme correspondrait à 1,2 m³/s à Saint André.

La valeur de débit biologique minimum pour la fonction frayère à brochet se situe donc dans une fourchette comprise entre 0,75 m³/s et 1,2 m³/s à Saint André.

Toute action en faveur du maintien de ce débit voire de son renforcement contribuera à l'amélioration de la situation écologique du brochet Aquitain dans la Seudre.

9.3.2 Rapprochement des situations favorables et de la piézométrie

L'analyse hydrologique fait apparaître des cycles secs qui peuvent être particulièrement pénalisant quand ils sont longs (plus de 4 ans). La mise en relation de ces cycles secs et de la piézométrie interannuelle offre probablement un moyen d'anticiper ces situations à risque.

Un lien peut être trouvé entre la situation favorable pour les frayères et la piézométrie mesurée à Mortagne. On observe que la tenue durable d'un débit de 1 m³/s correspond aux années où le piézomètre a atteint ou dépassé la cote de 20 m NGF. La nappe est en situation de débordement. Ce piézomètre peut donc servir à vérifier le caractère favorable ou non favorable de chaque hiver hydrogéologique.

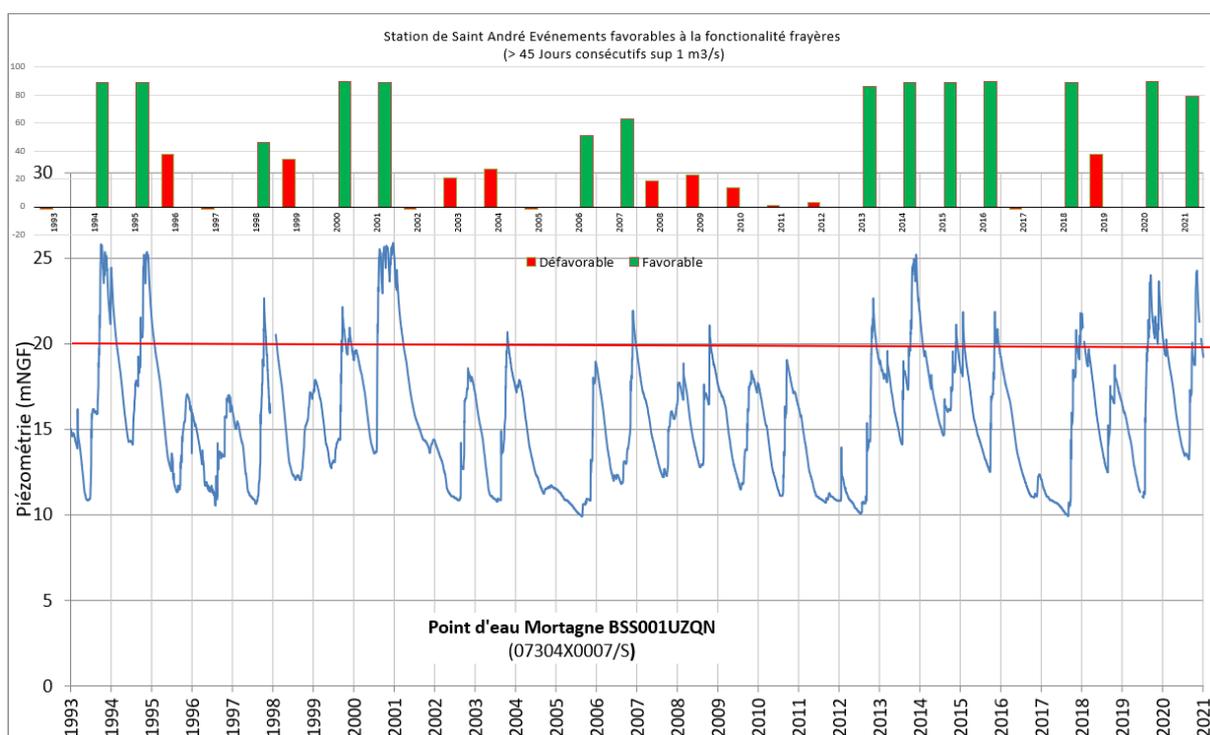


Figure 33 Relation piézométrie/ fonctionnalité hydrologique.