

Etude de la valeur des débits biologiques sur le bassin de l'Antenne

Territoire du SAGE Charente

**ESTIMATION DES DEBITS
BIOLOGIQUES**

LOT 1

**Tranche
optionnelle 1.1**

VERSION

avril 2023

TABLE DES MATIERES

1	POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »	7
2	METHODOLOGIE	9
3	CHOIX DES DEBITS : FREQUENCE ET SAISONNALITE	10
3.1	Méthode	10
3.2	Résultats	10
3.2.1	Antenne : hydrologie aux stations de débit biologiques	10
3.2.2	Calendriers hydrologiques et hydrobiologiques de l'Antenne	12
3.2.3	Calendriers hydrobiologiques de l'Antenne	14
4	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'ANTENNE AUX TOUCHES DE PERIGNY	16
4.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	16
4.1.1	Description de la station	16
4.1.2	Modélisation hydraulique de la station	19
4.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	21
4.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	21
4.2.1	Surface mouillée	21
	Granulométrie de la station	23
4.2.2	Profondeur	24
4.2.3	Vitesse d'écoulement	25
4.3	Habitat benthique	26
4.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	28
4.4.1	Colmatage	28
4.4.2	Entretien des frayères	28
4.4.3	Synthèse	28
4.5	Connectivité longitudinale	34
4.6	Habitats piscicoles (tous débits)	36
4.6.1	Valeurs d'habitat	36
4.6.2	SPU en m ² et en variations relatives	38
4.6.3	Interprétation	39
4.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station des Touches de Périgny (matrice)	40
5	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'ANTENNE A PRIGNAC	43
5.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	43
5.1.1	Description de la station	43
5.1.2	Modélisation hydraulique de la station	45
5.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	48
5.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	48
5.2.1	Surface mouillée	48
	Granulométrie de la station	49
5.2.2	Profondeur	51
5.2.3	Vitesse d'écoulement	52
5.3	Habitat benthique	54
5.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	56
5.4.1	Colmatage	56
5.4.2	Entretien des frayères	56
5.4.3	Synthèse	56
5.5	Connectivité longitudinale	62
5.6	Habitats piscicoles (tous débits)	64
5.6.1	Valeurs d'habitat	64
5.6.2	SPU en m ² et en variations relatives	66
5.6.3	Interprétation	67
5.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Prignac (matrice)	68

6	SYNTHESE SUR LES DEBITS BIOLOGIQUES ETIAGE ET HORS ETIAGE ET PIEZOMETRIE ASSOCIEE	71
6.1.1	Débits biologiques des stations	71
6.1.2	Indicateurs associés	71

Table des figures

Figure 1 : Stations du bassin de l'Antenne	7
Figure 2 : Profil en long approché de l'Antenne et position des stations de débit biologique.	8
Figure 3 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de l'Antenne	10
Figure 4 : Courbe des débits journaliers mesurés sur l'Antenne à Prignac.....	11
Figure 5 : Débits mensuels statistiques et débits classés de l'Antenne à Prignac.....	13
Figure 6: Saisons hydrologiques de l'Antenne à Prignac.....	14
Figure 7 : Position des transects de mesure de la station des Touches de Périgny	17
Figure 8 : Vue de la station vers l'amont.....	18
Figure 9 Profil en long de la station des Touches de Périgny	18
Figure 10 : Maillage de calcul et topographie de la station des Touches de Périgny	19
Figure 11 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	20
Figure 12 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré	20
Figure 13 : Evolution de la surface mouillée aux Touches de Périgny	22
Figure 14 : Carte des substrats de la station des Touches de Périgny	23
Figure 15: Evolution des profondeurs sur la station des Touches de Périgny à différents débits	24
Figure 16: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station des Touches de Périgny à différents débits	25
Figure 17: Evolution des milieux courants sur la station des Touches de Périgny.....	26
Figure 18 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	27
Figure 19 : Mise en mouvement des particules fines sur la station des Touches de Périgny	31
Figure 20 Mise en mouvement des particules grossières sur la station des Touches de Périgny	33
Figure 21: Connectivité de la station des Touches de Périgny pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau.....	34
Figure 22: Connectivité de la station sur l'Antenne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau.....	35
Figure 23: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny.....	36
Figure 24 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit	37
Figure 25: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny	38
Figure 26: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny.....	39
Figure 27 Zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny.....	40
Figure 28 : Matrice période de basses-eaux	41
Figure 29 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux	42
Figure 30 : Position des transects de mesure de la station DMB.....	44
Figure 31 : profil en long de la station de Prignac.....	45
Figure 32 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	46
Figure 33 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	47
Figure 34 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré	47
Figure 35 : Evolution de la surface mouillée à Prignac.....	49
Figure 36 : Carte des substrats de la station de Prignac	50
Figure 37: Evolution des profondeurs sur la station de Prignac à différents débits	51
Figure 38: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Prignac à différents débits	52
Figure 39: Evolution des milieux courants sur la station de Prignac.....	54
Figure 40 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	55
Figure 41 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Prignac	59
Figure 42 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Prignac	61
Figure 43: Connectivité de la station de Prignac pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau.....	62
Figure 44: Connectivité de la station sur l'Antenne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau.....	63
Figure 45: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac.....	64
Figure 46 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit	65
Figure 47: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac	66

Figure 48: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac.....	67
Figure 49 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac.....	68
Figure 50 : Matrice période de basses-eaux	69
Figure 51 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux	70

1 POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »

Le choix des stations a été arrêté en Copil. L'Antenne est étudiée au niveau de deux stations de débit biologique du bassin situées, notamment celle des Touches-de-Périgny dans un secteur vulnérable aux assecs :

- La station dite « des Touche-de-Périgny» en amont ;
- La station dite « de Prignac » en aval.

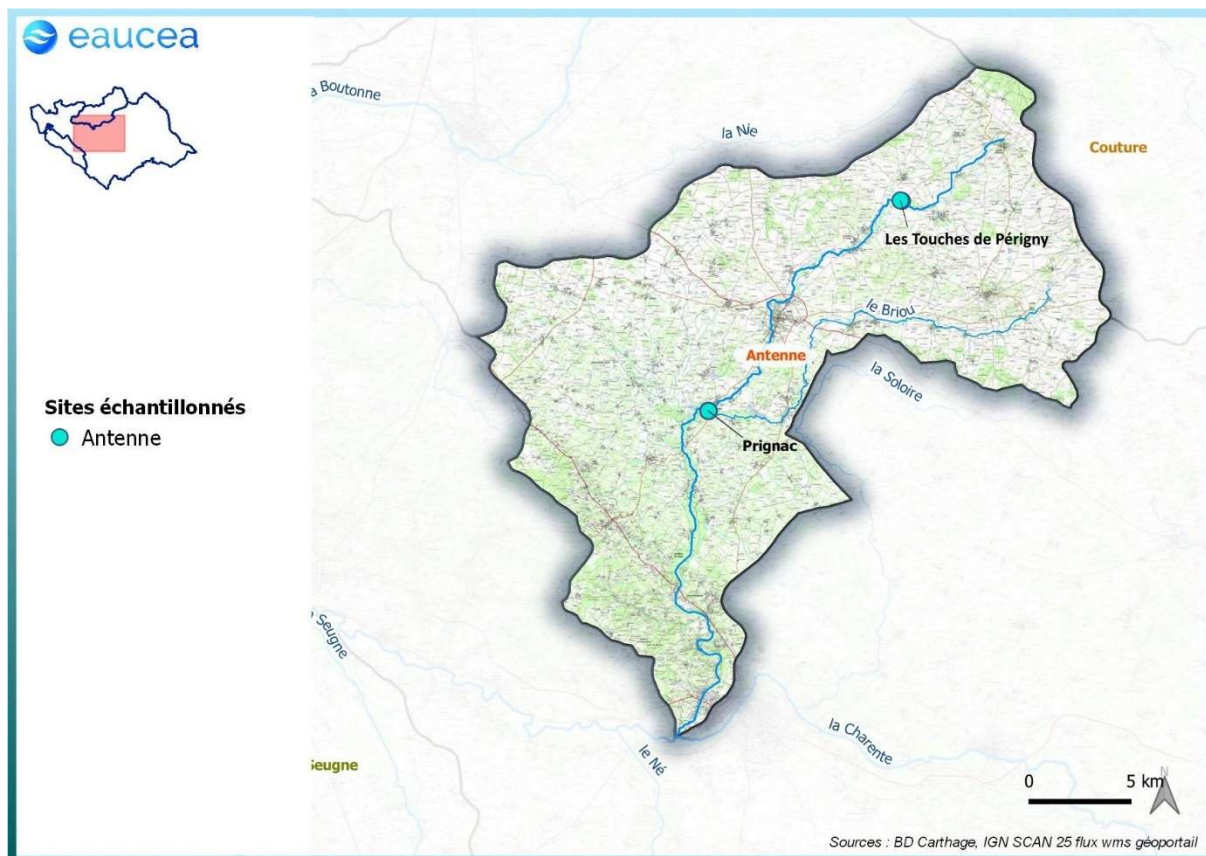


Figure 1 : Stations du bassin de l'Antenne

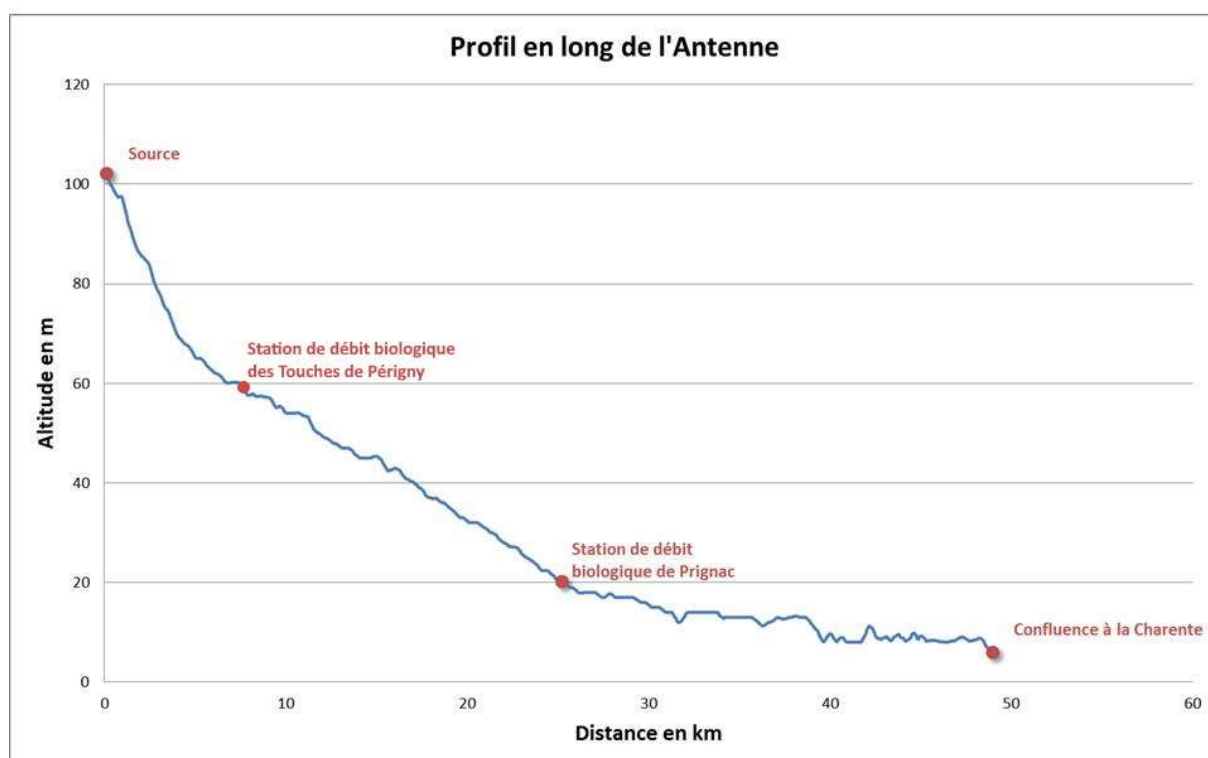
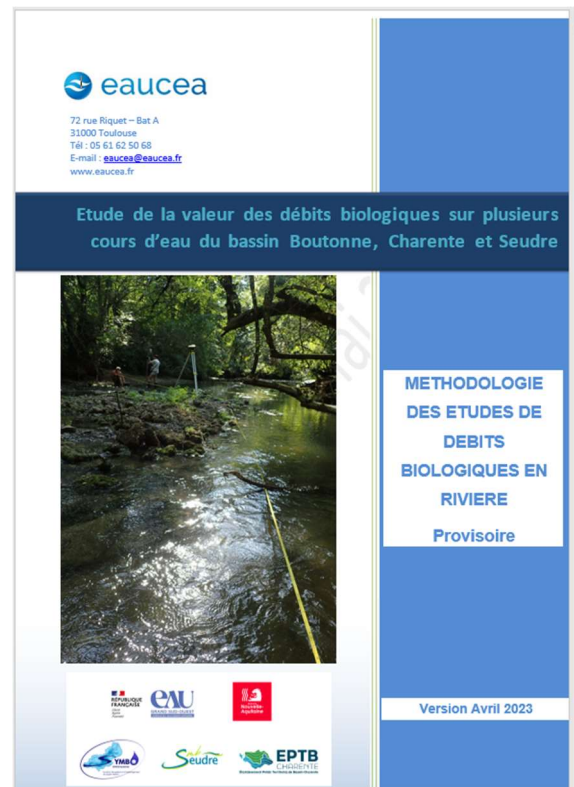


Figure 2 : Profil en long approché de l'Antenne et position des stations de débit biologique.

2 METHODOLOGIE

La contextualisation des stations d'études de débit biologique, les raisons de leur positionnement définitif, la méthodologie appliquée pour l'analyse des liens entre biologie et débit, pour les prises de données terrain et pour certaines clés d'interprétation sont décrits dans des documents spécifiques précédant cette étape conclusive. En particulier, la présente étude doit donc être analysée en regard des documents suivants :



Il s'agit ici d'exposer les résultats des prospections de terrain réalisées durant l'été 2021 et 2022, des modélisations hydrauliques consécutives (hiver 2021/22 et 2022/23) et des interprétations écologiques, hydrologiques et hydrogéologiques (hiver 2022/23).

Pour chaque station, sont successivement présentés :

- Le contexte hydrologique ;
- La position des mesures ;
- Les résultats des modèles hydrauliques 2D et leur conséquence sur la géométrie hydraulique des stations en fonction du débit ;
- Une analyse des enjeux sédimentaires en lien avec les débits de hautes eaux et le potentiel d'auto-entretien du cours d'eau ;
- Les modélisations biologiques ;
- Les analyses et proposition pour des débits biologiques saisonnalisés.

3 CHOIX DES DEBITS : FREQUENCE ET SAISONNALITE

3.1 Méthode

Une analyse hydrologique détaillée du bassin a été réalisée dans la première phase de l'étude, dite « rapport de tranche ferme ». Cette analyse s'appuie sur les débits mesurés à des stations hydrométriques qui serviront de référence. L'analyse de la tranche ferme évalue aussi les débits naturels au travers de l'étude des usages préleveurs et/ou de modélisation. Les conclusions de cette analyse déterminent les chroniques exploitées dans cette phase d'étude biologique qui couvre l'ensemble du cycle annuel. Les stations de débit biologiques peuvent être éloignées des stations hydrométriques. Une pondération simple par rapport de bassin versant permet d'évaluer le régime hydrologique à chaque station de débit biologique. Rappelons que ces débits, permettent de contextualiser l'analyse biologique mais ne déterminent pas le débit biologique sensu stricto. Un écart sur ces références de débit n'aura donc pas d'incidence majeure sur le résultat de l'expertise.

Les débits caractéristiques des stations d'étude biologique sur l'Antenne sont calculés sur la base des observations réalisées à Prignac (station R3214026 – L'Antenne à Prignac).

3.2 Résultats

3.2.1 Antenne : hydrologie aux stations de débit biologiques

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Débits (m³/s)	2.21	3.59	1.65	0.66	0.49	0.532	0.212	0.046	0.019	0.156	2.21	4.31	1.51
l/s/km²	10.2	16.5	7.6	3.0	2.3	2.5	1.0	0.2	0.1	0.7	10.2	19.9	7.0
Reconstitués	0.428	0.695	0.319	0.128	0.095	0.103	0.041	0.009	0.004	0.030	0.428	0.834	0.292
l/s/km²	10.2	16.5	7.6	3.0	2.3	2.5	1.0	0.2	0.1	0.7	10.2	19.9	7.0

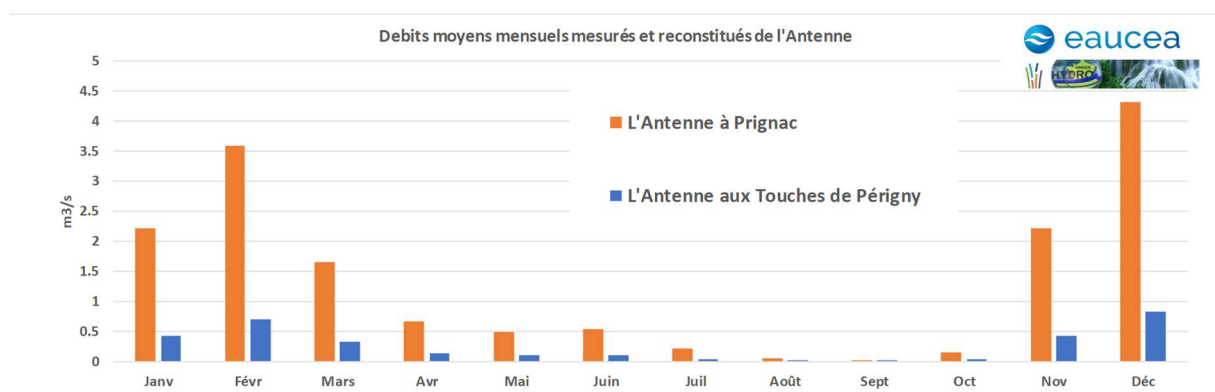


Figure 3 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de l'Antenne

Pour Prignac, la station « débit biologique » bénéficie de la proximité directe de cette même station de mesure.

Pour les Touches-de-Périgny, ils sont calculés au prorata du bassin versant des enregistrements de l'Antenne à Prignac.

Les débits classés offrent une analyse fréquentielle des débits que l'on s'attend à observer sur la station. Pour représenter les situations statistiques du cours d'eau comprises entre l'étiage et les hautes eaux, les occurrences 75% (basses eaux), 50% (médiane), 25% (hautes eaux et valeur proche du module) ont été estimées.

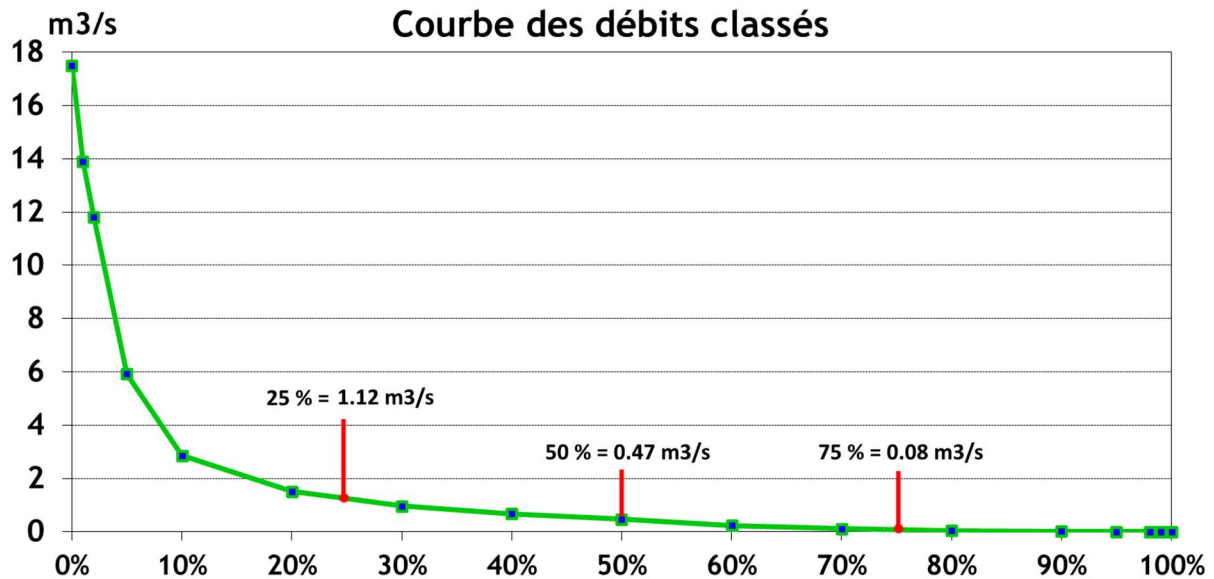


Figure 4 : Courbe des débits journaliers mesurés sur l'Antenne à Prignac

Ces bornes hydrologiques permettant de séparer les périodes d'eaux moyennes et de hautes eaux avec les périodes de transition ou l'étiage sont appliquées aux débits moyens mensuels. Pour les eaux moyennes et hautes elle a été fixée arbitrairement à 50% des débits classés. L'étiage correspond aux mois dont la moyenne mensuelle est plus faible que la valeur classée 75%. Entre les deux ce sont les eaux de transitions généralement observées au printemps puis à l'automne. Ces bornes n'ont pas ou peu de conséquences directes sur le choix des valeurs de débits biologiques.

Pour chaque station de débits biologiques, les bornes sont calculées au prorata du bassin versant. En étiage sévère, les apports ou pertes de la nappe ne peuvent être décrits simplement et il faut garder à l'esprit le caractère incertain de cette estimation.

Rappelons que la station des Touches de Périgny, bien que réputée toujours en eau, est comprise entre deux tronçons soumis à des assèchs réguliers comme en atteste une station Onde située en aval et les suivis du SYMBA.

	Prignac (station hydro et station DB) (en m ³ /s)	Touches de Périgny (station DB) (en m ³ /s)
Occurrence 75% (seuils de basses eaux et de transition)	0,080	0,029
Occurrence 50% (seuils des eaux de transition et moyennes)	0,474	0,171
Occurrence 25% (seuils des débits de hautes eaux)	1,120	0,405

3.2.2 Calendriers hydrologiques et hydrobiologiques de l'Antenne

Afin de saisonnaliser l'analyse des micro-habitats, quatre saisons sont identifiées sur des critères hydrologiques et le calendrier biologique des espèces présentes sur le cours d'eau.

Ces quatre périodes correspondront à :

- Une saison de hautes-eaux, où des enjeux de migration, de débordement, de reproduction des salmonidés et de mise en mouvement des particules fines (enjeu de granulométrie) sont prégnants ainsi qu'une analyse des valeurs d'habitat si les conditions hydrauliques respectent les limites d'interprétation ;
- Une saison de transition avec des débits diminuant (tarissement), où des enjeux de reproduction (cyprinidés), d'habitat et de connectivité seront analysés ainsi que le critère d'habitat rhéophile (vitesses élevées) ;
- Une saison de basses-eaux, où les enjeux d'habitat (y compris rhéophile) et de connectivité (circulation des poissons) seront analysés ;
- Une saison de transition avec des débits augmentant, où les mêmes enjeux que pour les deux saisons précédentes seront analysés.

Le cycle annuel est représenté par une approche par quantile des débits mensuels estimés avec les mêmes règles de prorata depuis la station de Prignac. Pour l'analyse des habitats aquatiques durant le cycle annuel, nous l'encadrerons par les valeurs mensuelles quinquennales sèches et humides ainsi que la médiane, écologiquement plus significative que la moyenne. Les débits mensuels médians comparés aux bornes hydrologiques issue des débits classés déterminent le calendrier hydrologique. Lorsque la valeur mensuelle est proche d'une borne de débit, un ajustement peut être proposé par l'expert.

Sur l'Antenne à Prignac, la saison de basses-eaux correspond à celle où les débits se situe en dessous de la valeur de débit classé 75 % (dépassée 75% du temps) soit 80 l/s. En hydrologie médiane, cette période s'étend d'août à octobre compris. Les saisons de transition (entre 75% et 50%) sont très réduites avec des débits croissants uniquement en novembre. La saison d'eaux moyennes et de hautes eaux (débit dépassé 50% du temps) s'observe de décembre à mai compris. Enfin, la saison de transition avec des débits diminuant encadre juin et juillet.

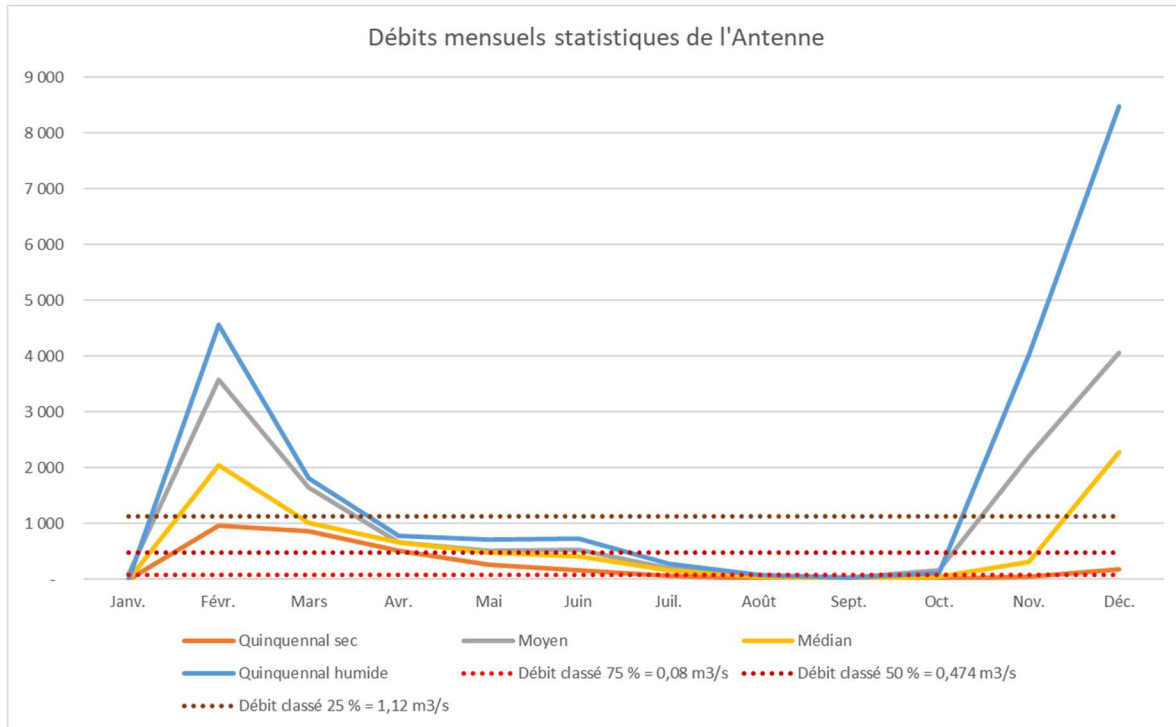


Figure 5 : Débits mensuels statistiques et débits classés de l'Antenne à Prignac

Les débits mensuels (m³/s) sont les suivants :

Antenne à Prignac	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	-	-	0.097	-	-	-
Févr.	0.900	0.959	3.581	2.040	4.560	10.440
Mars	0.784	0.859	1.647	1.010	1.818	3.678
Avr.	0.405	0.503	0.659	0.657	0.785	0.904
Mai	0.195	0.253	0.512	0.481	0.719	0.986
Juin	0.126	0.154	0.532	0.407	0.725	1.161
Juil.	0.024	0.061	0.191	0.157	0.270	0.387
Août	0.001	0.005	0.046	0.045	0.073	0.101
Sept.	-	-	0.019	0.018	0.031	0.041
Oct.	0.013	0.018	0.156	0.040	0.117	0.446
Nov.	0.037	0.051	2.205	0.308	4.028	9.117
Déc.	0.151	0.172	4.057	2.275	8.468	11.800

 Basses-eaux
 Transition
 Hautes-eaux

Figure 6: Saisons hydrologiques de l'Antenne à Prignac

Les calendriers des différentes périodes d'analyse hydrologiques sont donc :

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Antenne	Hautes-eaux					Période de transition		Basses-eaux			Période de transition	Hautes-eaux

3.2.3 Calendriers hydrobiologiques de l'Antenne

Les espèces cibles du secteur étant le brochet (*Esox lucius*), le chabot (*Cottus gobio*), la truite fario (*Salmo trutta fario*), le vairon (*Phoxinus phoxinus*) et la vandoise (*Leuciscus leuciscus*), leurs calendriers biologiques sont présentés ci-après.

Espèce	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
Brochet (<i>Esox lucius</i>)		Migration	Ponte/ Maturation	Emergen ce alevin	Dévelo ppeme	Migration						
Chabot (<i>Cottus gobio</i>)			Reproduction		Emergence	Maturation						
Truite fario (<i>Salmo trutta fario</i>)	Reprod uction	Incuba tion	Eclosion	Maturation								Reprodu ction
Vairon (<i>Phoxinus phoxinus</i>)					Reproduction							
Vandoise (<i>Leuciscus leuciscus</i>)					Reproduction		Emergence / Développe ment					

La saison des basses-eaux ne correspond à aucune étapes critiques du cycle de reproduction des espèces-cibles.

La saison de transition printanière correspond ainsi à :

- la fin de la période de migration du brochet ;
- la maturation du chabot ;
- la fin de la période de reproduction du vairon ;
- la fin de la période de reproduction et la phase de développement de la vandoise.

La saison des hautes-eaux correspond ainsi à :

- toutes les phases de la reproduction du brochet ;
- la reproduction et l'émergence du chabot ;
- toutes les phases de la reproduction de la truite ;
- la période de reproduction du vairon ;
- la période de reproduction de la vandoise.

4 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'ANTENNE AUX TOUCHES DE PERIGNY

4.1 Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique

Cette modélisation a pour objectif de décrire les paramètres physiques des écoulements, c'est-à-dire les hauteurs d'eau et les vitesses s'établissant au sein de la station DMB pour différentes conditions de débits.

4.1.1 Description de la station

Localisation et position des transects de mesure

La station des Touches de Périgny sur l'Antenne est située environ 600 m en amont de la confluence de la Gravelle, en amont du village des Touches de Périgny.

Elle s'étend sur environ 75 m de long, la limite amont étant située environ 45 m de long, dans un secteur caractérisé par plusieurs méandres successifs consécutifs. La station est positionnée entre 2 méandres.

9 transects ont été positionnés sur le linéaire de la station, ils permettent de rendre compte du fonctionnement hydraulique de l'Antenne à ce niveau (radiers, chutes, plats, ...). Ils sont représentés ci-dessous.

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 16/09/2021 qui a permis la prise des mesures suivantes le long de la station :

- Profils altimétriques et lignes d'eau associées des transects repérés ci-avant. Acquis avec un tachéomètre de type station totale
- Débit transitant dans la station, mesuré avec un courantomètre.

Le débit le jour des mesures a été mesuré 3 l/s.



Figure 7 : Position des transects de mesure de la station des Touches de Périgny

Profil en long, faciès d'écoulement et type de berges

Les faciès d'écoulement et la connectivité des berges le long de la station ont été également relevés pour les conditions d'écoulement le jour des mesures.

- **Faciès d'écoulement**

L'amont de la station débute par un linéaire de faciès type plat lent. Il aboutit à une zone de radier léger au niveau duquel la veine de courant se sépare en 2 autour d'un petit banc formé au centre.

S'ensuit une longue zone de plat courant (30^{aine} de mètres) qui se termine au droit d'un radier léger marquant la fin de la station DMB. L'Antenne se resserre à ce niveau.

La station présente une pente générale très faible.

- **Type de berges**

Les deux berges sont constituées d'atterrissements qui se prolonge en pente douce arborée d'une trentaine de degrés. Les atterrissements présentaient le jour de la visite sur site, une végétation à base de bryophytes suggérant une émergence prolongée.



Figure 8 : Vue de la station vers l'amont

- **Profil en long**

Sur la base des profils en travers relevés, le profil en long du fond et de la ligne d'eau relevée est représenté sur la figure suivante en positionnant les faciès d'écoulement relevés :

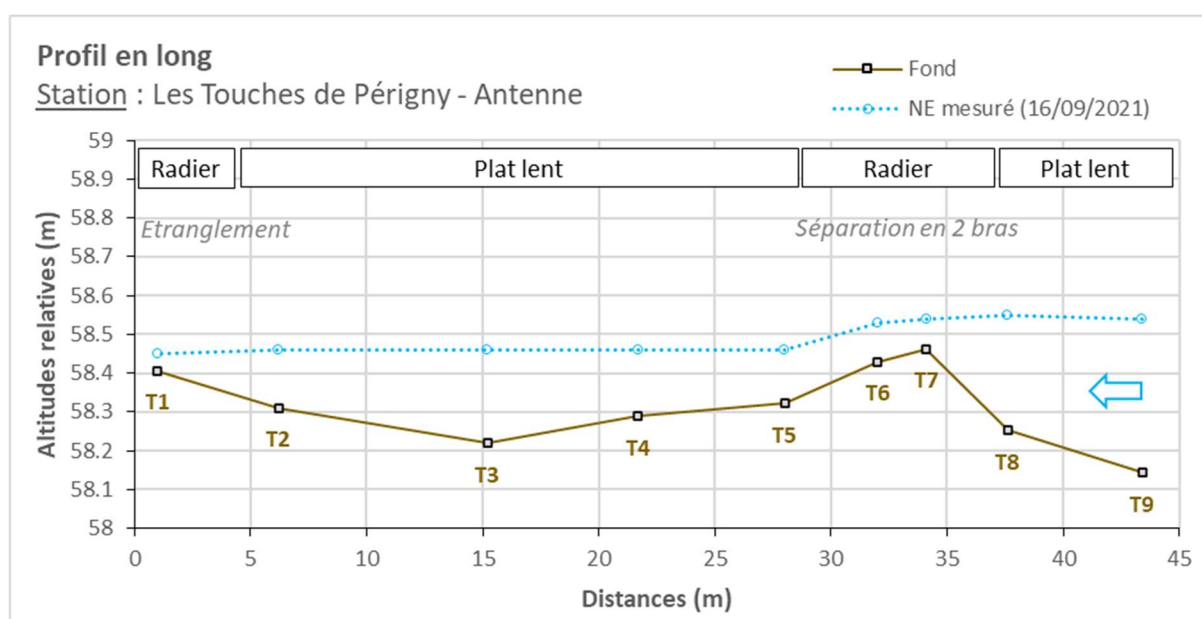


Figure 9 Profil en long de la station des Touches de Périgny

4.1.2 Modélisation hydraulique de la station

Principes du modèle

Une modélisation hydraulique 2D a été mise en œuvre, à l'aide du logiciel HEC-RAS 2D, permettant de calculer les paramètres physiques descriptifs de la station : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement à différentes conditions de débits. La modélisation 2D permet d'obtenir une répartition dans les 2 dimensions d'espace horizontales de ces paramètres. L'analyse hydraulique qui en découle est plus fine qu'avec un modèle unidimensionnel.

Les données bathymétriques et topographiques acquises sur le terrain ont été exploitées afin d'élaborer une représentation topographique continue de la station (MNT). Sur cette base, un maillage de calcul a été élaboré, composé de mailles carrées de 20 cm x 20 cm au maximum et raffiné au droit de zones clés. On représente en suivant le maillage de calcul superposé au MNT construit pour la station.

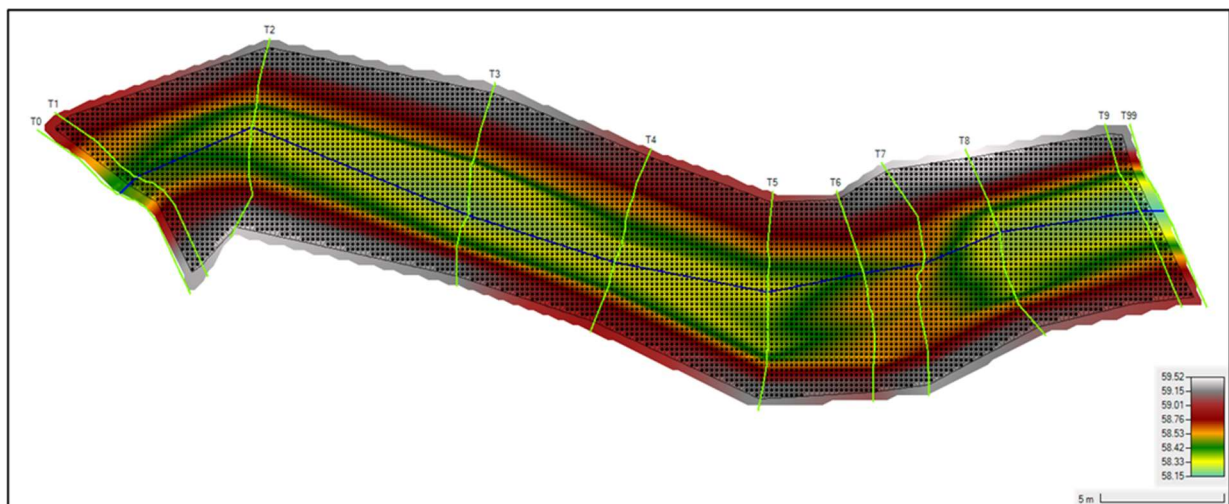


Figure 10 : Maillage de calcul et topographie de la station des Touches de Périgny

Calage du modèle

Le calage du modèle se base sur les relevés de niveaux de hautes d'eau faits lors de la venue sur site. Pour rappel, le débit associé est évalué à 3 l/s.

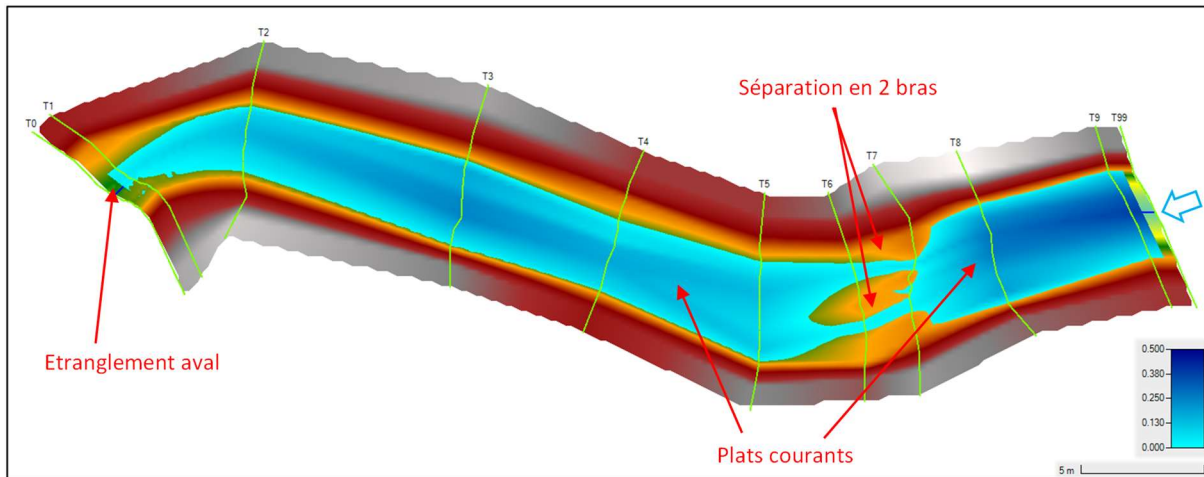


Figure 11 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

Le paramètre de calage est le coefficient de Manning-Strickler, rendant compte des frottements de fond. Son ajustement par zones spatiales dans le modèle permet de caler le modèle avec les mesures de niveau d'eau.

On présente en suivant les résultats de calage sur le profil en long de la station.

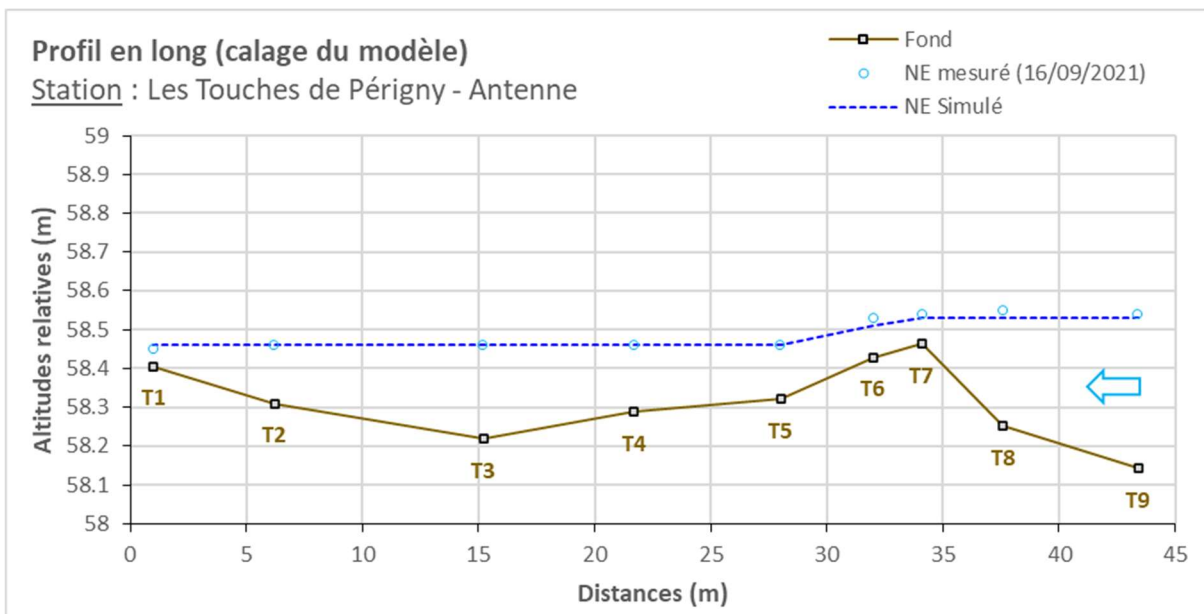


Figure 12 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

Le calage apparaît satisfaisant.

- Les plats lents amont et aval sont correctement représentés ;
- Au droit du radier en T7, la séparation en 2 bras d'écoulement est correctement simulée ;
- L'étranglement au droit du léger radier aval est correctement représenté.

Simulations réalisées

Une fois le modèle calé, il peut être exploité pour différentes conditions de débits incidents en amont de la station et lignes d'eau aval.

Des simulations ont été mises en œuvre pour plusieurs débits en régime permanent, sur une gamme allant de 1 l/s à 1,2 m³/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de l'Antenne à cette station.

4.1.3 Exploitation des résultats et présentation cartographique

Les résultats en termes de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement sont obtenus de manière spatialisée sur l'emprise de la station modélisée pour chacun des débits simulés. Les résultats sont présentés sous forme de courbe, de tableaux et de cartes. Pour les cartes, conformément aux recommandations du comité scientifique, les valeurs de débit représentées sont le QMNA5 minimum, QMNA5 moyen, 25 % du module, module et débit de débordement soit 5 cartographies.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	1
QMNA5 moyen (Modélisation Irstea)	25
50% du module (Irstea)	180
Module (Irstea)	480
Débit de débordement (Eaucea)	1100

Ils sont croisés avec les données de substrat relevées, et les courbes de préférence associées à chaque espèce et stades cibles sur la station DMB.

4.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

4.2.1 Surface mouillée

La surface mouillée évolue de manière croissante avec le débit et importante jusqu'au environ de 300 l/s. Son évolution est ensuite très modérée jusqu'à 1 200 l/s du fait du remplissage du lit et de la forme des berges. Au-delà de 1100 L/s à 1200 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

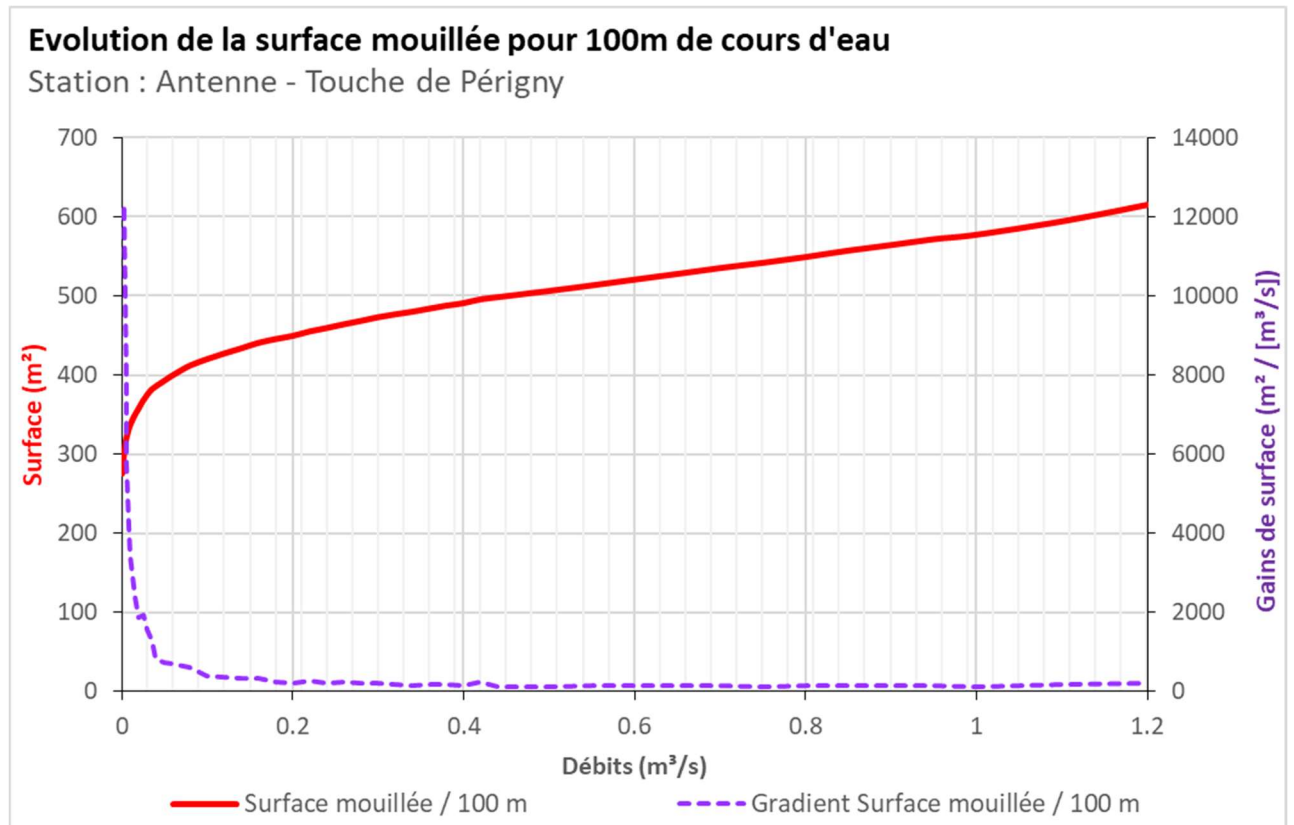


Figure 13 : Evolution de la surface mouillée aux Touches de Périgny

Granulométrie de la station

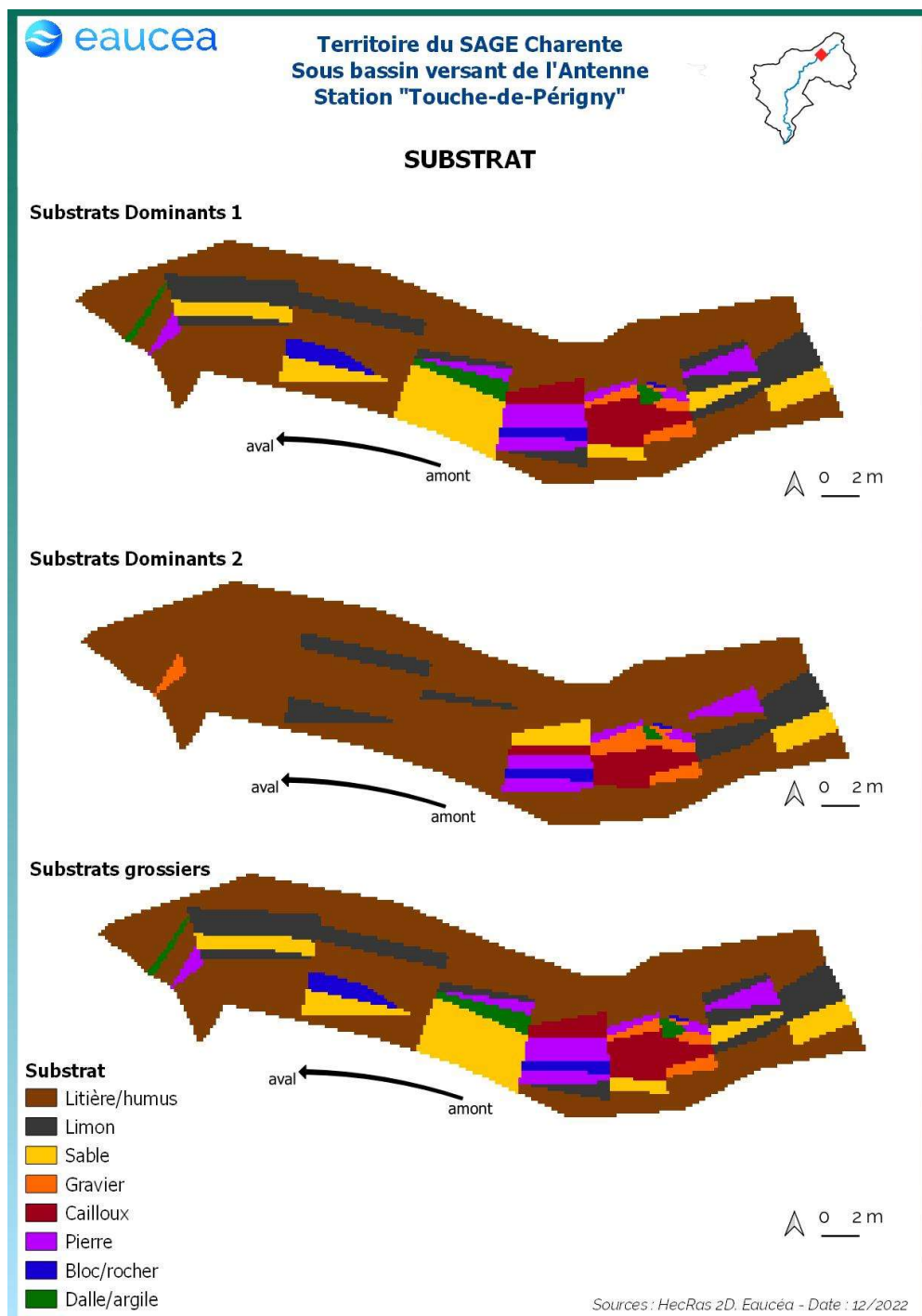


Figure 14 : Carte des substrats de la station des Touches de Périgny

La station présente des substrats dominés par la litière mais avec un secteur de sables, graviers, cailloux voire pierres.

4.2.2 Profondeur

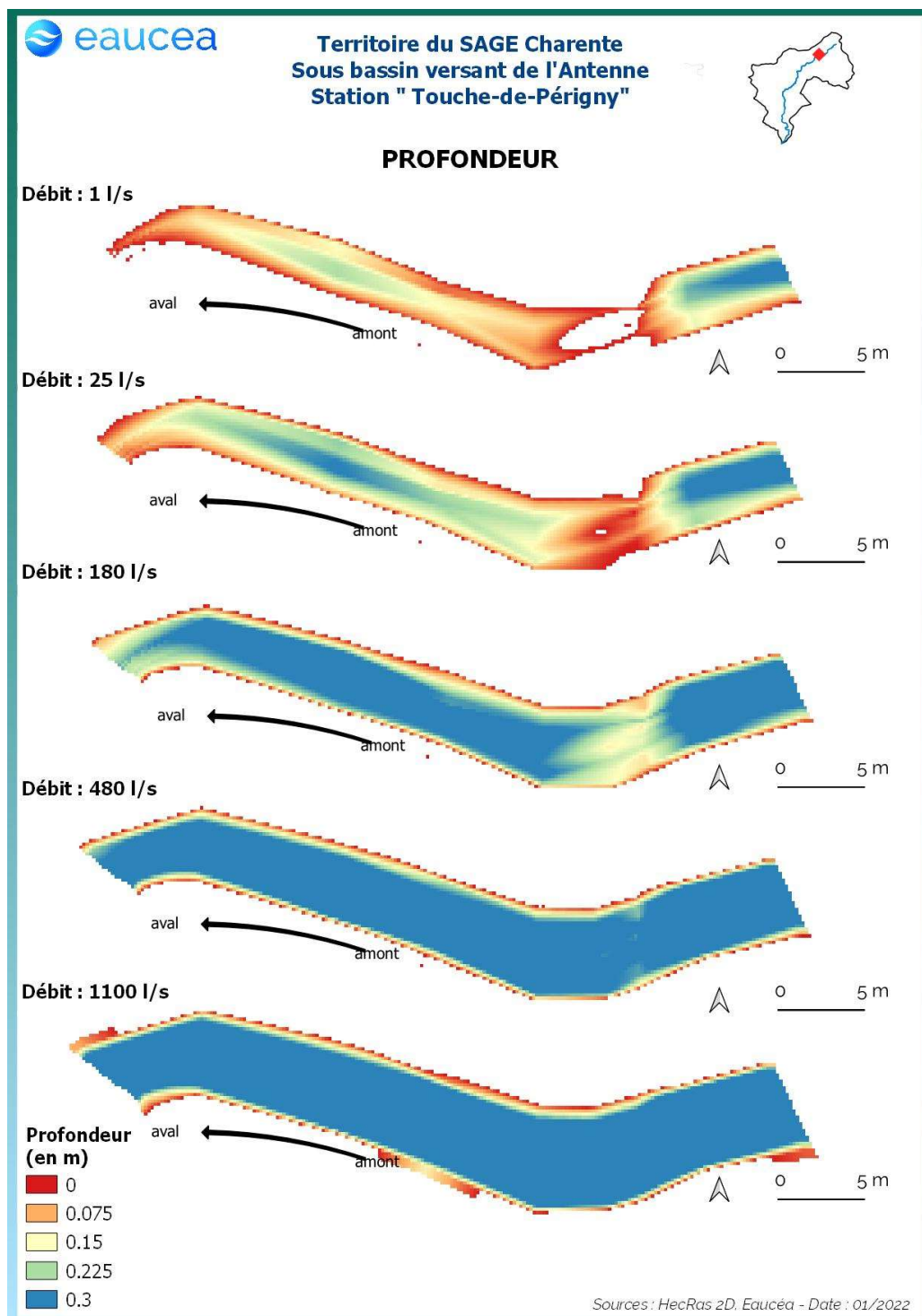


Figure 15: Evolution des profondeurs sur la station des Touches de Périgny à différents débits

La station présente une fosse en amont d'une trentaine de centimètres de fond même à un débit faible de 1 l/s. Des bancs sablonneux émergés persistent en rive droite et gauche créant un étranglement qui devient un radier à 180 l/s. La partie aval de la station présente elle aussi une fosse d'une trentaine de centimètres de fond lorsque le débit est d'au moins 25 l/s.

4.2.3 Vitesse d'écoulement

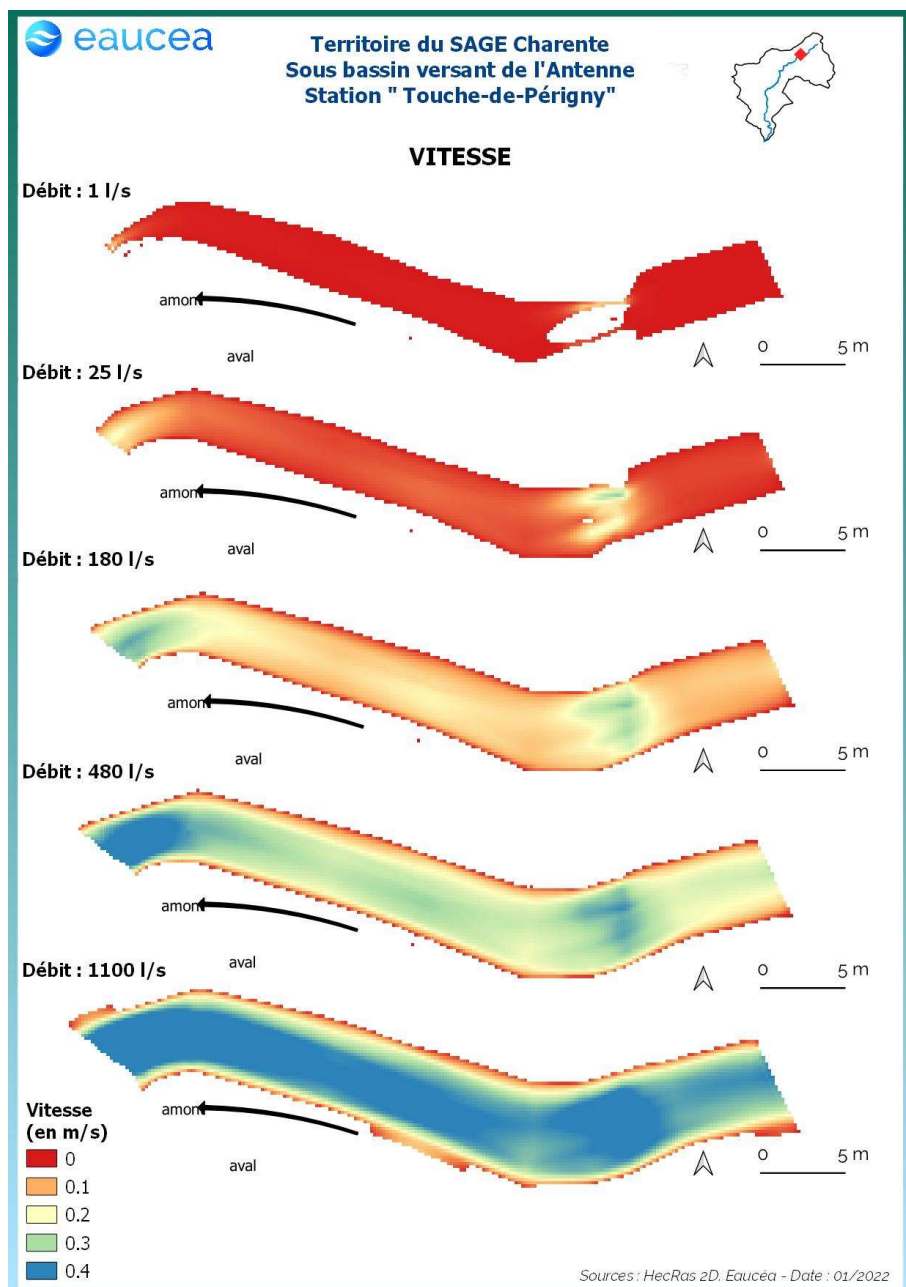


Figure 16: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station des Touches de Périgny à différents débits

Cette station sur l'Antenne ne présente que des vitesses d'écoulement faibles à bas débit et l'évolution des débits n'entraîne pas une augmentation importante de ces vitesses. Y compris au débit de débordement de 1100 l/s, certaines zones n'ont pas encore atteint la vitesse de 40 cm/s.

La modélisation des vitesses nous permet aussi d'identifier les habitats courants favorables aux espèces rhéophiles comme la vandoise et dans une moindre mesure le vairon.

4.3 Habitat benthique

La différenciation des habitats benthiques en lien avec la vitesse, critère le plus discriminant en étiage, peut s'analyser en distinguant deux zones de part et d'autre de la valeur-seuil de 25 cm/s (cf Note méthodologique : « *Habitat aquatique et invertébrés benthiques* »). La valeur repère de 25 cm/s séparant les milieux rhéophiles des milieux lenticques présente en effet une forte valeur descriptive de l'habitat des invertébrés inventoriés dans le bassin charentais.

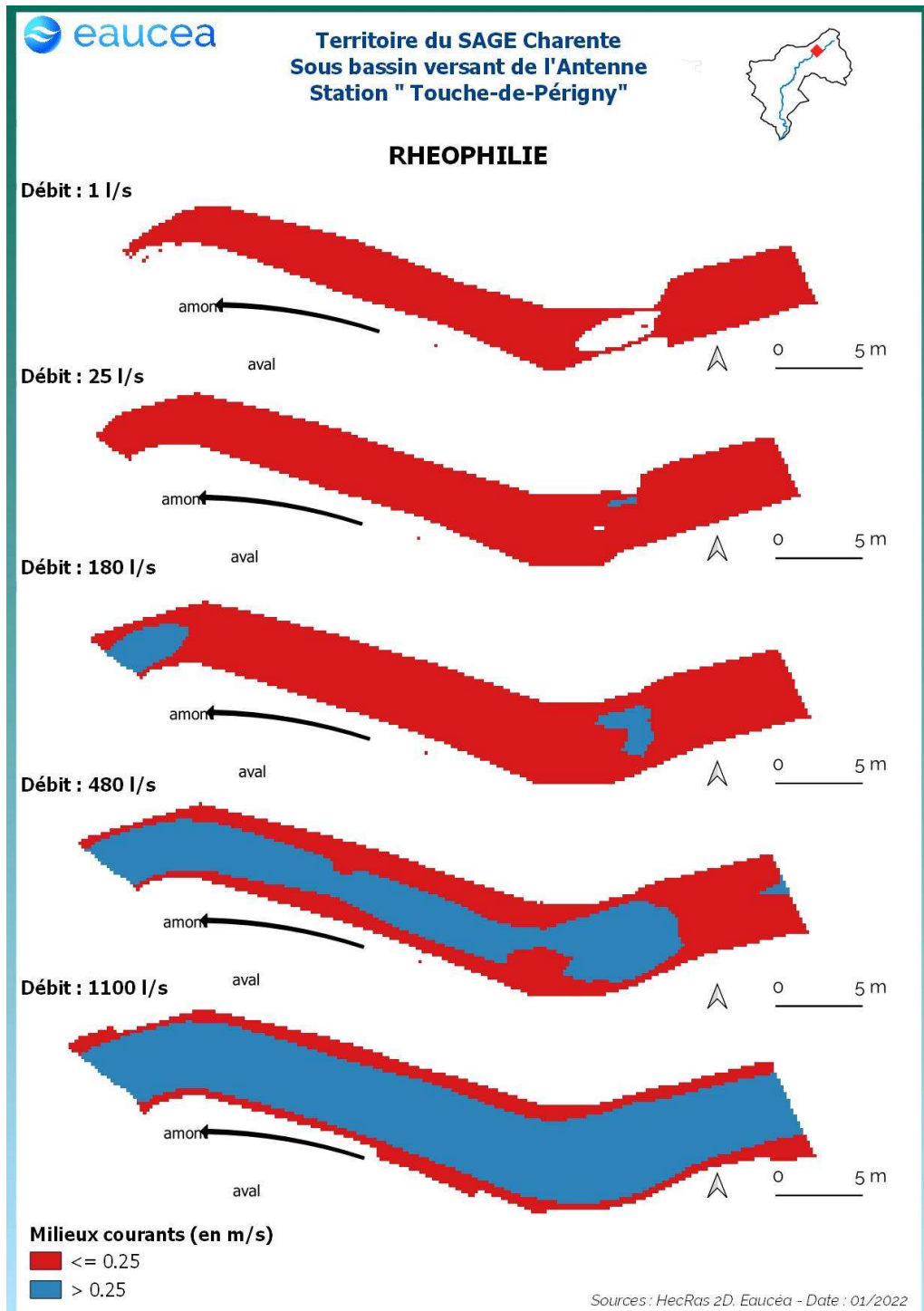


Figure 17: Evolution des milieux courants sur la station des Touches de Périgny

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est assez limitée la majorité du temps. En effet, la rhéophilie se distribue dans les zones de rétrécissement la station. A des débits moyens et a fortiori en étiage les habitats sur l'Antenne restent majoritairement lentiques (vitesse d'écoulement inférieure à 25 cm/s).

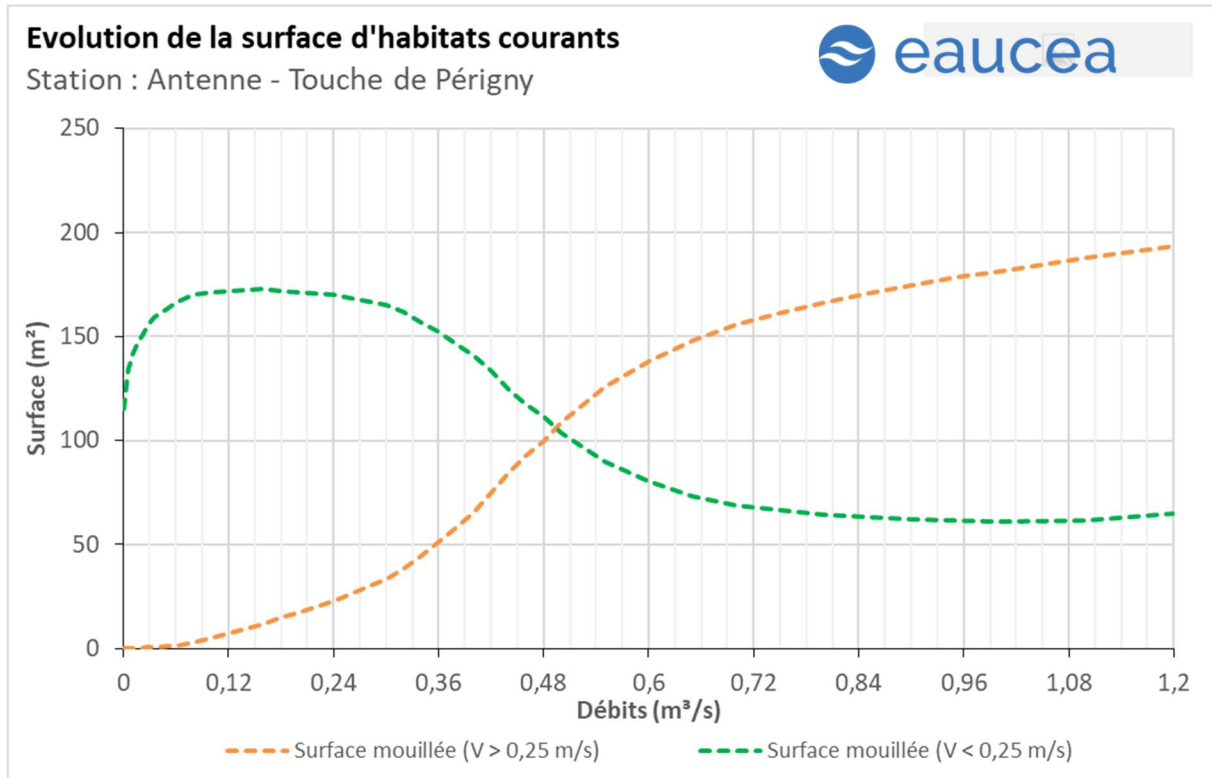


Figure 18 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert)

Les courbes ci-dessus traduisent une inversion de situation autour de 500 l/s. Cette situation est proche du débit classé 25 % soit 405 l/s aux Touches de Périgny. La station est donc majoritairement lentique en basses-eaux et majoritairement lotique en hautes-eaux tout en conservant une surface d'environ 20 % d'habitat lentique.

En étiage, soit en dessous de 29 L/s, les surfaces rapides sont inférieures à 1%. Cet objectif ne peut pas être retenu pour le débit biologique d'étiage.

Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 220 l/s (correspondant à un débit dépassé 61 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est atteint pour environ 340 L/s (débit dépassé 55 % du temps). Ces valeurs s'inscrivent dans la gamme des débits de la saison des hautes-eaux.

En conséquence, il est recommandé à titre conservatoire, de viser uniquement en période de transition et de hautes eaux un seuil de 10% soit 220 L/s.

4.4 Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)

La modélisation hydraulique 2 D permet de calculer en tous points de la station, la valeur du paramètre τ^{*1} qui caractérise les conditions de début d'entraînement ou de charriage des particules. Nous avons retenu les sables qui sont les principales particules susceptibles de s'accumuler dans les fosses et de les combler. Pour les limons (tourbes et argiles), fréquemment transportés dans les rivières, le cycle de sédimentation érosion est complexe en raison d'un risque de cohésion par tassement et d'une évolution plus complexe en cas d'assec. Néanmoins, nous pouvons considérer que le maintien d'épisodes hydrauliques suffisants en intensité en durée pour évacuer des sables évitera un temps d'accumulation trop long aussi pour les limons.

Le principe est donc de vérifier si pour des débits importants mais fréquents, les conditions hydrauliques permettent de maintenir les faciès d'écoulement. Une comparaison réalisée avec la topographie observée permet de conclure au maintien ou non d'une dynamique d'entretien des zones les plus profondes, qui jouent un rôle majeur en étiage.

La modélisation hydraulique 2 D, montre que les particules les plus fines sont régulièrement transportées mais fait aussi apparaître que des débits sensiblement plus élevés sont nécessaires pour éviter le comblement par l'amont de la principale zone profonde de la station en cas de charriage de sables plus grossiers.

4.4.1 Colmatage

Aux Touches de Périgny, la mise en mouvement des particules fines (limons) se fait dès que le débit dépasse 25l/s. Ce débit est atteint la majorité de l'année et correspond à un débit d'étiage moyen sur ce secteur. Lors de la saison des hautes eaux, des particules plus volumineuses peuvent être mise en mouvement. La station n'est donc pas vulnérable au colmatage.

4.4.2 Entretien des frayères

La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre sont mises en mouvement sur le radier amont de la station à des 180L/s. Les deux rades de la station sont actifs lorsque le débit dépasse 480 l/s soit le module.

Concernant les particules de 10 millimètres, le radier central est mis en mouvement lorsque le débit dépasse 480 l/s (module) et la moitié amont de la station est mise en mouvement autour du débit de débordement à 1100 L/s.

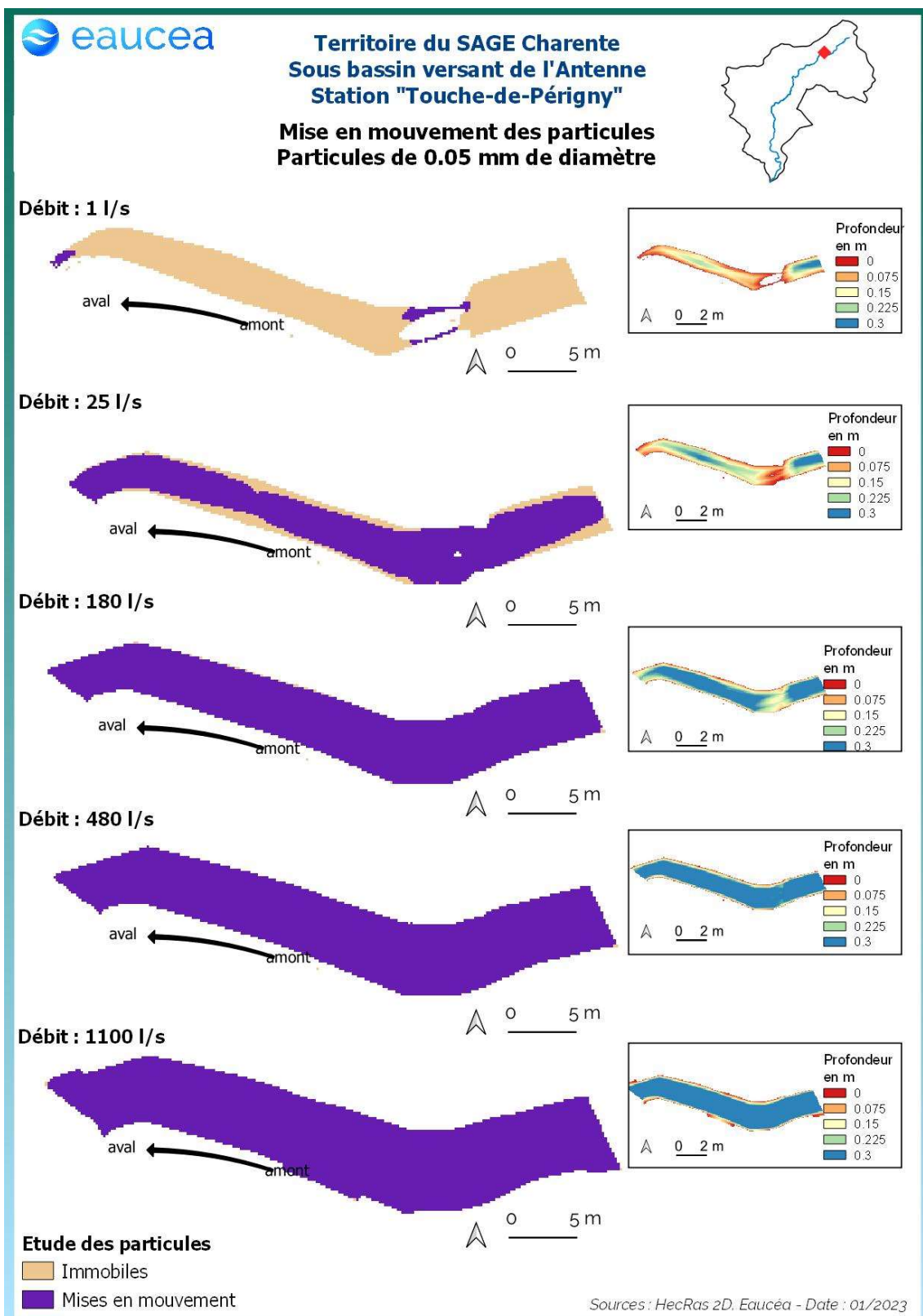
Les enjeux de reproduction concernant la truite (frayères) requièrent une mobilité de la granulométrie à la saison automnale. La mise en mouvement des particules de diamètre de l'ordre de 5 et 10 millimètres peut être mise en regard des frayères potentielles sur la station.

4.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 25 L/s en étiage.

¹ Paramètre de Shields (cf note méthodologique)

Des périodes de débit supérieur à 180 L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juillet) pour l'entretien sédimentaire de sites favorables aux frayères et de zones de radier. L'effet est plus systématique au-delà de 480 L/s, soit le module.



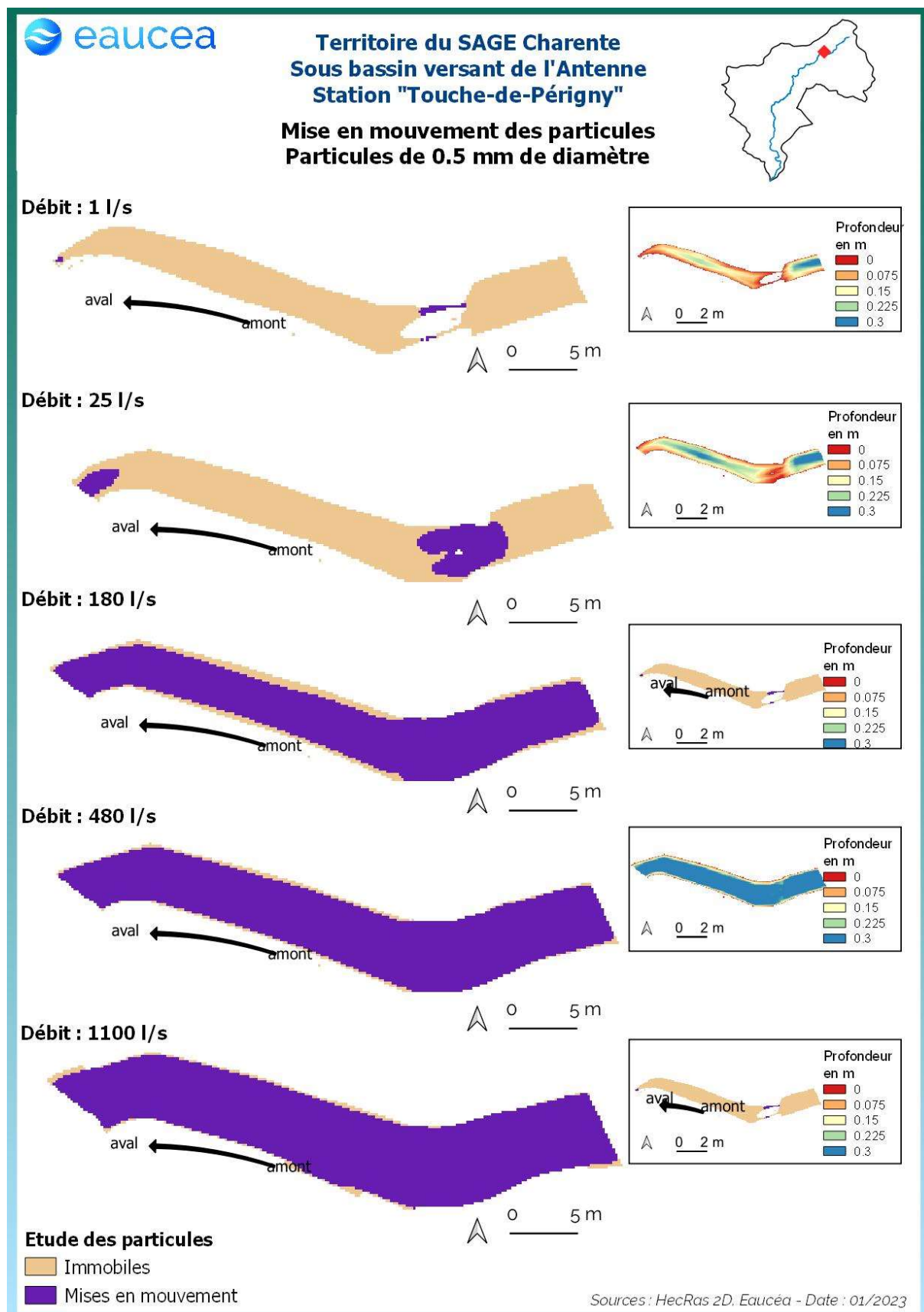


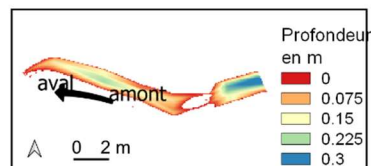
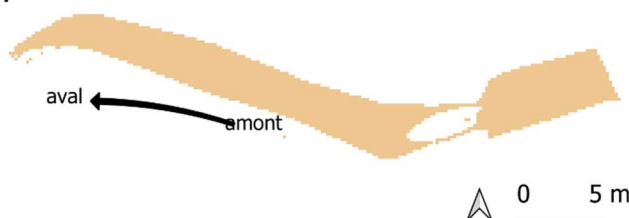
Figure 19 : Mise en mouvement des particules fines sur la station des Touches de Périgny

Territoire du SAGE Charente
Sous bassin versant de l'Antenne
Station "Touche-de-Périgny"

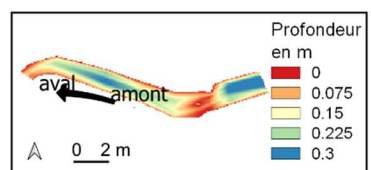
Mise en mouvement des particules
Particules de 5 mm de diamètre



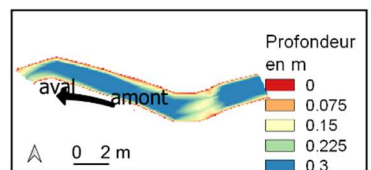
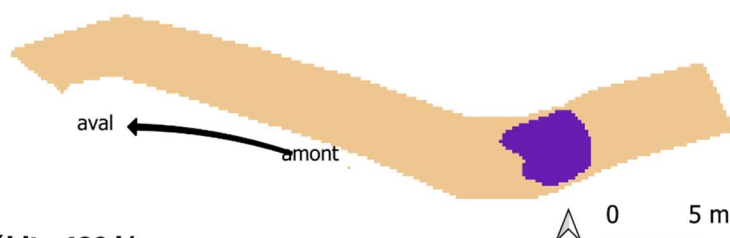
Débit : 1 l/s



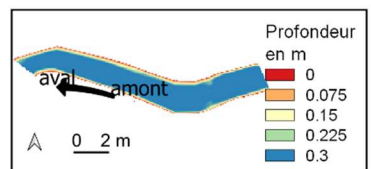
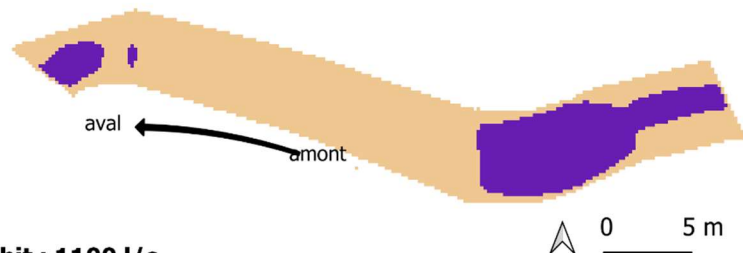
Débit : 25 l/s



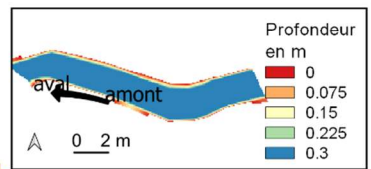
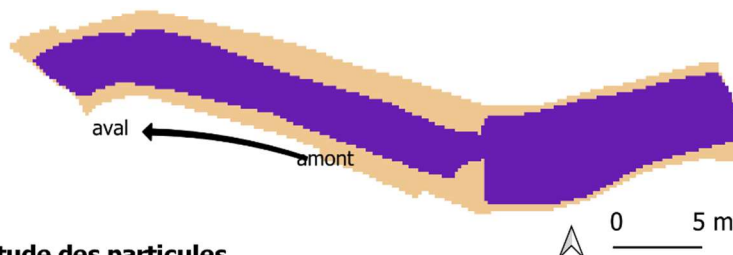
Débit : 180 l/s





Débit : 480 l/s



Débit : 1100 l/s



Etude des particules

-  Immobiles
-  Mises en mouvement

Sources : HecRas 2D, Eauce - Date : 05/2023

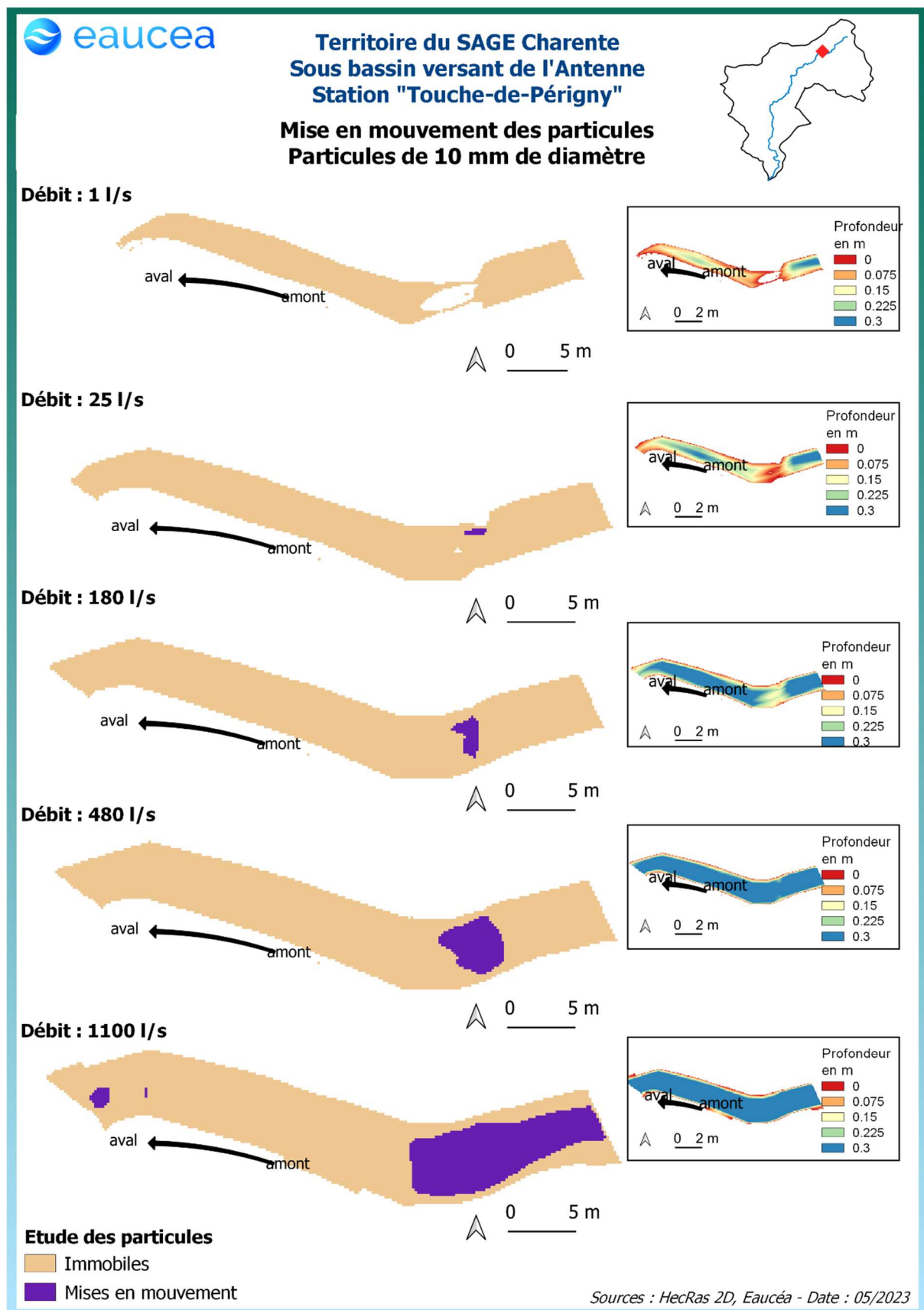


Figure 20 Mise en mouvement des particules grossières sur la station des Touches de Périgny

4.5 Connectivité longitudinale

Il s'agit ici de vérifier à quelle condition de débit, la circulation des poissons est possible au sein de la station.

La connectivité de cette station sur l'Antenne est aisée pour les petites espèces à un débit de 25 l/s. Elle ne l'est plus pour 20 l/s.

La connectivité de la station est encore aisée pour les grandes espèces à un débit de 80 l/s. Elle ne l'est plus à 60 l/s., valeur non atteinte environ la moitié du temps (46%). Cette tête de bassin versant, est donc peu accessible aux truites adultes (ou aux brochets) en étiage mais doit rester accessible aux reproducteurs en période de transition et de hautes eaux.

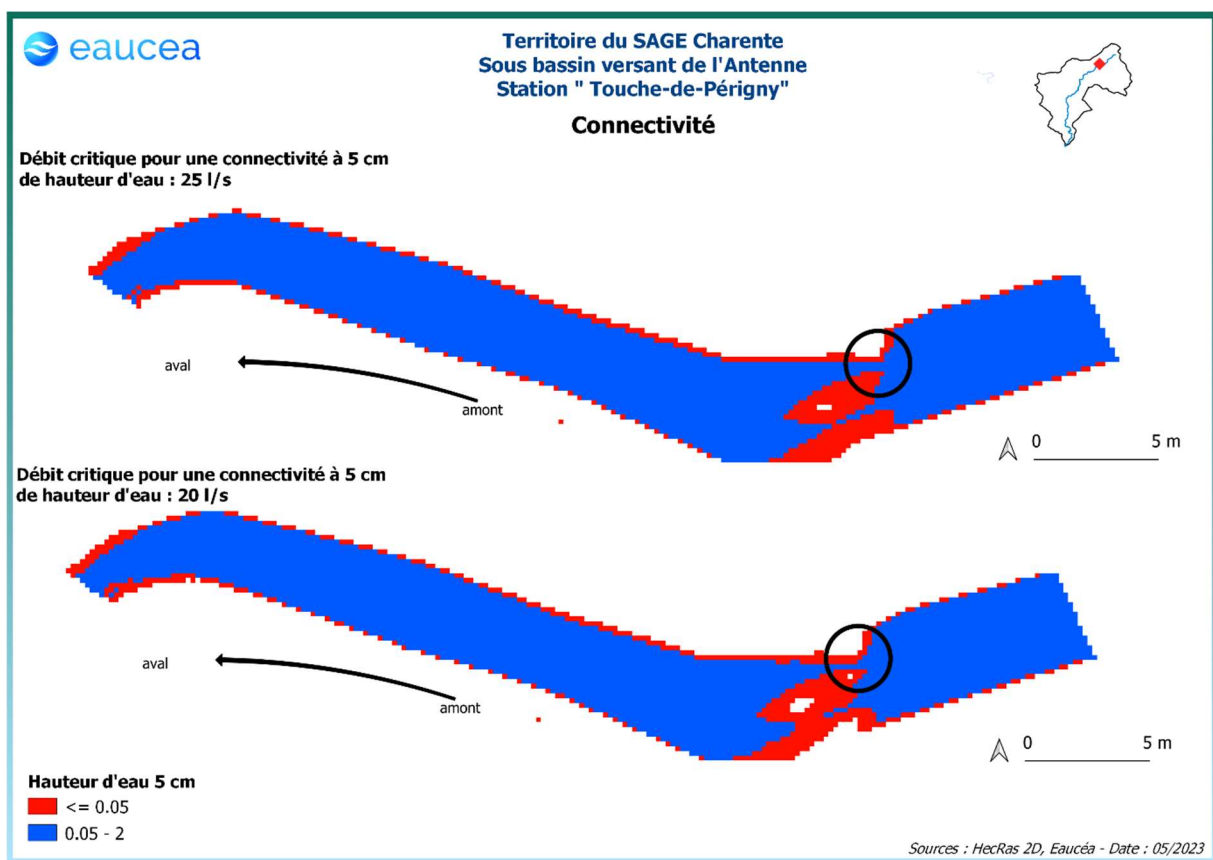


Figure 21: Connectivité de la station des Touches de Périgny pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

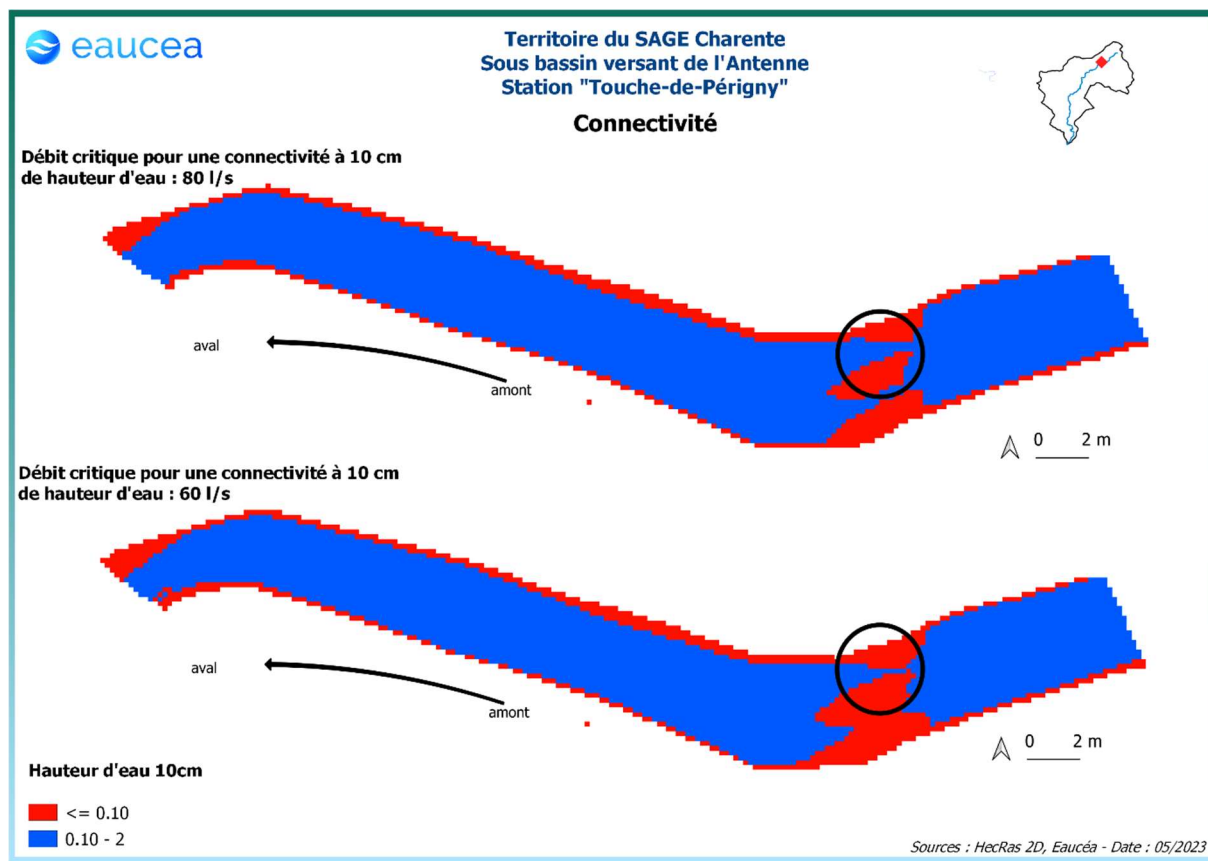


Figure 22: Connectivité de la station sur l'Antenne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

4.6 Habitats piscicoles (tous débits)

4.6.1 Valeurs d'habitat

Le premier critère est la valeur d'habitat moyenne de la station. Cette valeur serait de 1 pour un potentiel excellent et de 0 pour un potentiel nul.

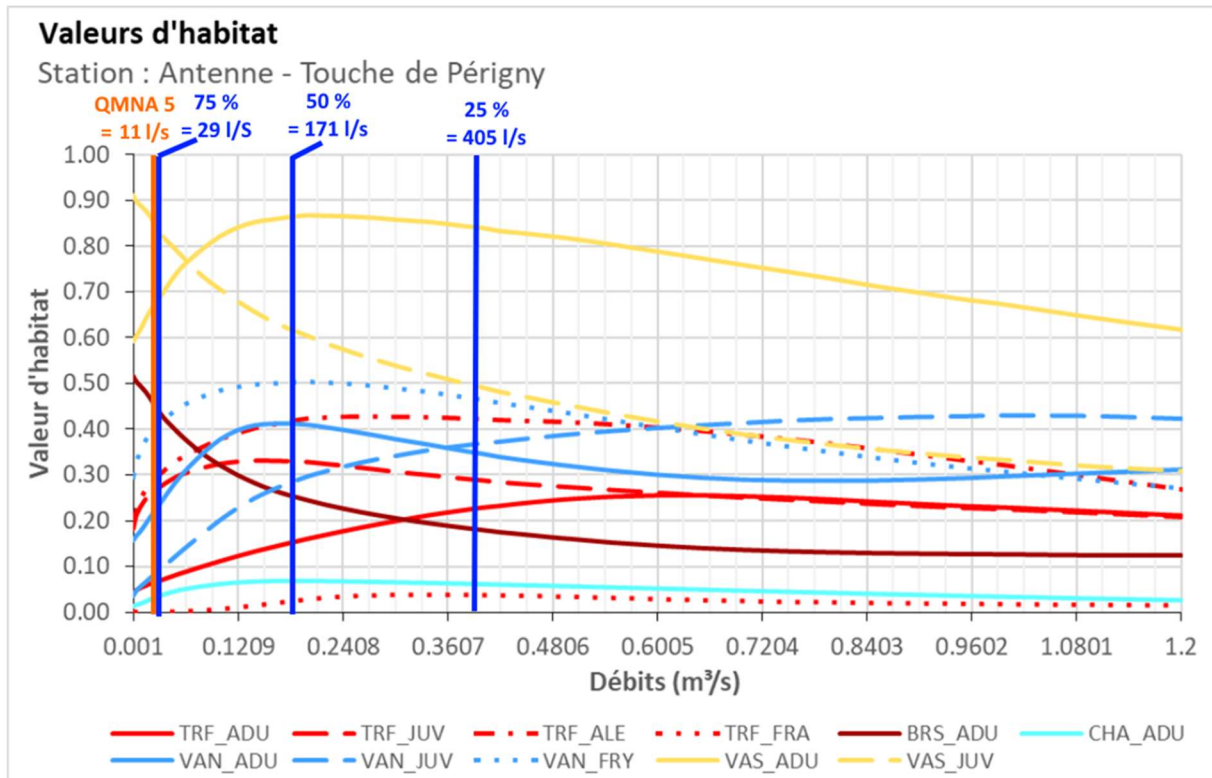


Figure 23: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny

La station n'est pas favorable au brochet, sa valeur d'habitat est d'environ 0.5 aux bas débits et chute avec le débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'un peu plus de 0.1.

La station est encore moins favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.1. Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.05. Il convient de modérer ce constat par le fait que le chabot se contente de petite placette de l'ordre du mètre carré dans les abris hydrauliques bien que ces abris soient assez rares sur la station. Le potentiel est donc faible mais pas nul y compris en étiage.

D'autre part, le graphe ci-dessous des valeurs habitats fondés sur les seuls critères hydrauliques, montre que l'augmentation des profondeurs avec le débit pénalise le gain dû à l'augmentation des vitesses.

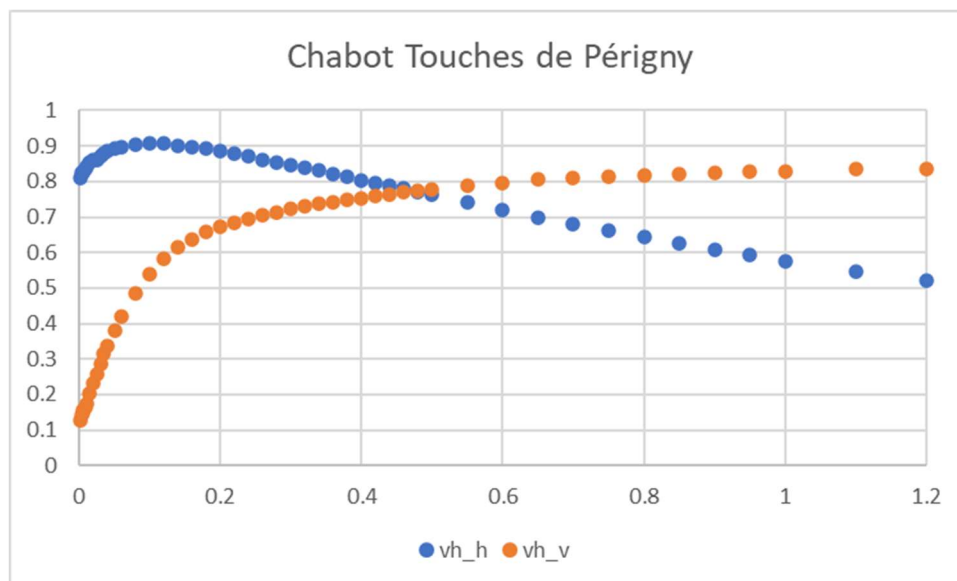


Figure 24 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

Les stades adulte, juvénile et alevin de la truite présentent des valeurs d'habitat modérées. La valeur d'habitat des frayères est très basse sur la station.

4.6.2 SPU en m^2 et en variations relatives

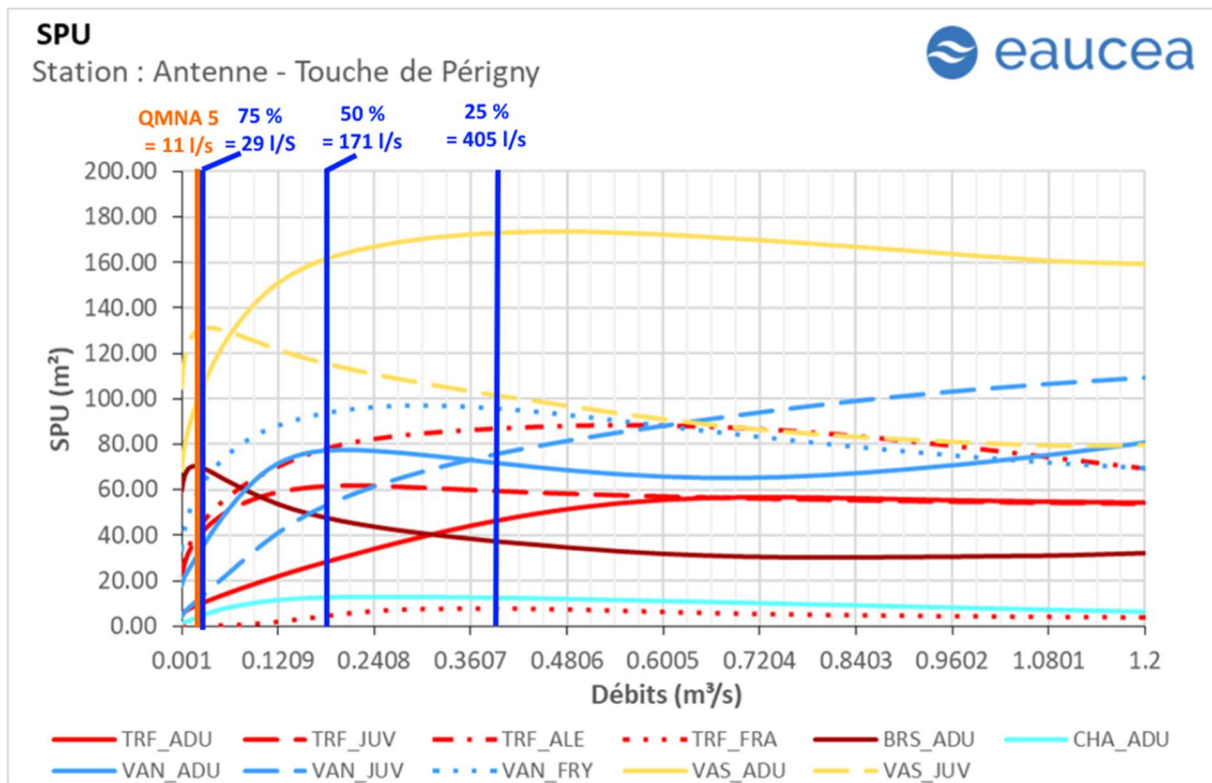


Figure 25: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny

En orange : le QMNNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

Les surfaces pondérées utiles suivent globalement les mêmes évolutions en fonction du débit mais avec le bénéfice de l'augmentation de la surface mouillée.

Cette surface d'habitat peut être aussi explorée par rapport à la SPU maximale observée sur la gamme de débit testée.

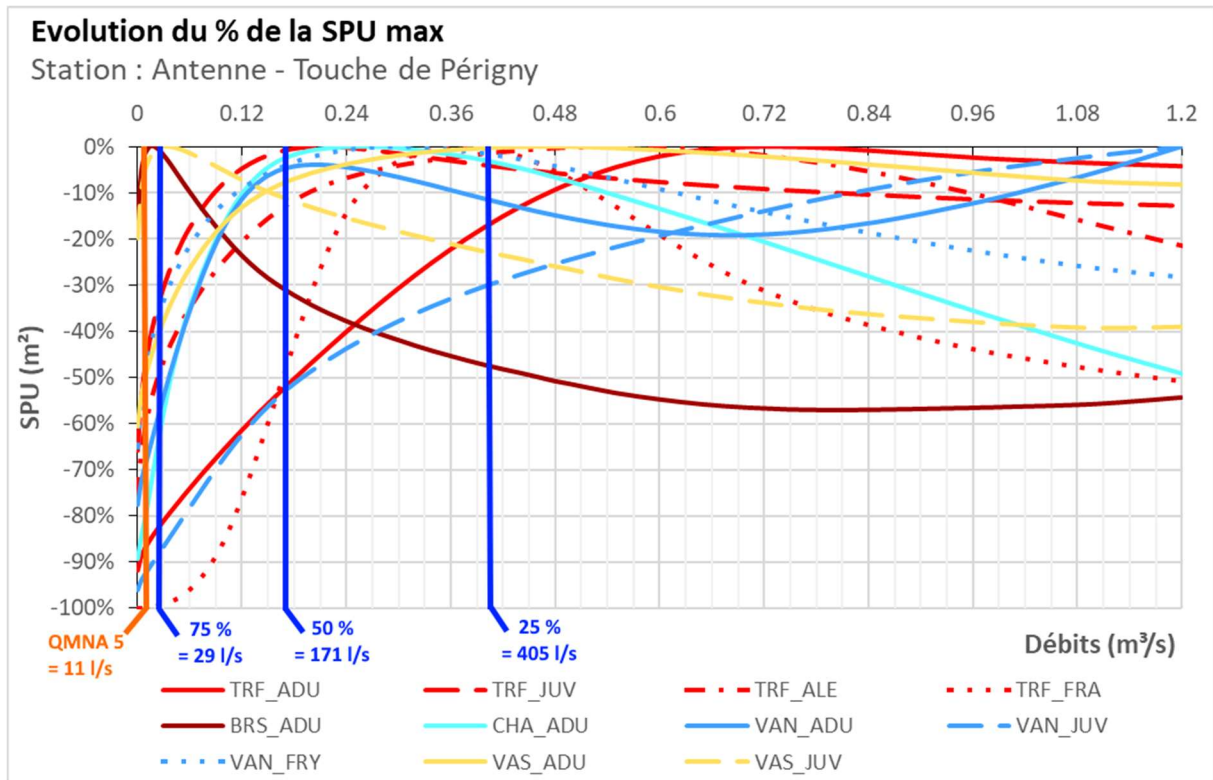


Figure 26: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

4.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 100L/s et 500 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présentent un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU. Les cibles biologiques à fortes valeurs patrimoniales (directrices) sont la truite adulte et le chabot.

Pour la truite adulte, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 380L/s, valeur correspondant à un débit hivernal. Il pourra être conservé comme débit de référence du débit biologique entre novembre et juin, période couvrant la reproduction des truites. Pour la fraie, le potentiel maximal est atteint à 380L/s. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 380 L/s.**

En étiage, le milieu n'est pas favorable aux grands individus. Le graphique ci-dessous montre que le potentiel pour les juvéniles de truites franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 50 L/s. Pour le chabot ce seuil de 80% correspond à 90 L/s. La situation se dégrade plus rapidement pour des débits inférieurs (fort gradient de baisse). Considérant la truite comme l'espèce directrice, **le débit de référence étiage sera donc fixé à 50 L/s, qui favorise les juvéniles.**

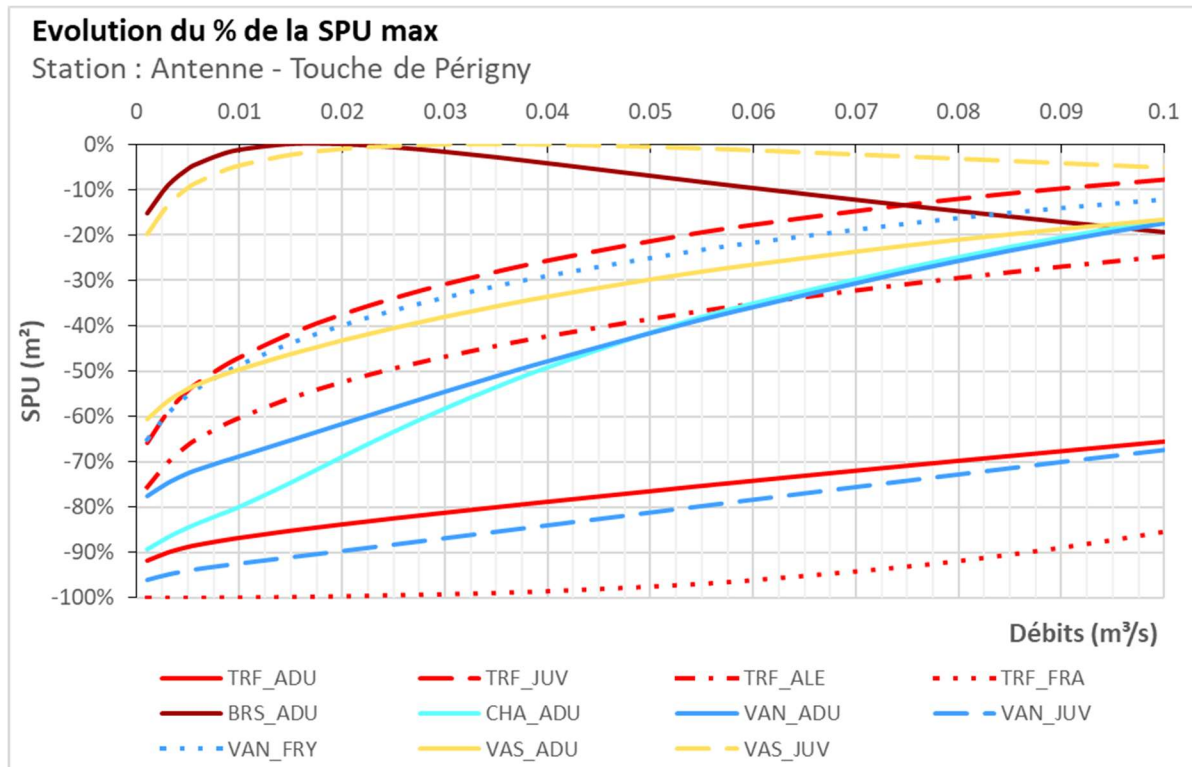


Figure 27 Zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station des Touches de Périgny

4.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station des Touches de Périgny (matrice)

Le rapprochement de l'ensemble des critères répartis en fonction de la saison aboutit aux préconisations suivantes pour qualifier le débit biologique.

En étiage estival, d'août à octobre, le milieu n'est plus favorable aux truites adultes. Le juvénile de truite est le stade présentant le plus d'enjeux et pilote le choix de la valeur basse du débit biologique. En tolérant une perte de 20% de la surface utile de référence pour les juvéniles qui peuvent supporter temporairement des habitats réduits en termes de surface, vis-à-vis de cette valeur de référence, le débit plancher s'établit entre 20 et 25 L/s, valeurs atteintes ou dépassées 70 % du temps environ. Pour ces valeurs, la connectivité n'est pas garantie. Sur des parties hautes du bassin versant, en étiage, des assèchs ou des ruptures de continuité sont régulièrement observés dans le secteur. La valeur de 25 L/s est une valeur seuil qui marque une rupture dans le fonctionnement. Pour ce débit observé environ 30% du temps, la surface en eau est juste supérieure à 58 % du maximum.

Les habitats benthiques ne sont pas un paramètre pertinent pour ce contexte hydraulique.

La gamme de débits biologiques pour la période de basses-eaux proposée est donc de 25 L/s à 50 L/s.

Matrice					Touche de Périgny					Basses-eaux				
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade						Qref				
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	
Principal		% des débits classés			72%	69%	66%	64%	62%	59%	56%	52%	48%	
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-31%	-25%	-20%	-15%	-10%	13	10%	28%	46%	
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-20%	-16%	-12%	-9%	-5%	49	5%	12%	17%	
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	-23%	-18%	-13%	-10%	-6%	54	5%	15%	22%	
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	7%	7%	6%	4%	3%	66	-3%	-8%	-13%	
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-47%	-37%	-29%	-20%	-13%	7	11%	28%	42%	
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-34%	-28%	-22%	-16%	-11%	47	10%	27%	41%	
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-45%	-38%	-30%	-23%	-15%	21	15%	45%	74%	
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-19%	-15%	-12%	-8%	-5%	122	5%	13%	19%	
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	0%	0%	1%	1%	1%	130	-1%	-3%	-5%	
Principal	Surface mouillée	% du maximum			58%	60%	61%	62%	63%	64%	65%	67%	68%	
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	non	non	non	non	non	non	oui	oui	
		Petits poissons			non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	
Synthèse indicateurs principaux														
Habitat	SPU													
Habitat	Habitats rapides													
Habitat	Surface mouillée													
Habitat	Connectivité	Longitudinale												
Résultat														

Figure 28 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre l'accès aux frayères et donc la présence de truites adultes sur le secteur. **Le débit de référence hiver est fixé à 380 L/s.** Cependant ce débit reste rare sur le secteur, avec 16% d'occurrence ce que ne traduit pas bien les moyennes mensuelles qui masquent des extrêmes hydrologiques. Le milieu offre donc un potentiel intéressant mais très intermittent. Cette situation n'est pas forcément pénalisante pour la phase de reproduction qui peut exploiter des épisodes de hautes eaux de courte durée. En revanche, le milieu ne joue pas de rôle majeur dans le maintien de la biomasse de truite adulte. Pour la truite adulte, et sur cette tête de versant, les considérations hydrologiques très contrastées jouent donc un rôle important. La pérennité de la surface utile est sans doute le critère le plus probable pour expliquer le potentiel biologique pour la truite adulte. Le seuil de débit de 100 L/s soit 72 % du temps, peut être considéré.

Concernant le décolmatage des frayères, le débit de 180 L/s a été proposé comme une valeur plancher pour la station avec la réactivation potentielle de certaines frayères. Le phénomène est plus généralisé pour 480L/s. Ce débit est rare et observé 12 % du temps ce qui ne garantit pas son occurrence en année très sèche. Néanmoins, des frayères sont sans doute entretenues pour des débits plus faible et plus fréquent (180L/s sur la station soit 64 % du temps). Le potentiel de reproduction sur ces têtes de bassin versant est donc variable d'une année à l'autre.

La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 100 L/s à 180 L/s.

Matrice		Touche de Périgny				Hautes-eaux et transition								
Niveau	Critère	Code	Especie	Stade						Qref				
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.10	0.18	0.22	0.32	0.34	0.38	0.40	0.50	1.00	1.20
Principal		% des débits classés			72%	64%	25%	19%	18%	16%	15%	12%	6%	5%
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-57%	-38%	-30%	-10%	-6%	46	3%	15%	21%	19%
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-4%	3%	4%	2%	1%	60	0%	-3%	-8%	-10%
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	-23%	-10%	-6%	-2%	-1%	87	0%	2%	-10%	-20%
Principal	Habitat	TRF_FRA	Truite fario	Frai	-85%	-43%	-22%	-2%	-1%	8	0%	-7%	-45%	-51%
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			3%	8%	10%	19%	22%	28%	32%	51%	75%	75%
Principal	Surface mouillée	% du maximum			68%	72%	74%	77%	78%	79%	80%	82%	94%	100%
Synthèse indicateurs principaux														
Habitat	SPU													
Habitat	Habitats rapides													
Habitat	Surface mouillée													
Résultat														

Figure 29 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

5 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'ANTENNE A PRIGNAC

5.1 Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique

Cette modélisation a pour objectif de décrire les paramètres physiques des écoulements, c'est-à-dire les hauteurs d'eau et les vitesses s'établissant au sein de la station DMB pour différentes conditions de débits.

5.1.1 Description de la station

Localisation et position des transects de mesure

La station de Prignac sur l'Antenne est située environ 80 m en aval du pont de la D131, dans un secteur où un bras de l'Antenne vient tangenter le cours d'eau principal de l'Antenne en rive gauche. La séparation se fait uniquement par un mur sous le pont de la D131 puis un talus végétalisé.

Elle s'étend sur environ 33 m de long, sur une portion linéaire située entre 2 méandres de l'Antenne.

15 transects ont été positionnés sur le linéaire de la station, ils permettent de rendre compte du fonctionnement hydraulique de l'Antenne à ce niveau (radiers, chutes, plats, ...).

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 09/10/2021 :

- Profils altimétriques et lignes d'eau associées des transects repérés ci-avant. Acquis avec un tachéomètre de type station totale
- Débit transitant dans la station, mesuré avec un courantomètre à effet doppler. Le débit le jour de la venue sur site a été mesuré en 3 transects, permettant de l'évaluer à 19 l/s.

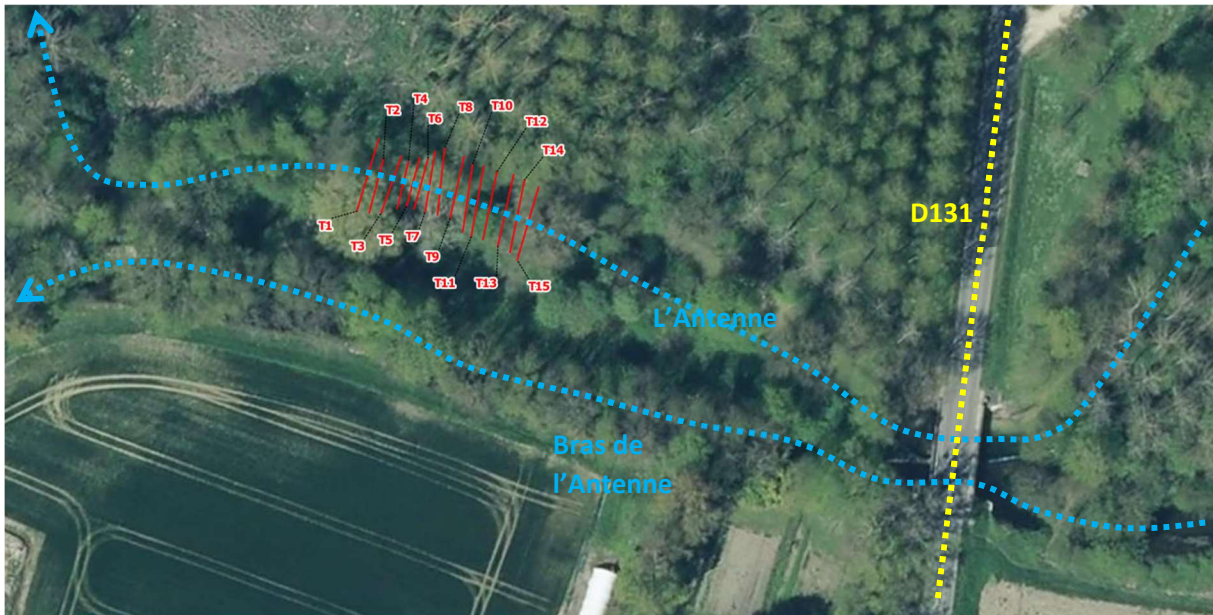


Figure 30 : Position des transects de mesure de la station DMB

Profil en long, faciès d'écoulement et type de berges

Les faciès d'écoulement et la connectivité des berges le long de la station ont été également relevés pour les conditions d'écoulement le jour des mesures.

- **Faciès d'écoulement**

L'amont de la station débute par un linéaire de faciès type plat lent. Il aboutit à un radier oblique. N'induisant pas de chute marquée, mais où le courant s'accélère avec de faibles profondeurs.

S'ensuit une longue zone de plat lent sur une 20 aine de mètres. Les écoulements sont plutôt concentrés en rive gauche présentant une berge verticale, sur une section réduite. Le centre du lit présente un léger atterrissement et on observe sur sa droite une dépression formant un bras pouvant se mettre en eau pour des débits supérieurs. L'aval du bras était d'ailleurs en eau le jour des mesures.

Le plat lent aboutit sur un léger radier. Les écoulements sont ramenés sur la droite du lit sur une section réduite. Ce radier induit une légère chute.

La station présente une pente générale très faible.

- **Type de berges**

La berge droite présente un profil globalement abrupt avec un banc de graviers à sa base. La berge gauche présente une pente plus douce.

Les berges sont végétalisées, en particulier l'atterrissement amont gauche.

- **Profil en long**

Sur la base des profils en travers relevés, le profil en long du fond et de la ligne d'eau relevée est représenté sur la figure suivante en positionnant les faciès d'écoulement relevés :

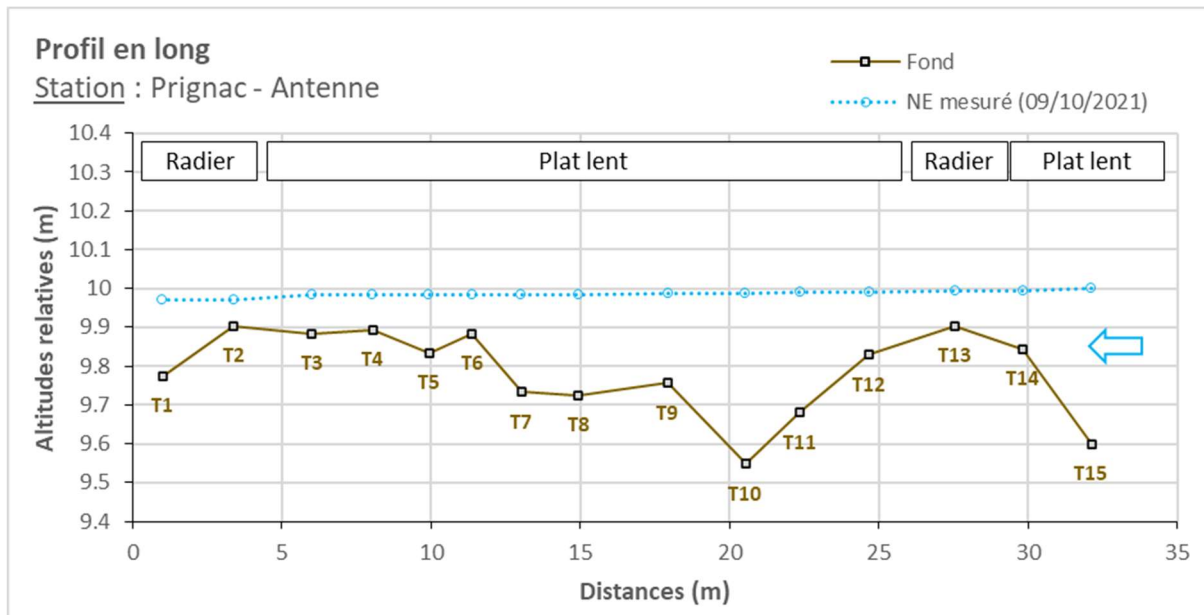


Figure 31 : profil en long de la station de Prignac

5.1.2 Modélisation hydraulique de la station

Principes du modèle

Une modélisation hydraulique 2D a été mise en œuvre, à l'aide du logiciel HEC-RAS 2D, permettant de calculer les paramètres physiques descriptifs de la station : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement à différentes conditions de débits. La modélisation 2D permet d'obtenir une répartition dans les 2 dimensions d'espace horizontales de ces paramètres. L'analyse hydraulique qui en découle est plus fine qu'avec un modèle unidimensionnel.

Les données bathymétriques et topographiques acquises sur le terrain ont été exploitées afin d'élaborer une représentation topographique continue de la station (MNT). Sur cette base, un maillage de calcul a été élaboré, composé de mailles carrées de 20 cm x 20 cm au maximum et raffiné au droit de zones clés. On représente en suivant le maillage de calcul superposé au MNT construit pour la station.

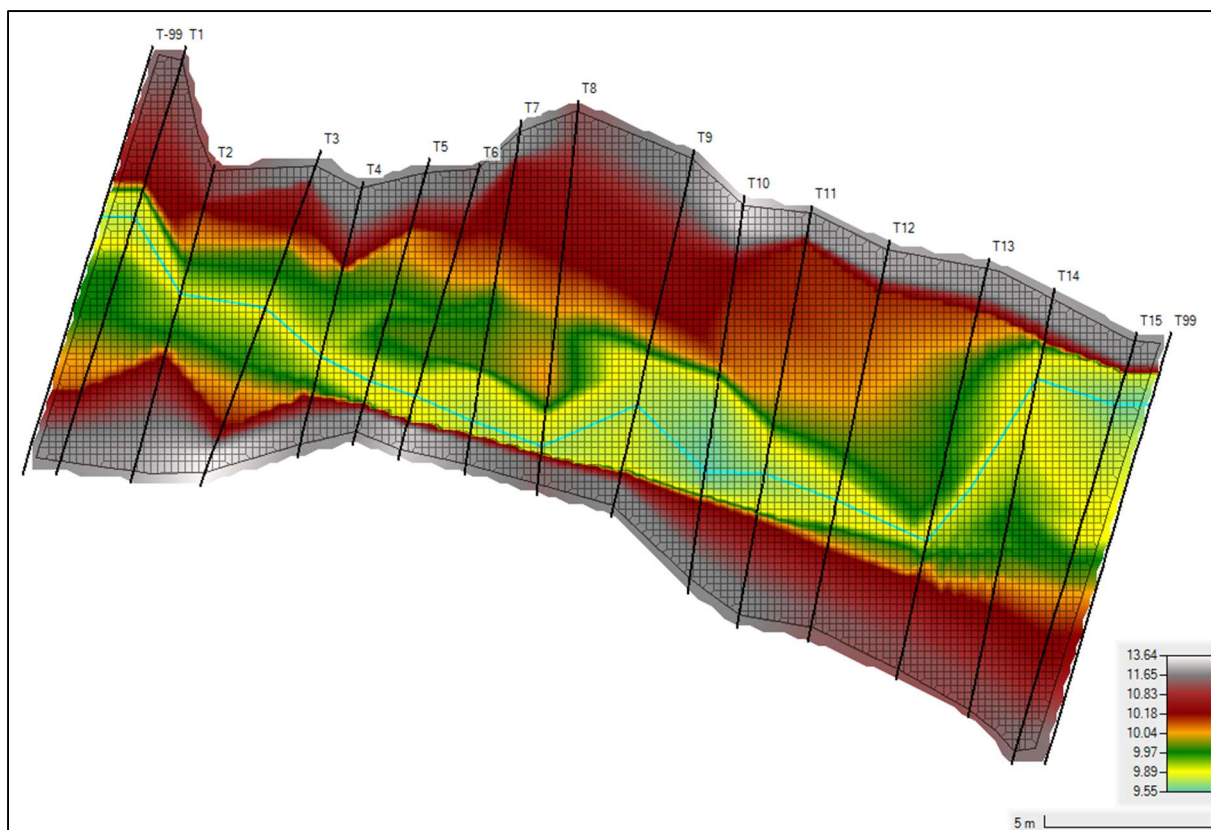


Figure 32 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

Calage du modèle

Le calage du modèle se base sur les relevés de niveaux de hautes d'eau faits lors de la venue sur site. Pour rappel, le débit associé est évalué à 19 l/s.

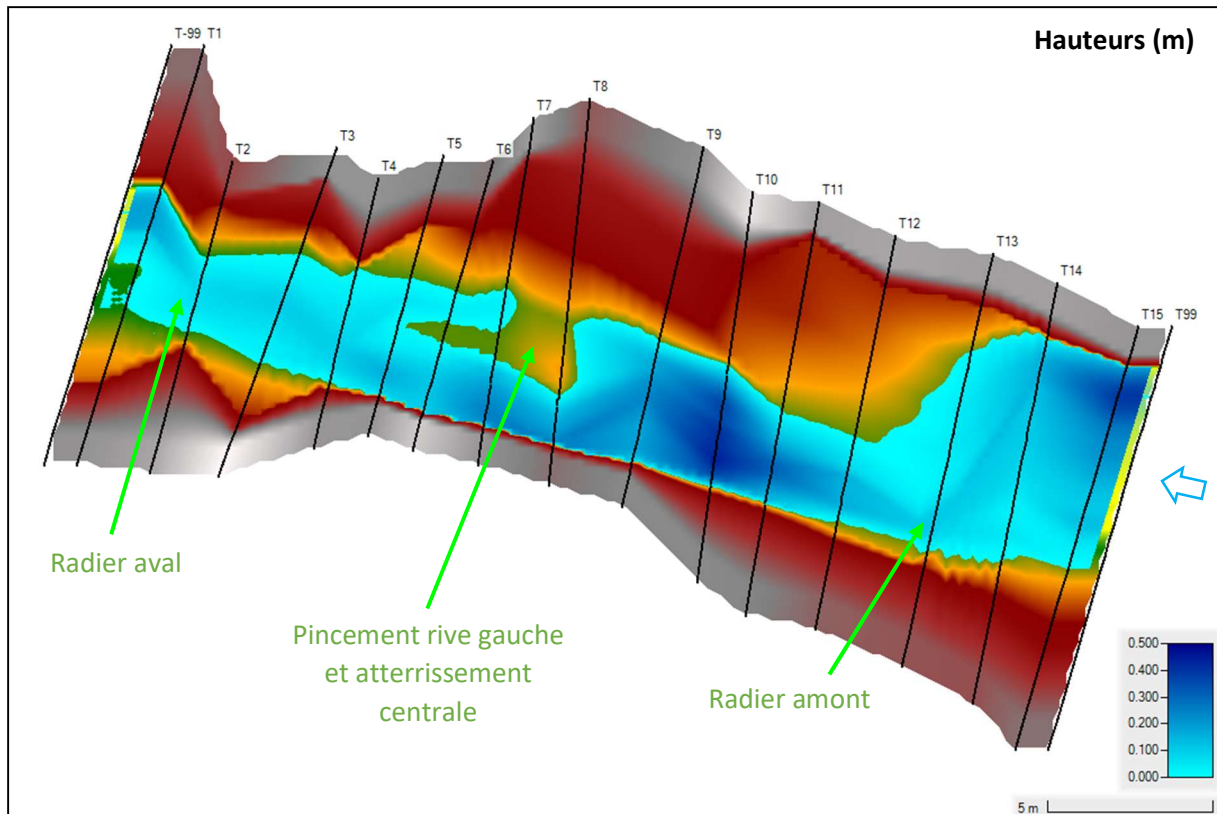


Figure 33 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

Le paramètre de calage est le coefficient de Manning-Strickler, rendant compte des frottements de fond. Son ajustement par zones spatiales dans le modèle permet de caler le modèle avec les mesures de niveau d'eau. On présente en suivant les résultats de calage sur le profil en long de la station.

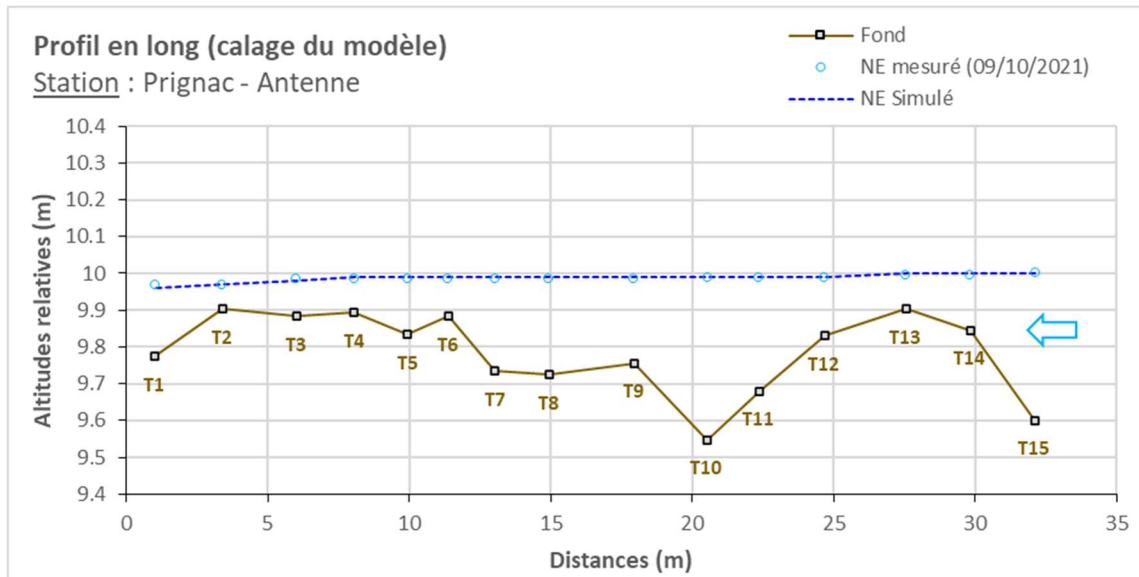


Figure 34 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

Le calage apparaît satisfaisant.

- Les plats lents amont et central sont correctement représentés,

- Le fonctionnement des 2 radiers aussi,
- La mise en eau par l'aval du « bras » droit de l'atterrissement central apparaît,
- Les réductions de largeurs observées successivement en rive gauche et droite également.

Simulations réalisées

Une fois le modèle calé, il peut être exploité pour différentes conditions de débits incidents en amont de la station et lignes d'eau aval.

Des simulations ont été mises en œuvre pour plusieurs débits en régime permanent, sur une gamme allant de 1 l/s à 2.8 m³/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de l'Antenne à cette station.

5.1.3 Exploitation des résultats et présentation cartographique

Les résultats en termes de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement sont obtenus de manière spatialisée sur l'emprise de la station modélisée pour chacun des débits simulés. Les résultats sont présentés sous forme de courbe, de tableaux et de cartes. Pour les cartes, conformément aux recommandations du comité scientifique, les valeurs de débit représentées sont le QMNA5 minimum, QMNA5 moyen, 25 % du module, module et débit de débordement soit 5 cartographies.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	1
QMNA5 moyen (Modélisation Irstea)	6
25% du module (Irstea)	450
Module (Irstea)	1200
Débit de débordement (Eaucea)	2800

Ils sont croisés avec les données de substrat relevées, et les courbes de préférence associées à chaque espèces et stades cibles sur la station DMB.

5.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

5.2.1 Surface mouillée

Le modèle hydraulique permet de calculer l'évolution de la surface mouillée avec le débit. La surface mouillée augmente de manière importante jusqu'aux environs de 200 l/s. Cet accroissement est ensuite assez modéré. Le lit se remplit progressivement jusqu'à son débordement à 2800 l/s. Au-delà de 2800 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

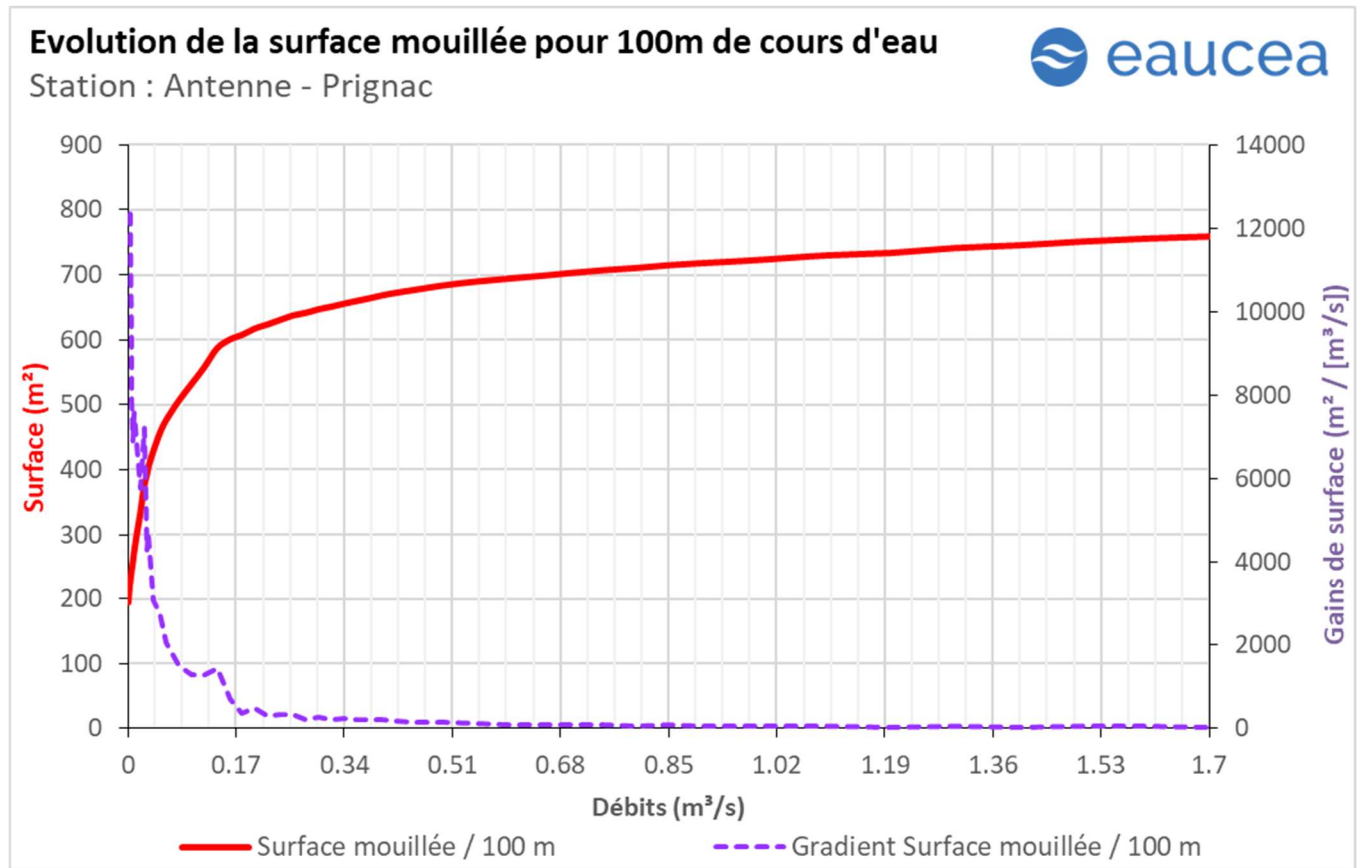


Figure 35 : Evolution de la surface mouillée à Prignac

Granulométrie de la station

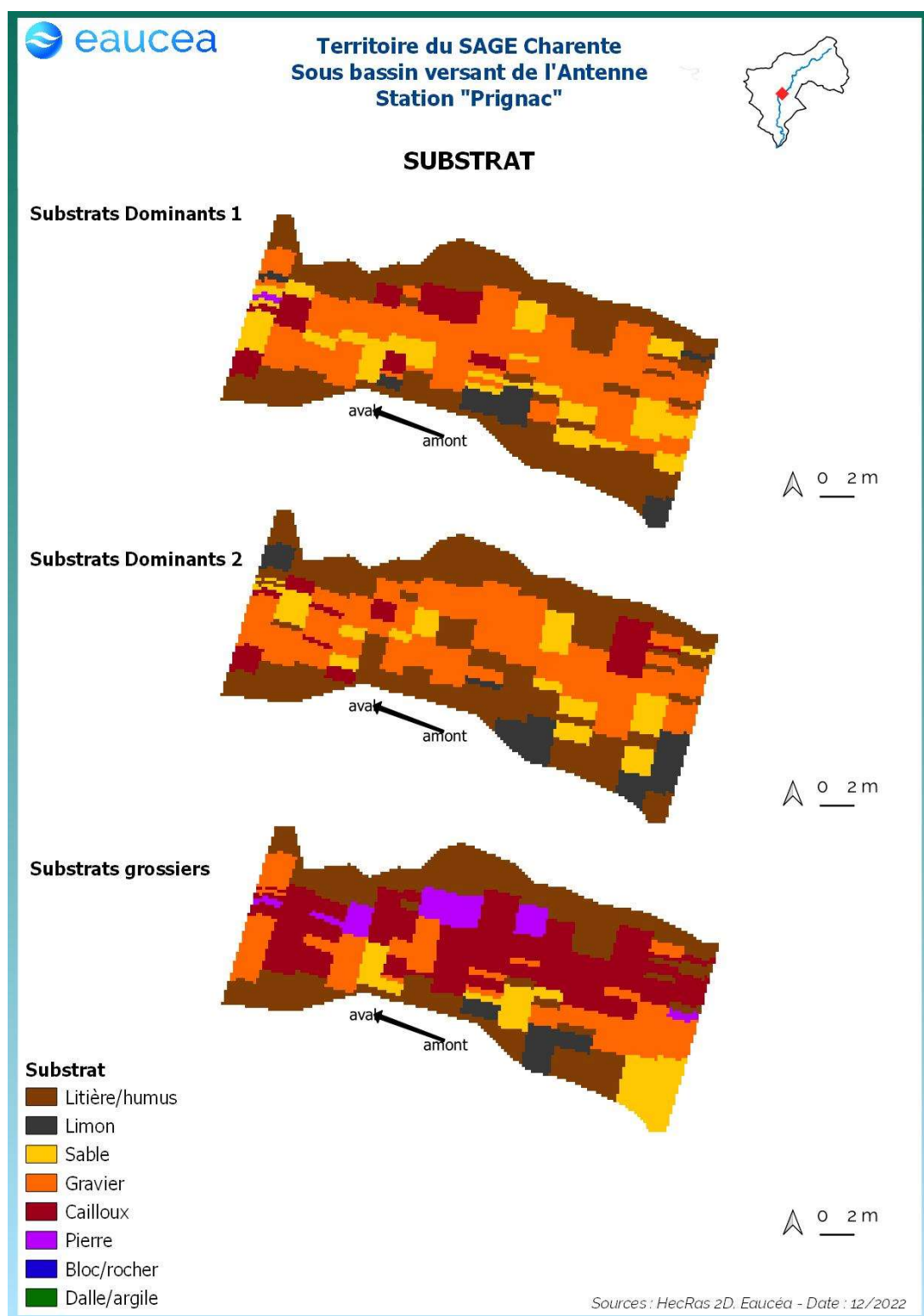


Figure 36 : Carte des substrats de la station de Prignac

La station présente des substrats dominés par la litière aux abords des berges et par le sable, le gravier et les cailloux en milieu de lit.

5.2.2 Profondeur

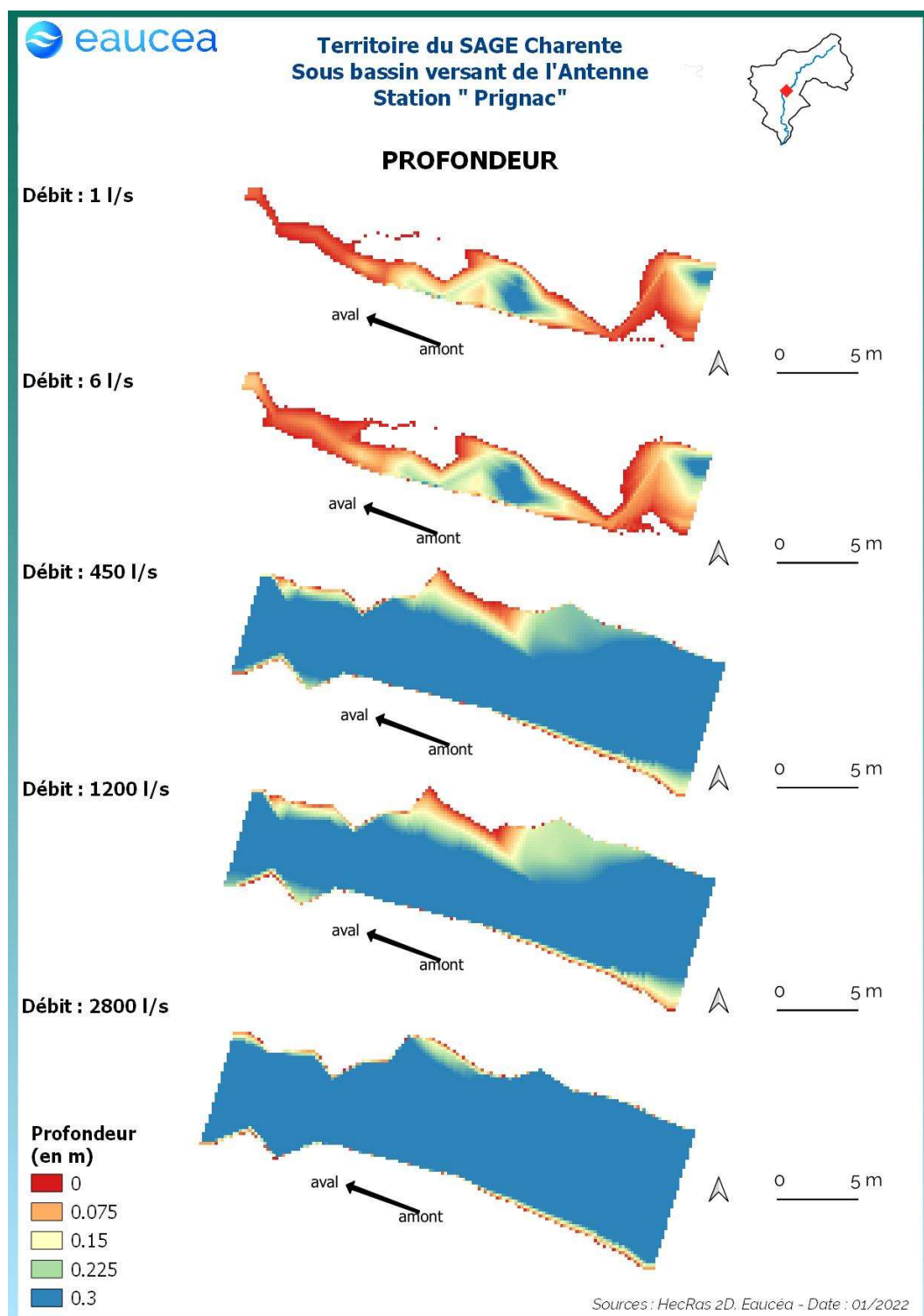


Figure 37: Evolution des profondeurs sur la station de Prignac à différents débits

L'Antenne ne présente que des hauteurs d'eau modérées. Le secteur le plus profond se trouve en berge gauche de la station avec un chenal passant entre la berge et le banc située en berge droite (visible sur la carte à bas débit).

5.2.3 Vitesse d'écoulement

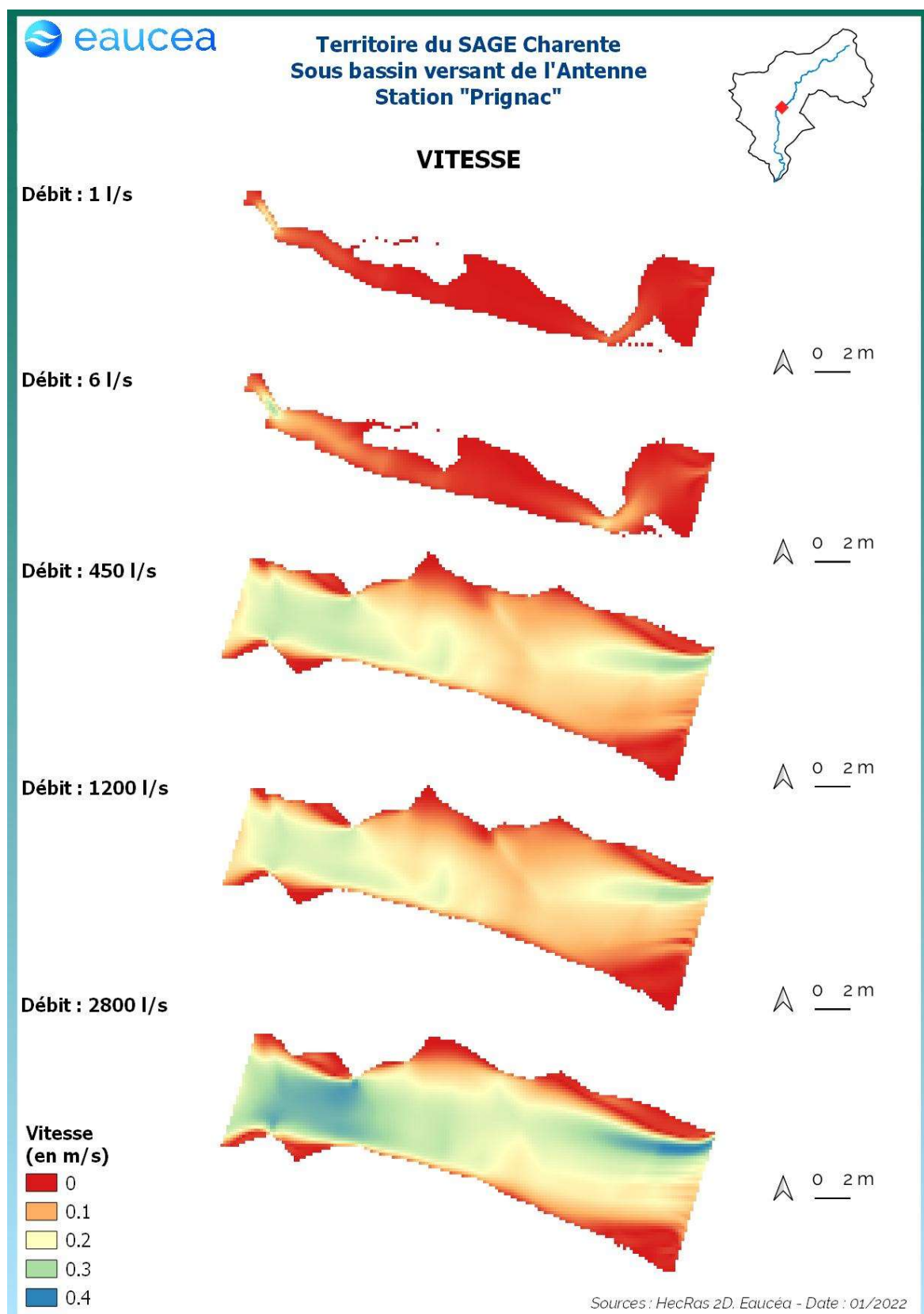


Figure 38: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Prignac à différents débits

La station de Prignac, dans un secteur avec peu de pente, ne présente que des vitesses d'écoulement faibles à bas débit et l'évolution des débits n'entraîne qu'une augmentation modérée de ces vitesses qui ne dépasse pas 40 cm/s même au débit de débordement.

La modélisation des vitesses nous permet aussi d'identifier les habitats courants favorables aux espèces rhéophiles comme la vandoise et dans une moindre mesure le vairon.

5.3 Habitat benthique

La différenciation des habitats benthiques en lien avec la vitesse, critère le plus discriminant en étiage, peut s'analyser en distinguant deux zones de part et d'autre de la valeur-seuil de 25 cm/s (cf Note méthodologique : « *Habitat aquatique et invertébrés benthiques* »). La valeur repère de 25 cm/s séparant les milieux rhéophiles des milieux lentiques présente en effet une forte valeur descriptive de l'habitat des invertébrés inventoriés dans le bassin charentais.

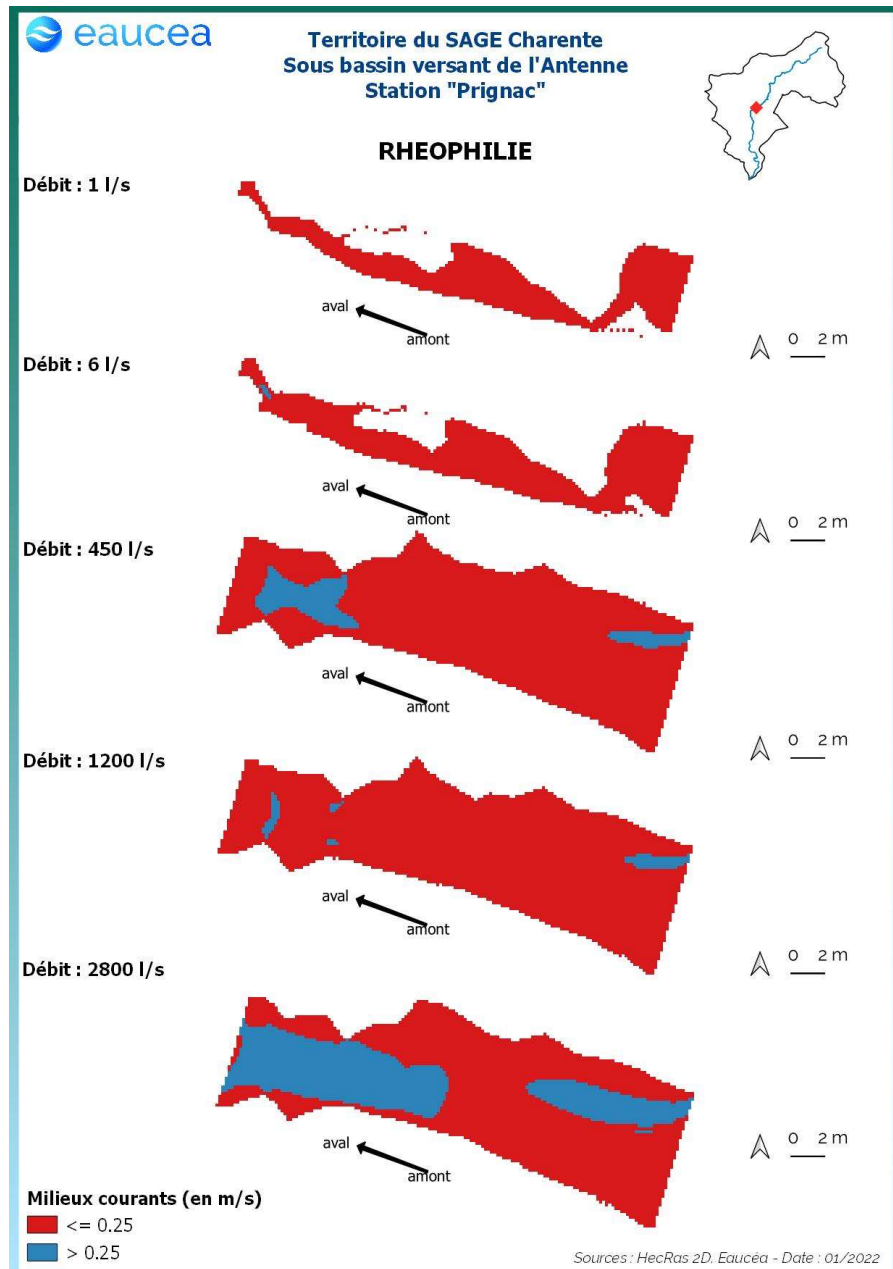
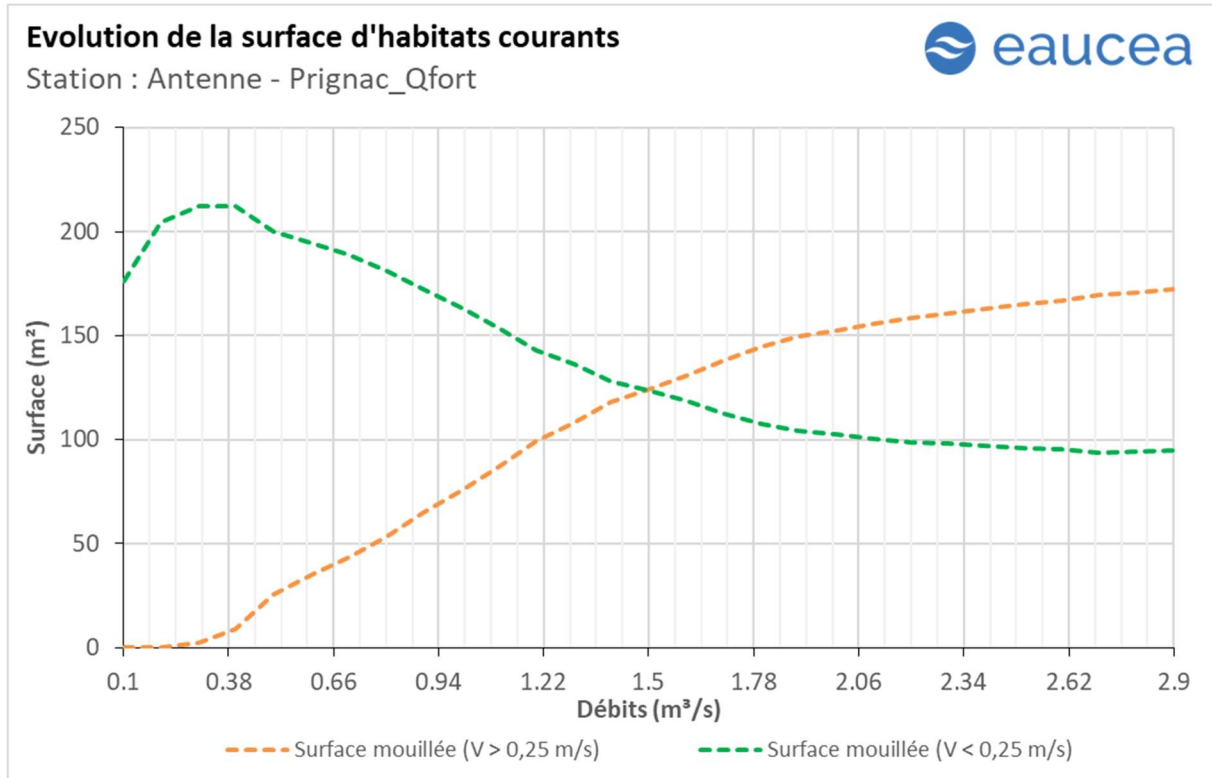


Figure 39: Evolution des milieux courants sur la station de Prignac

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est assez limitée sauf dans la zone aval de la station et dans un chenal de vitesse de l'amont de la station. Même à fort débit, la station offre des habitats lotiques assez modestes.



Les courbes ci-dessus traduisent une inversion de situation autour de 1500 l/s. La station est donc majoritairement lentique puis devient majoritaire lotique tout en présentant une bonne diversité d'habitats liés à la vitesse.

En étiage, soit en dessous de 80 L/s, les surfaces rapides sont inférieures à 1%. Cet objectif ne peut pas être retenu pour le débit biologique d'étiage.

Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 470 L/s (correspondant à un débit dépassé 50 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est de 730 L/s (correspondant à un débit dépassé 38 % du temps). La valeur de 10 % correspond au débit classé 50 % et la valeur de 20 % correspond à un débit de hautes-eaux.

En conséquence, il est recommandé à titre conservatoire, de viser uniquement en période de transition et de hautes eaux un seuil de 10% soit 470 L/s.

5.4 Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)

La modélisation hydraulique 2 D permet de calculer en tous points de la station, la valeur du paramètre τ^{*2} qui caractérise les conditions de début d'entraînement ou de charriage des particules. Nous avons retenu les sables qui sont les principales particules susceptibles de s'accumuler dans les fosses et de les combler. Pour les limons (tourbes et argiles), fréquemment transportés dans les rivières, le cycle de sédimentation érosion est complexe en raison d'un risque de cohésion par tassement et d'une évolution plus complexe en cas d'assec. Néanmoins, nous pouvons considérer que le maintien d'épisodes hydrauliques suffisants en intensité en durée pour évacuer des sables évitera un temps d'accumulation trop long aussi pour les limons.

Le principe est donc de vérifier si pour des débits importants mais fréquents, les conditions hydrauliques permettent de maintenir les faciès d'écoulement. Une comparaison réalisée avec la topographie observée permet de conclure au maintien ou non d'une dynamique d'entretien des zones les plus profondes, qui jouent un rôle majeur en étiage.

La modélisation hydraulique 2 D, montre que les particules les plus fines sont régulièrement transportées mais fait aussi apparaître que des débits sensiblement plus élevés sont nécessaires pour éviter le comblement par l'amont de la principale zone profonde de la station en cas de charriage de sables plus grossiers.

5.4.1 Colmatage

A Prignac, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 6 l/s dans les zones de rétrécissement. Ce débit est atteint la majorité de l'année et correspond à un débit d'étiage moyen sur ce secteur. Lors de la saison des hautes eaux, des particules plus volumineuses peuvent être mise en mouvement. La station n'est donc pas vulnérable au colmatage.

5.4.2 Entretien des frayères

La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Concernant les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre, seul le radier aval entre en mouvement lorsque le débit dépasse 450 l/s soit le débit classé 50 %. Au débit de débordement, la quasi-totalité de la station est mise en mouvement hormis les berges et la fosse en berge gauche amont.

Concernant les particules de 10 millimètres, seul le radier aval est mis en mouvement lorsque le débit dépasse le module soit 1200 L/s.

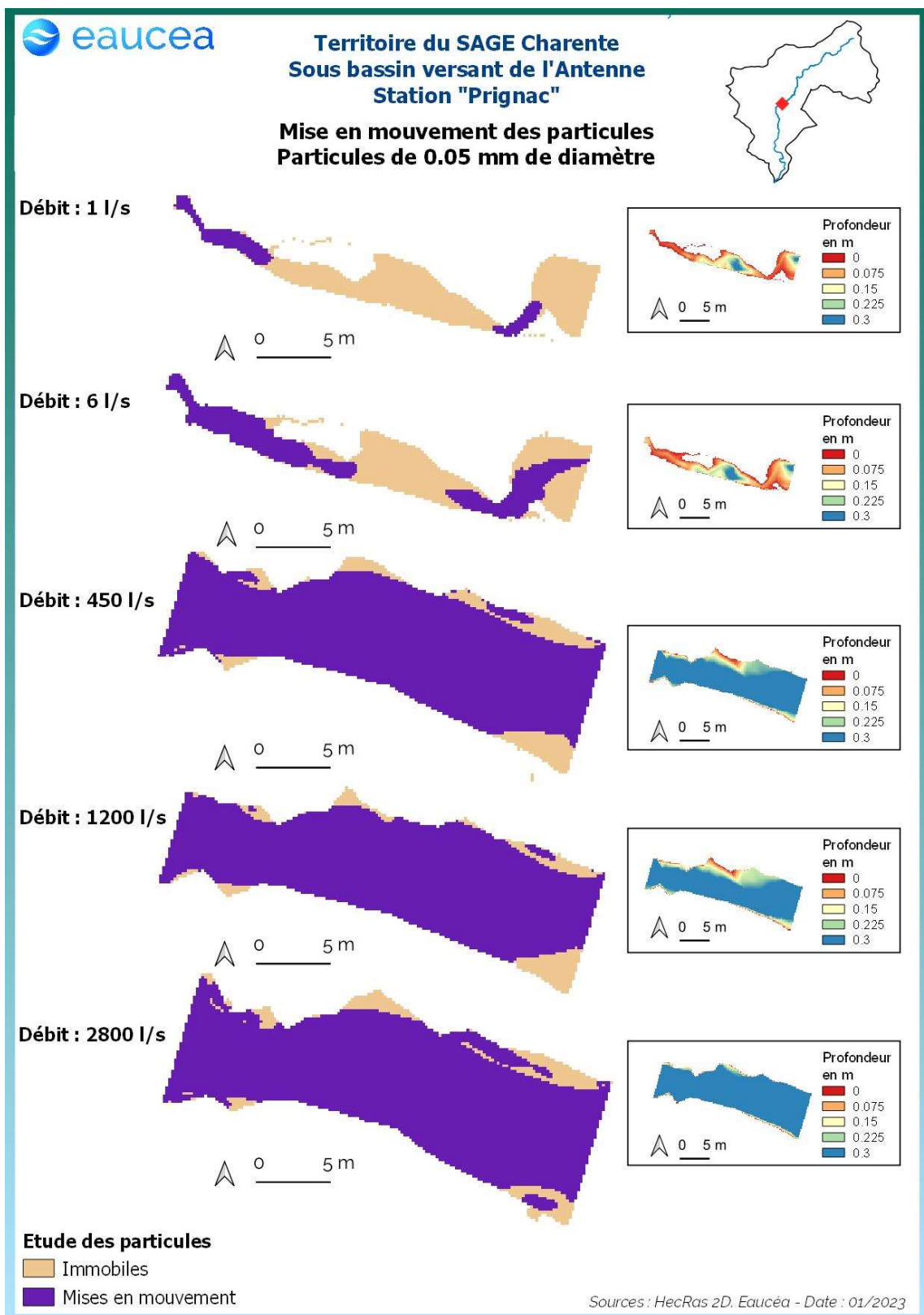
Les enjeux de reproduction concernant la truite (frayères) requièrent une mobilité de la granulométrie à la saison automnale. La mise en mouvement des particules de diamètre de l'ordre de 5 et 10 millimètres peut être mise en regard des frayères potentielles sur la station.

5.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 6 L/s en étiage.

² Paramètre de Shields (cf annexe)

Des périodes de débit supérieur à 1200 L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juillet) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.



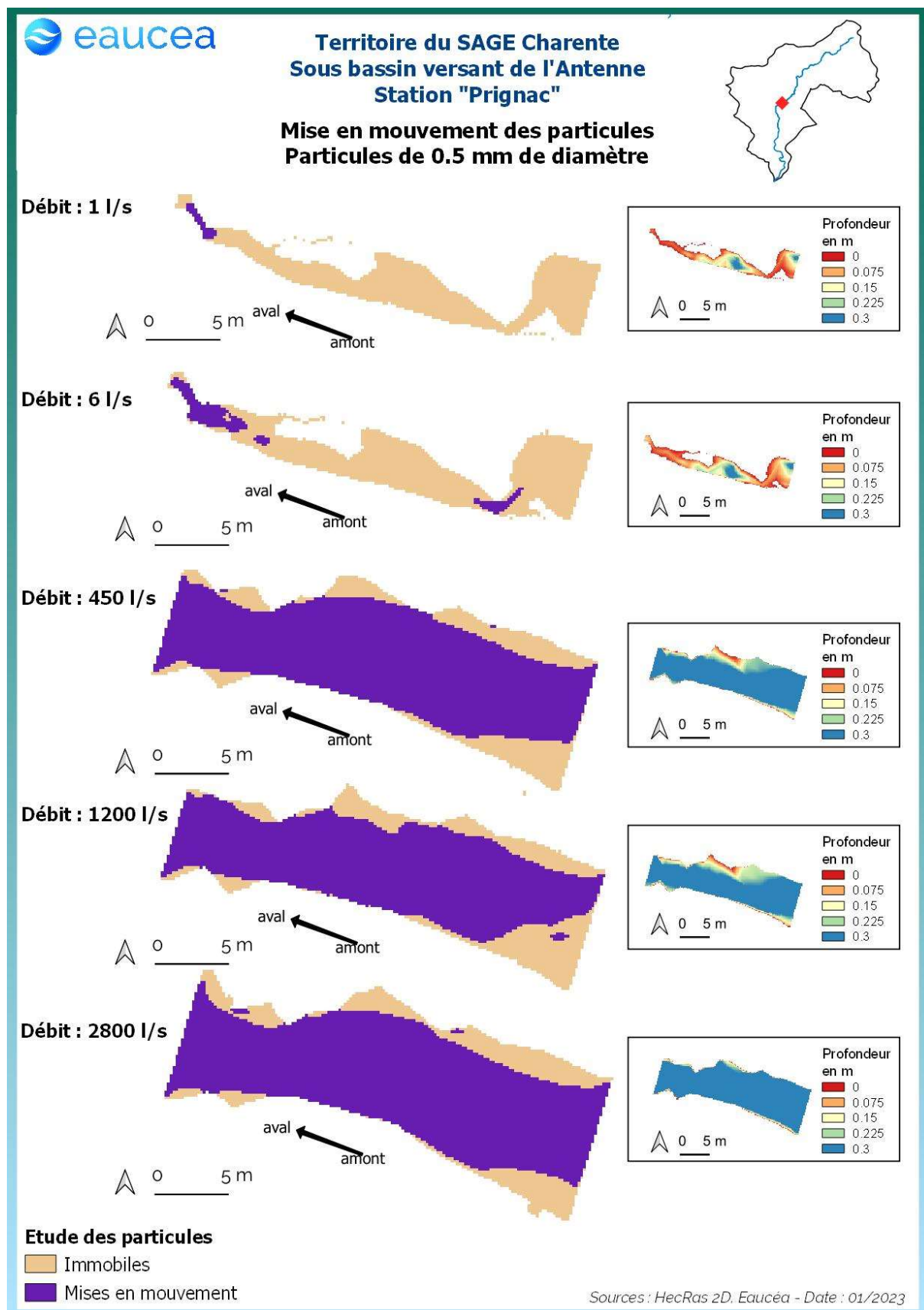


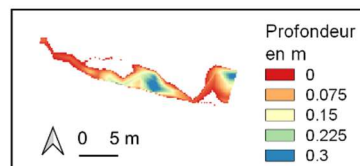
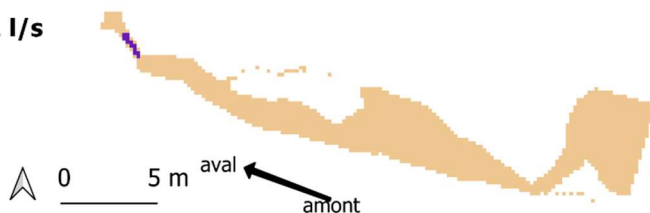
Figure 41 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Prignac

Territoire du SAGE Charente
Sous bassin versant de l'Antenne
Station "Prignac"

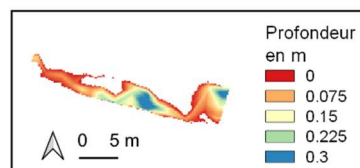
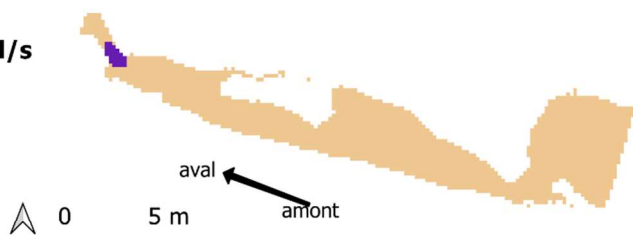
Mise en mouvement des particules
Particules de 5 mm de diamètre



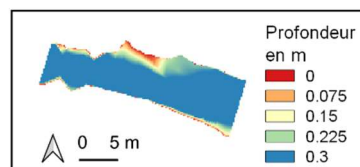
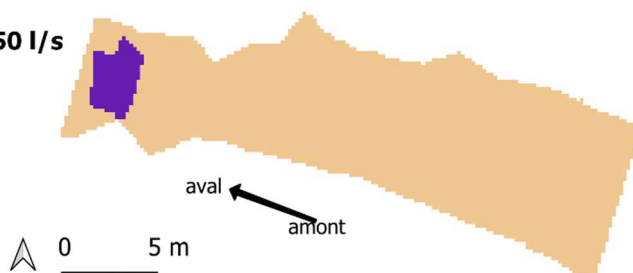
Débit : 1 l/s



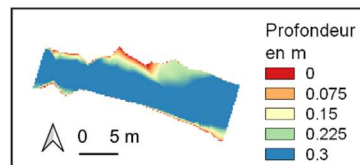
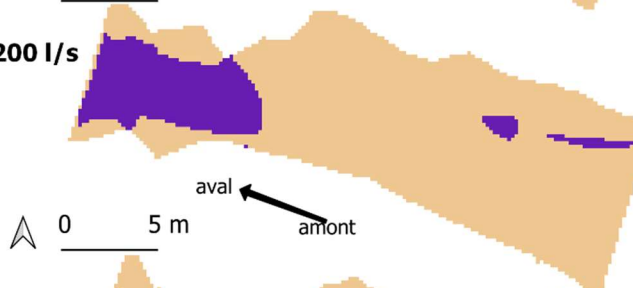
Débit : 6 l/s



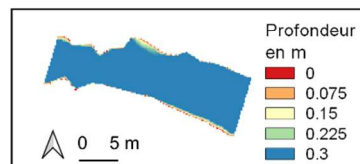
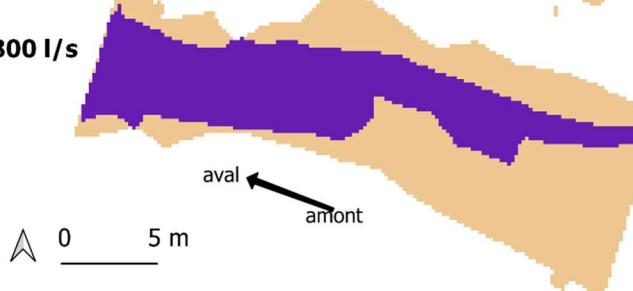
Débit : 450 l/s



Débit : 1200 l/s



Débit : 2800 l/s



Etude des particules

 Immobiles

 Mises en mouvement

Sources : HecRas 2D, Eauce - Date : 05/2023

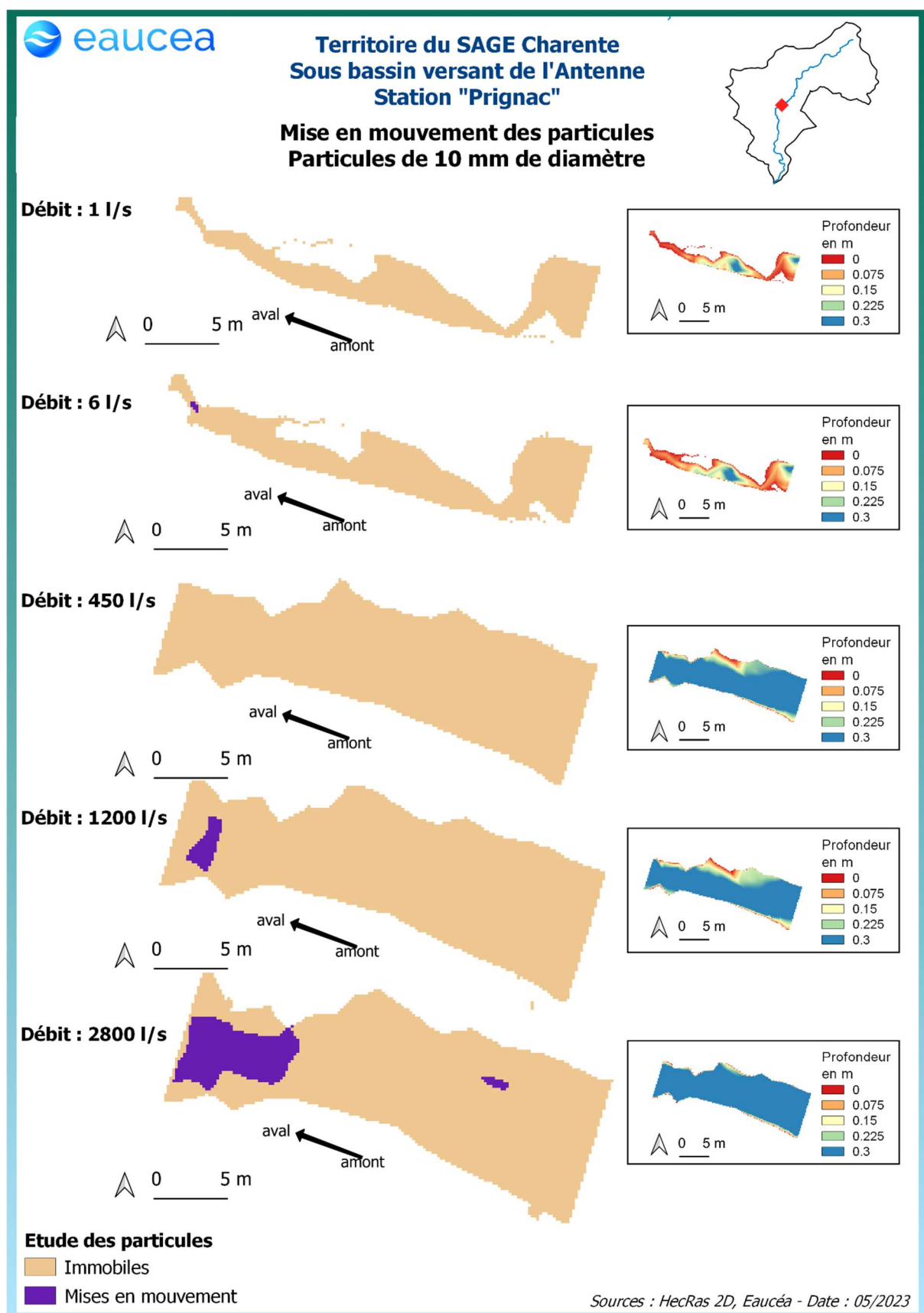


Figure 42 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Prignac

5.5 Connectivité longitudinale

Il s'agit ici de vérifier à quelle condition de débit, la circulation des poissons est possible au sein de la station.

La connectivité de cette station sur l'Antenne est aisée pour les petites espèces à un débit de 15 l/s. Elle ne l'est plus pour 10 l/s.

La connectivité de la station est encore aisée pour les grandes espèces à un débit de 40 l/s, valeur atteinte un peu plus de 80% du temps. Elle ne l'est plus à 30 l/s. **La valeur de 40L/s est recommandée.**

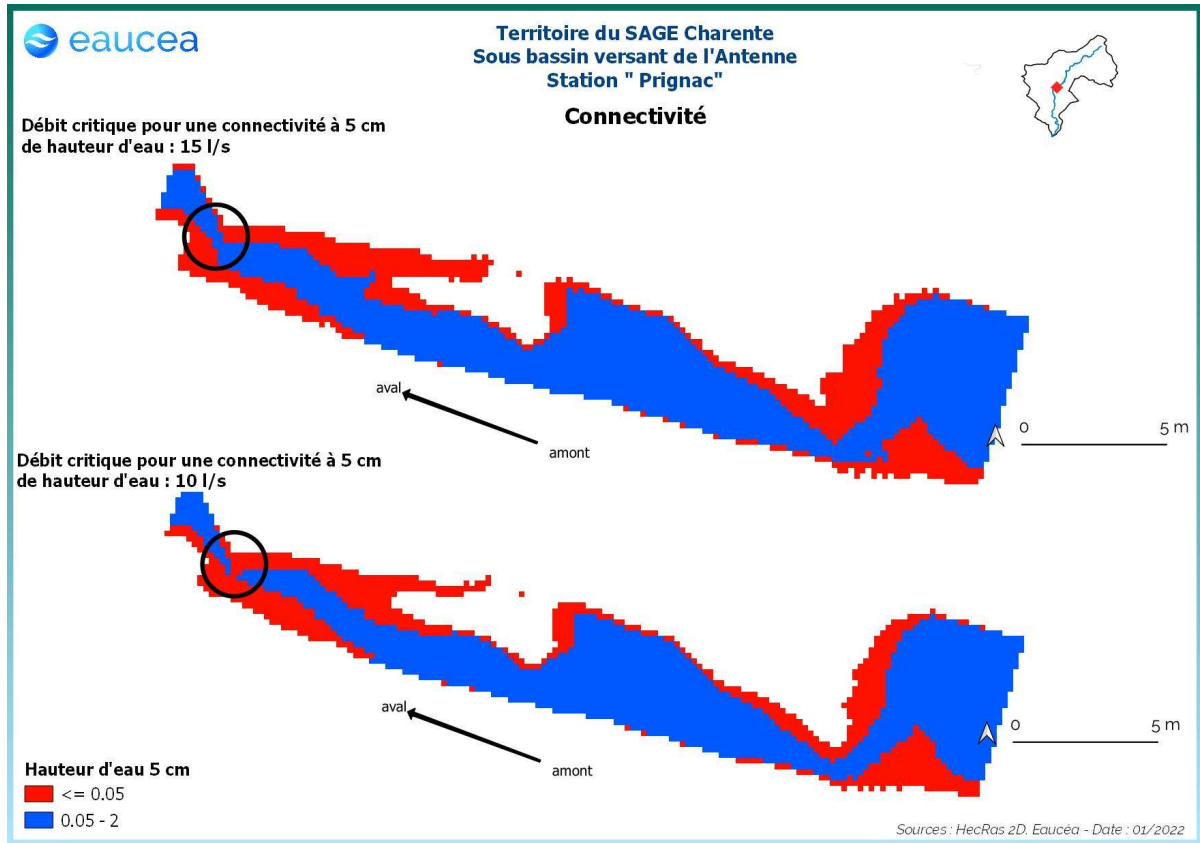


Figure 43: Connectivité de la station de Prignac pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

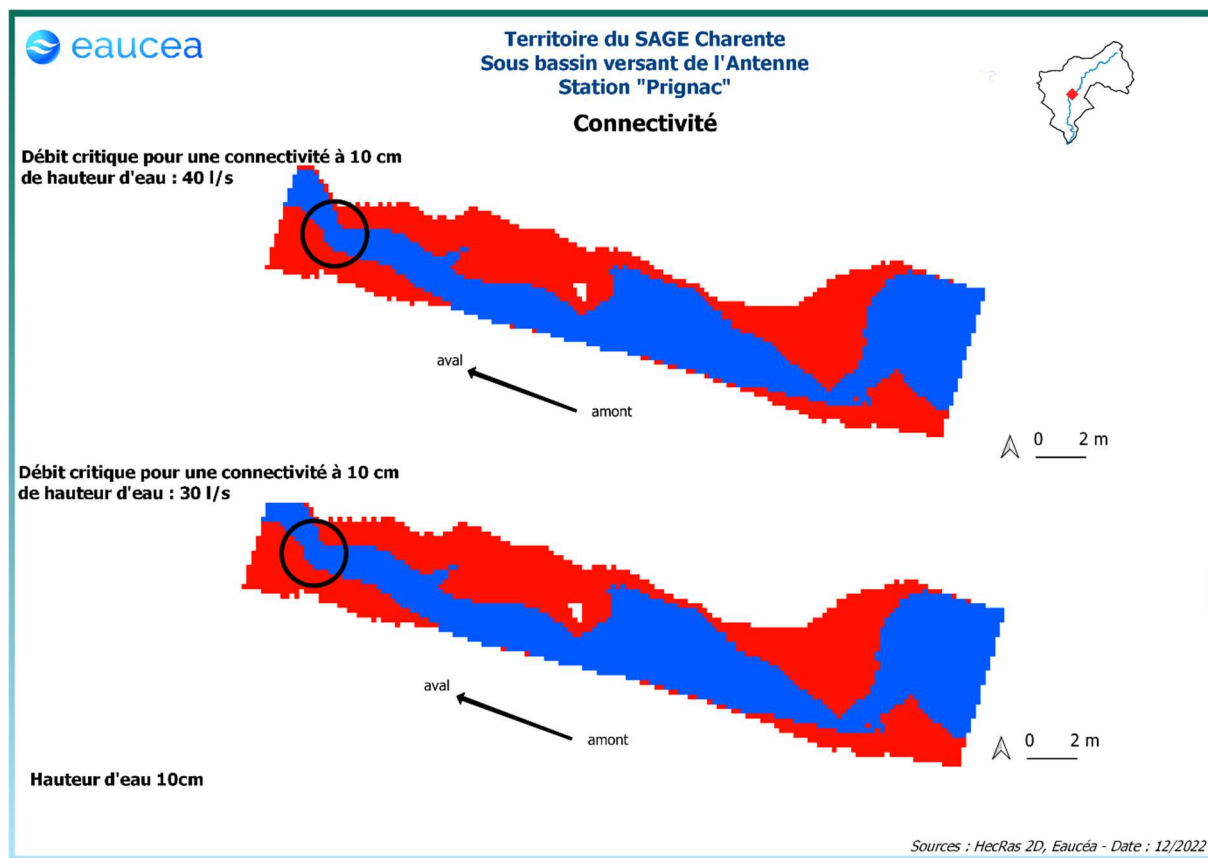


Figure 44: Connectivité de la station sur l'Antenne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

5.6 Habitats piscicoles (tous débits)

5.6.1 Valeurs d'habitat

Le premier critère est la valeur d'habitat moyenne de la station. Cette valeur serait de 1 pour un potentiel excellent et de 0 pour un potentiel nul.

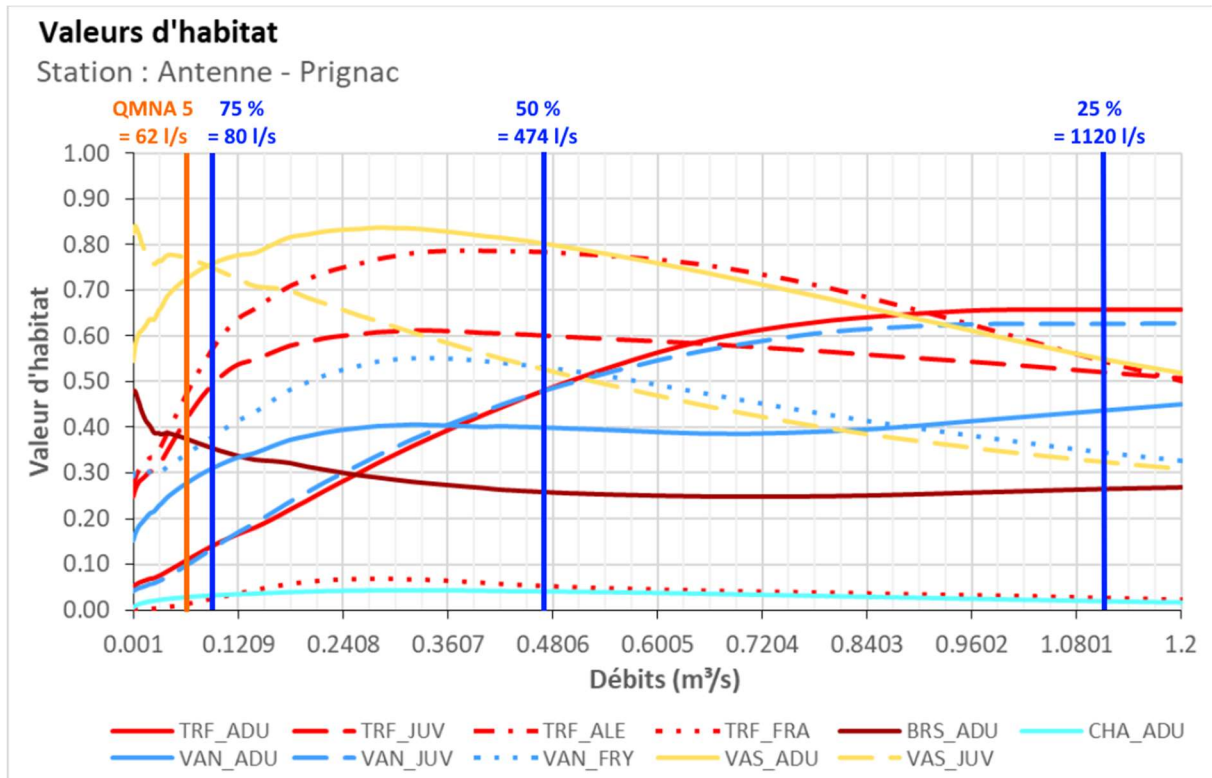


Figure 45: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac

Les valeurs d'habitats pour la truite adulte augmentent avec le débit avec un maximum de 0.65 ce qui traduit un biotope très favorable à cette espèce lorsque le banc en berge droite se met en eau. Pour les autres stades, la valeur suit la même tendance que pour l'adulte avec cependant une chute de la valeur d'habitat à des débits importants avec une influence de l'augmentation de la vitesse et des capacités natatoires limitées pour les juvéniles et les alevins. Les frayères présentent une valeur d'habitat très modérée avec un maximum à 0.05 environ à un débit de 250 l/s.

Pour le brochet, la valeur d'habitat est maximale à bas débit sans excéder 0.5. Elle chute ensuite rapidement pour se stabiliser aux environs de 0.3 à mesure que le débit augmente.

Pour le chabot, la valeur d'habitat est très limitée et n'excède jamais 0.05 avec une zone maximale entre 200 et 400 l/s. Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.05. Il convient de modérer ce constat par le fait que le chabot se contente de petite placette de l'ordre du mètre carré dans les abris hydrauliques. Le potentiel est donc faible mais pas nul y compris en étiage.

D'autre part, le graphe ci-dessous des valeurs habitats fondés sur les seuls critères hydrauliques, montre que l'augmentation des profondeurs avec le débit pénalise le gain dû à l'augmentation des vitesses.

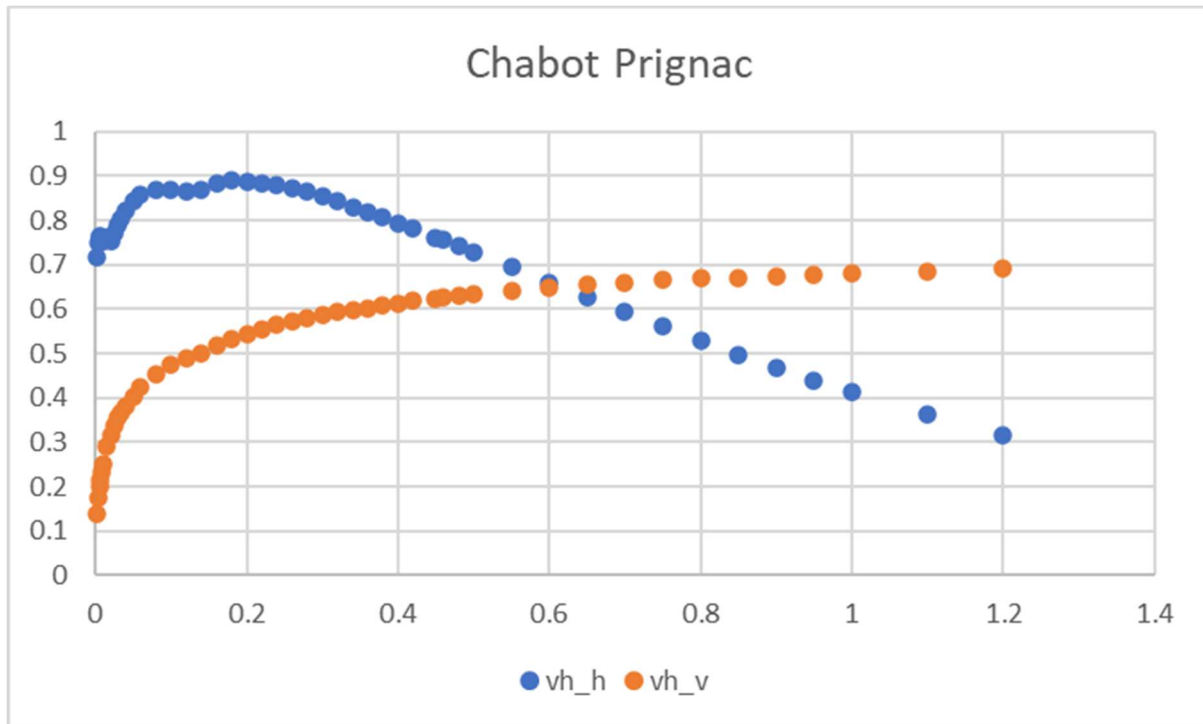


Figure 46 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

Concernant la vandoise, après des variations à bas débit autour de 0.4 pour l'adulte, la valeur d'habitat se stabilise à presque 0.5 pour le juvénile, la valeur d'habitat augmente avec le débit et se stabilise à 0.6. Pour l'alevin, la valeur augmente à bas débit avant un maximum à 0.55 avant de chuter et de se stabiliser à 0.25.

Le vairon adulte a une valeur d'habitat maximale de 0.85 à bas débit qui baisse ensuite, se stabilisant à 0.4. Le juvénile voit sa valeur d'habitat chuté à mesure que le débit augmente et se stabiliser aux environs de 0.25.

5.6.2 SPU en m^2 et en variations relatives

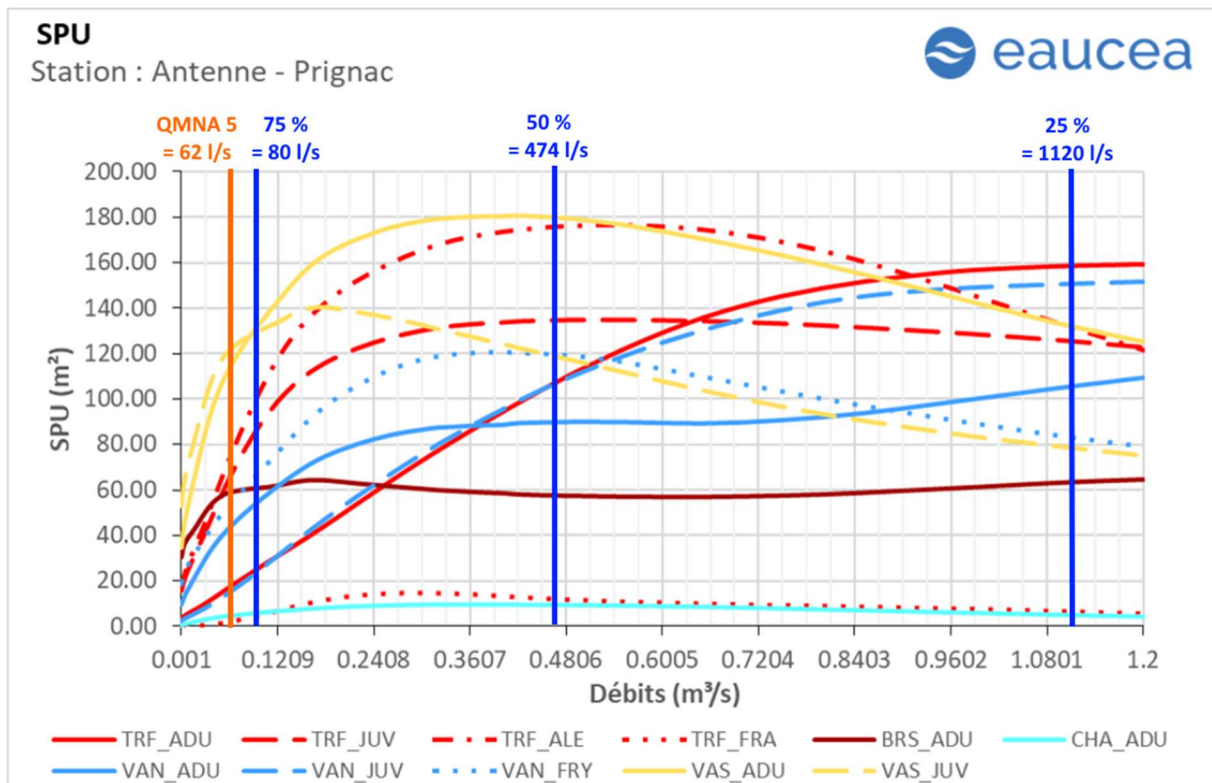


Figure 47: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

Les surfaces pondérées utiles suivent globalement les mêmes évolutions en fonction du débit mais avec le bénéfice de l'augmentation de la surface mouillée.

Cette surface d'habitat peut être aussi explorée par rapport à la SPU maximale observée sur la gamme de débit testée.

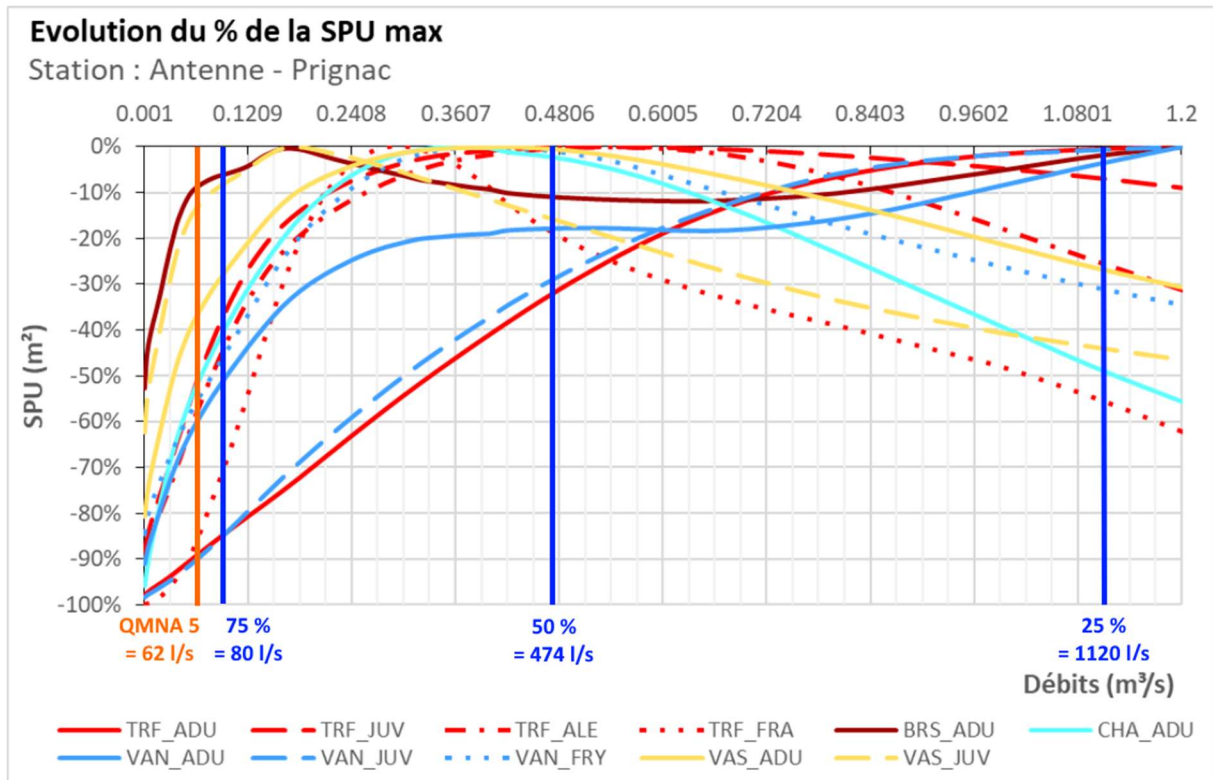


Figure 48: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

5.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 180 L/s et 500 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présente un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU. Les cibles biologiques à fortes valeurs patrimoniales (directrices) sont la vandoise et le brochet. Pour les débits hivernaux, le potentiel de fraie de la truite sera aussi un critère.

Pour la vandoise adulte, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 120L/s, valeur correspondant à un débit de transition. Il pourra être conservé comme plancher de débit biologique entre novembre et juillet, période couvrant la reproduction des vandoises. Pour la fraie de truite, le potentiel maximal est atteint à 300 L/s. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 300 L/s.**

En étiage, le milieu est moins favorable aux grands individus. Le graphique ci-dessous montre que le potentiel pour les juvéniles de vandoise franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 45 L/s. Pour le brochet ce seuil de 80% correspond à 30 L/s. La situation se dégrade plus rapidement pour des débits inférieurs (fort gradient de baisse). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 45 L/s car en dessous, c'est le critère « déconnexion longitudinale » qui prend le pas sur les autres critères.**

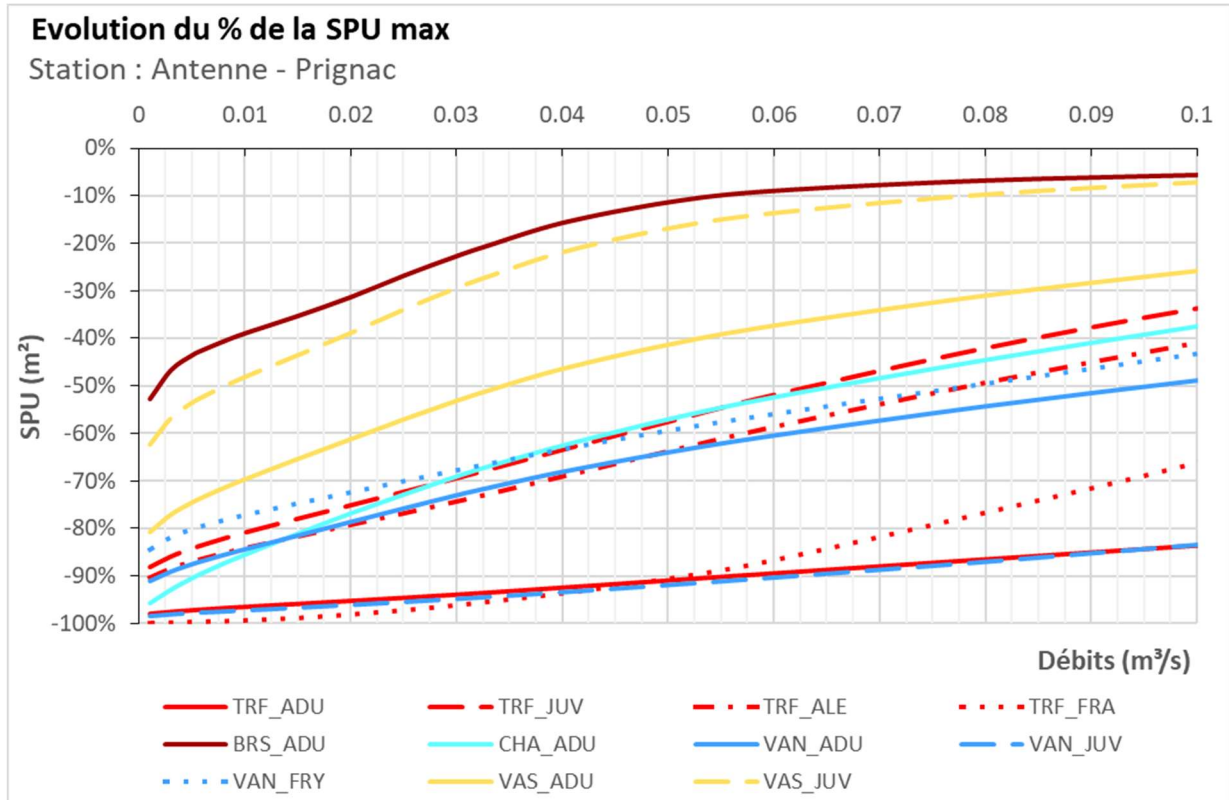


Figure 49 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Prignac

5.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Prignac (matrice)

Le rapprochement de l'ensemble des critères répartis en fonction de la saison aboutit aux préconisations suivantes pour qualifier le débit biologique.

En étiage estival, d'août à octobre, le juvénile de vandoise est l'espèce représentant le plus d'enjeux sur le secteur.

En tolérant une perte de 20% de surface pour cette espèce, qui peut tolérer temporairement des habitats réduits en termes de surface, vis-à-vis de cette valeur de référence, le débit plancher s'établit à 35 L/s, valeurs atteintes ou dépassées 85% du temps. Pour cette valeur, la connectivité est garantie pour toute taille et la surface mouillée est juste supérieure à 51% du maximum.

Les habitats benthiques ne sont pas un paramètre pertinent pour ce contexte hydraulique.

La gamme de débits biologiques pour la période de basses-eaux proposée est donc de 35 L/s à 45 L/s.

Matrice					Prignac										Basses-eaux				
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade						Qref									
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.01	0.015	0.03	0.035	0.04	0.045	0.05	0.06	0.08	0.10					
Principal		% des débits classés			94%	92%	87%	85%	83%	82%	80%	78%	75%	72%					
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-58%	-50%	-27%	-18%	-9%	13	9%	27%	63%	98%					
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-52%	-44%	-23%	-15%	-7%	53	7%	22%	47%	68%					
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	-53%	-45%	-23%	-16%	-8%	59	8%	23%	51%	76%					
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	-29%	-25%	-11%	-6%	-3%	56	3%	5%	8%	9%					
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-64%	-53%	-23%	-15%	-7%	4	7%	18%	38%	56%					
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-54%	-46%	-21%	-13%	-6%	37	6%	16%	35%	51%					
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-62%	-54%	-29%	-20%	-10%	11	10%	31%	76%	124%					
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-46%	-38%	-16%	-10%	-5%	101	5%	12%	23%	32%					
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	-36%	-30%	-12%	-8%	-3%	113	3%	7%	12%	15%					
Principal	Surface mouillée	% du maximum			34%	38%	49%	51%	53%	55%	57%	59%	63%	66%					
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui					
		Petits poissons			non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui					
Synthèse indicateurs principaux																			
Habitat	SPU																		
Habitat	Habitats rapides																		
Habitat	Surface mouillée																		
Habitat	Connectivité	Longitudinale																	
Résultat																			

Figure 50 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre l'accès aux frayères et la présence de vandoises adultes sur le secteur. **Le débit de référence hiver est fixé à 300 L/s. Pour la vandoise adulte un écart de 10% vis-à-vis de la SPU de référence peut être toléré ce qui conduirait à retenir une valeur basse de la plage de débit à 200 L/s.**

Concernant le décolmatage des frayères, le débit de 1200 L/s a été proposé. Il se situe au-delà de la gamme minimale proposé mais est réalisé 24 % du temps ce qui garantit son occurrence sur au moins une partie de la période automnale.

Enfin, concernant la reproduction du brochet, le débit de débordement de 2800 L/s n'est dépassé que 10 % du temps, ce qui ne garantit pas une reproduction sur le site même.

La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 200 L/s à 300 L /s.

Matrice		Prignac			Hautes-eaux et transition									
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade				Qref						
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.10	0.180	0.20	0.300	0.47	0.50	0.73	1.20	2.00	2.80
Principal		% des débits classés			72%	64%	63%	57%	50%	49%	38%	24%	16%	10%
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-64%	-39%	-33%	73	48%	56%	98%	119%	109%	93%
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-31%	-11%	-8%	130	4%	4%	3%	-6%	-41%	-64%
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	-37%	-14%	-11%	165	6%	7%	3%	-27%	-60%	-78%
Principal	Habitat	TRF_FRA	Truite fario	Frai	-66%	-21%	-13%	15	-19%	-22%	-36%	-62%	-94%	-97%
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	1%	6%	5%	61	-5%	-5%	-5%	7%	16%	14%
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-35%	-13%	-10%	86	4%	4%	4%	26%	41%	47%
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-67%	-38%	-31%	76	42%	48%	82%	100%	101%	103%
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0%	0%	0%	1%	10%	11%	20%	41%	60%	64%
Principal	Surface mouillée	% du maximum			66%	76%	77%	81%	85%	85%	88%	91%	96%	100%
Synthèse indicateurs principaux														
Habitat	SPU													
Habitat	Habitats rapides													
Habitat	Surface mouillée													
Résultat														

Figure 51 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

6 Synthèse sur les débits biologiques étiage et hors étiage et piézométrie associée

6.1.1 Débits biologiques des stations

Les valeurs de l'ensemble des affluents étudiés sont présentées et comparées. Pour faciliter l'analyse elles sont transformées en débit spécifique au prorata de leur bassin versant.

		Hiver			Printemps			Été			Automne		
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
en L/s	Antenne	Hautes-eaux					Période de transition		Basses-eaux		Période de transition		Hautes-eaux
Antenne Touches de Périgny	DMB+	180							50		180		
	DMB-	100							25		100		
Antenne Prignac	DMB+	300							45		300		
	DMB-	200							35		200		
en l/s/km²		Hautes-eaux					Période de transition		Basses-eaux		Période de transition		Hautes-eaux
Antenne Touches de Périgny	DMB+	4.3							1.2		4.3		
	DMB-	2.4							0.6		2.4		
Antenne Prignac	DMB+	1.4							0.2		1.4		
	DMB-	0.9							0.2		0.9		

6.1.2 Indicateurs associés

Hydrométrie

Pour l'Antenne, le pilotage par les débits semble compliqué du fait de la présence d'assecs réguliers dans le secteur amont du cours d'eau. En effet, le tableau ci-dessous rassemble les débits-seuils nécessaire à la station de Prignac afin de respecter les seuils minimaux et maximaux aux stations biologiques.

Pour Prignac, les débits correspondent aux bornes de débit biologique (la station hydrométrique étant située à 30 mètres de la station DB). Pour les Touches de Périgny, le principe de passage de la station « débit biologique » à la station « hydrométrique » de Prignac est la pondération par le rapport de bassin versant.

La traduction des seuils est arrêtée comme suit :

Secteur	Station hydrologique	Novembre à Juillet		Août à octobre			
		Min	Max	Min	Max	QMNA 5 naturalisé à Prignac (cf. tranche ferme)	Module (Banque Hydro) à Prignac
Touches de Périgny	Antenne à Prignac	517 L/s	930 L/s	129 L/s	258 L/s	45 L/s	1551 L/s
Prignac		200 L/s	300 L/s	35 L/s	45 L/s		

Les débits de hautes-eaux et de transition ainsi nécessaire aux deux stations de débits biologiques sont cohérents avec les valeurs de la station hydrométrique.

Les débits de basses-eaux sont cohérents avec l'hydrologie mais uniquement à Prignac. Les valeurs très élevées qui seraient nécessaire au respect des seuils aux Touches de Périgny ne sont pas réalisables sauf éventuellement sur une année décennale humide. Ce constat est cependant cohérent avec la présence d'assecs dans le secteur des Touches de Périgny et le fait qu'en règle générale, les têtes de bassins versants sont plus demandeuses en termes de débit biologique.

Piézométrie