

Etude de la valeur des débits biologiques sur le bassin de la Seugne

Territoire du SAGE Charente

**ESTIMATION DES DEBITS
BIOLOGIQUES**

LOT 1

**Tranche
optionnelle 1.1**

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	Seugne : hydrologie aux stations de débit biologique	10
3.2.2	Calendriers hydrologiques et hydrobiologiques de la Seugne	12
3.2.3	Calendriers hydrobiologiques de la Seugne	15
4	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA SEUGNE A SEUGNAC	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	18
4.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	22
4.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	23
4.2.1	Surface mouillée	23
	Granulométrie de la station	24
4.2.2	Profondeur	25
4.2.3	Vitesse d'écoulement	26
4.3	Habitat benthique	27
4.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	29
4.4.1	Colmatage	29
4.4.2	Entretien des frayères	29
4.4.3	Synthèse	29
4.5	Connectivité longitudinale	32
4.6	Habitats piscicoles (tous débits)	33
4.6.1	Valeurs d'habitat	33
4.6.2	SPU en m ² et en variations relatives	35
4.6.3	Interprétation	36
4.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Seugnac (matrice)	36
5	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA SEUGNE A MARRAUD	39
5.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	39
5.1.1	Description de la station	39
5.1.2	Modélisation hydraulique de la station	41
5.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	44
5.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	45
5.2.1	Surface mouillée	45
5.2.2	Granulométrie de la station	46
5.2.3	Profondeur	47
5.2.4	Vitesse d'écoulement	48
5.3	Habitat benthique	49
5.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	51
5.4.1	Colmatage	51
5.4.2	Entretien des frayères	51
5.4.3	Synthèse	51
5.5	Connectivité longitudinale	56
5.6	Habitats piscicoles (tous débits)	57
5.6.1	Valeurs d'habitat	57
5.6.2	SPU en m ² et en variations relatives	59
5.6.3	Interprétation	60
5.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Petit Genouillé (matrice)	61

6	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA SEUGNE AU MOULIN DU GUA	63
6.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	63
6.1.1	Description de la station	63
6.1.2	Modélisation hydraulique de la station	65
6.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	68
6.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	68
6.2.1	Surface mouillée	68
6.2.2	Granulométrie de la station	69
6.2.3	Profondeur	70
6.2.4	Vitesse d'écoulement	71
6.3	Habitat benthique	72
6.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	74
6.4.1	Colmatage	74
6.4.2	Entretien des frayères	74
6.4.3	Synthèse	74
6.5	Connectivité longitudinale	77
6.6	Habitats piscicoles (tous débits)	79
6.6.1	Valeurs d'habitat	79
6.6.2	SPU en m ² et en variations relatives	81
6.6.3	Interprétation	82
6.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Moulin de Châtre (matrice)	82
7	SYNTHESE SUR LES DEBITS BIOLOGIQUES ETIAGE ET HORS ETIAGE	85
7.1.1	Débits biologiques des stations	85
7.1.2	Indicateurs associés	86

Table des figures

Figure 1 : Positionnement des stations "débit biologique" sur la Seugne	7
Figure 2 : Profil en long de la Seugne	8
Figure 8 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de la Seugne.....	10
Figure 4: Courbe des débits journaliers classés de la Seugne à Pons et Saint Seurin de Palenne	11
Figure 14 : Débits mensuels statistiques et débits classés de la Seugne à pons et Saint Seurin de Palenne (station hydrologique).....	13
Figure 11: Saisons hydrologiques de la Seugne à Pons et Saint Seurin de Palenne.....	14
Figure 37 : Position des transects de mesure de la station de Seugnac	17
Figure 38 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	19
Figure 39 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	20
Figure 40 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré	21
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée à Seugnac	23
Figure 42 : Carte des substrats de la station de Seugnac.....	24
Figure 43: Evolution des profondeurs sur la station de Seugnac à différents débits.....	25
Figure 44: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Seugnac à différents débits	26
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station de Seugnac	27
Figure 46 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	28
Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Seugnac	30
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Seugnac.....	31
Figure 48: Connectivité de la station de Seugnac pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau	32
Figure 49: Connectivité de la station sur la Seugne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau	32
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Seugnac	33
Figure 22 : Evolution de la valeur d'habitat du Chabot à Seugnac.....	34
Figure 23 : 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	34
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Seugnac	35
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Seugnac.....	36
Figure 55 : Matrice période de basses-eaux	37
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux	38
Figure 63 : Position des transects de mesure de la station DMB.....	40
Figure 64 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	42
Figure 65 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	43
Figure 66 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré	44
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée à Marraud	45
Figure 42 : Carte des substrats de la station de Marraud	46
Figure 43: Evolution des profondeurs sur la station de Marraud à différents débits.....	47
Figure 44: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Marraud à différents débits	48
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station de Marraud	49
Figure 46 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	50
Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Marraud.....	53
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Marraud	55
Figure 48: Connectivité de la station de Marraud pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau	56
Figure 41 : Connectivité de la station de Marraud pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau	56
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Marraud	57
Figure 22 : Evolution de la valeur d'habitat du Chabot à Marraud	58
Figure 23 : 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	58
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Marraud.....	59
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Marraud	60

Figure 55 : Matrice période de basses-eaux	61
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux	62
Figure 63 : Position des transects de mesure de la station du Moulin du Gua.....	64
Figure 64 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	66
Figure 65 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	67
Figure 66 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré	67
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée au Moulin du Gua	69
Figure 42 : Carte des substrats de la station du Moulin du Gua	69
Figure 43: Evolution des profondeurs sur la station du Moulin du Gua à différents débits	70
Figure 44: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station du Moulin du Gua à différents débits	71
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station du Moulin du Gua.....	72
Figure 46 : Evolution de surface lotique (orange) et lenticue (vert).....	73
Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station du Moulin du Gua.....	75
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station du Moulin du Gua	76
Figure 48: Connectivité de la station de Moulin du Gua pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau.....	77
Figure 49: Connectivité de la station sur la Seugne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau	78
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du viron de la station du Moulin du Gua	79
Figure 22 : Evolution de la valeur d'habitat du Chabot au Moulin du Gua	80
Figure 23 : 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	80
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du viron de la station du Moulin du Gua.....	81
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du viron de la station du Moulin du Gua	82
Figure 55 : Matrice période de basses-eaux	83
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux	84

1 POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »

Le choix des stations a été arrêté en Copil. La Seugne est étudiée au niveau de trois stations de débit biologique du bassin :

- La station dite « de Seugnac » en position médiane sur le bassin ;
- La station dite « de Maraud » ;
- La station dite « du Moulin du Gua ».

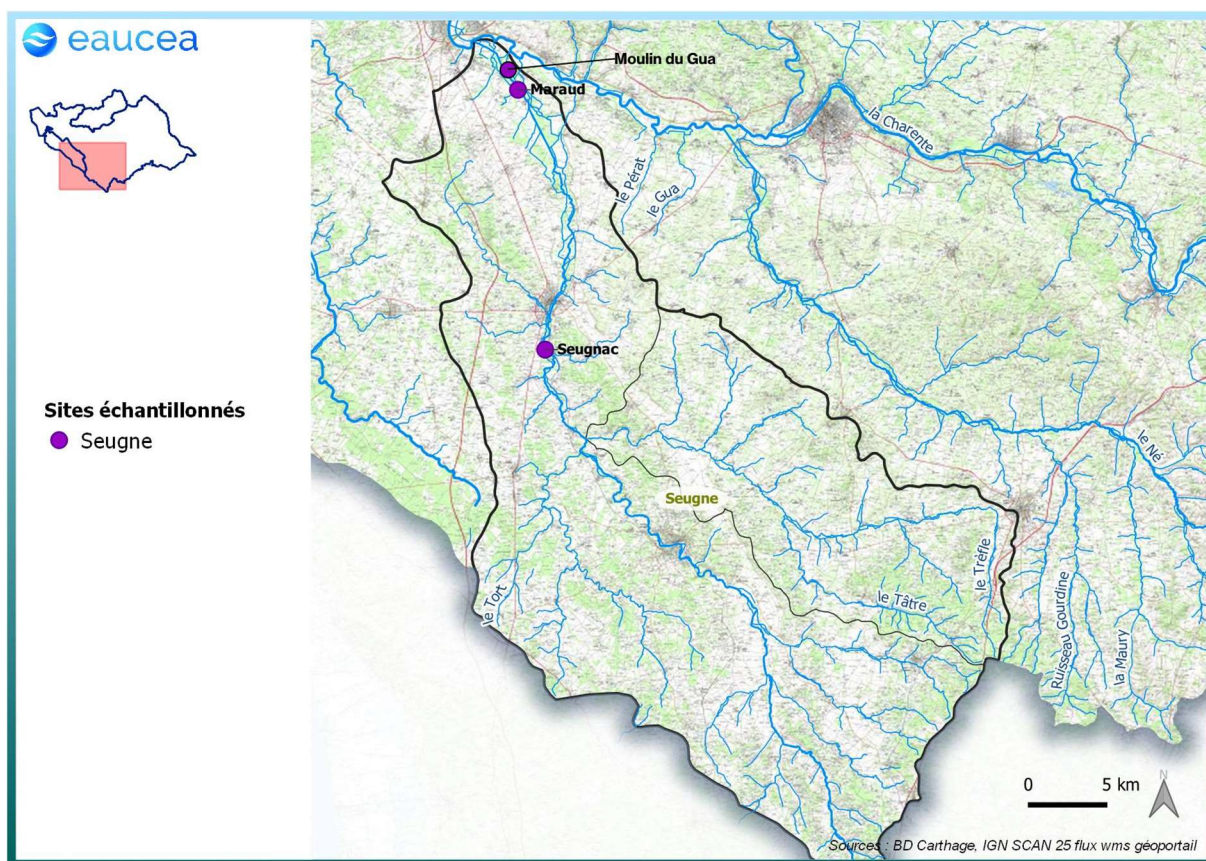


Figure 1 : Positionnement des stations "débit biologique" sur la Seugne

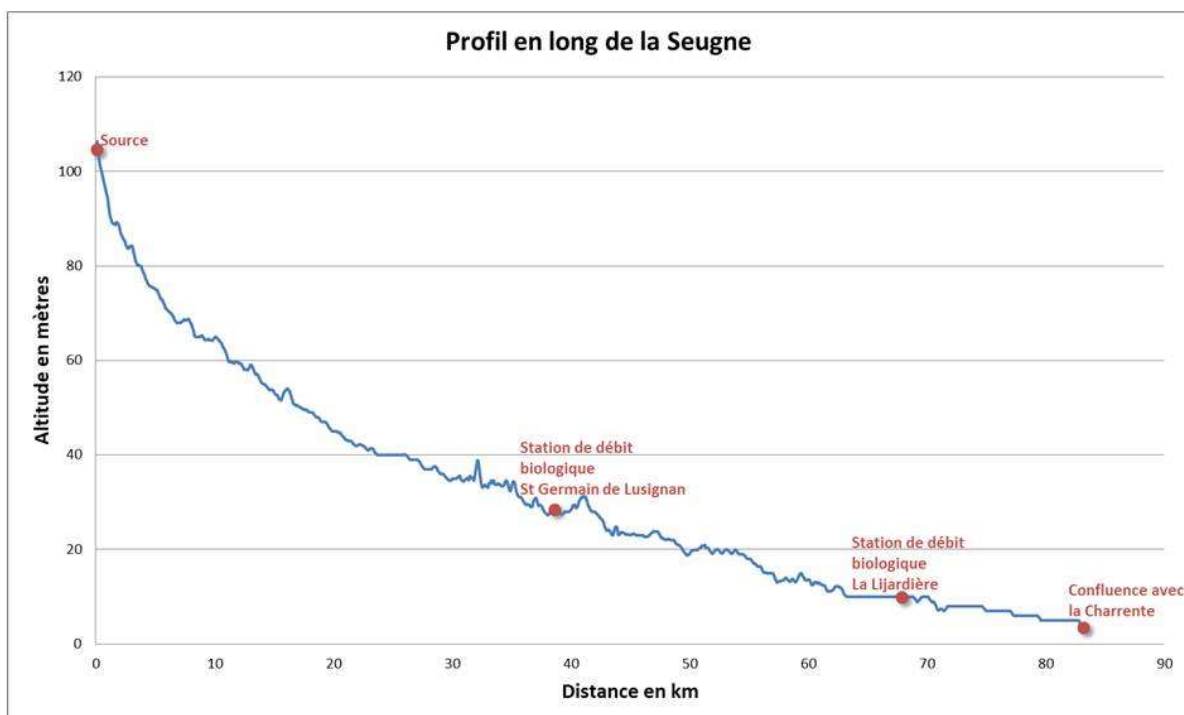


Figure 2 : Profil en long de la Seugne

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 la Seugne sont calculés sur la base des observations réalisées à la station de Pons et Saint-Seurin-de-Palenne (R5123310 – Le bras de Seugne à Saint-Seurin-de-Palenne) et calculés de chroniques s'étalant de 1968 à 2023.

3.2 Résultats

3.2.1 Seugne : hydrologie aux stations de débit biologique

		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Le bras de Seugne à Saint-Seurin-de-Palenne (station hydro)	Débits (m ³ /s)	14.0	14.5	10.0	8.5	6.6	4.8	2.4	1.5	1.8	2.9	5.9	10.2	7.0
878 km ²	I/s/km ²	15.9	16.5	11.3	9.7	7.5	5.4	2.7	1.7	2.0	3.3	6.7	11.6	8.0
Seugnac (station DB)	Reconstitué	12.4	12.9	8.8	7.5	5.9	4.2	2.1	1.3	1.6	2.6	5.3	9.0	6.2
780 km ²	I/s/km ²	15.9	16.5	11.3	9.7	7.5	5.4	2.7	1.7	2.0	3.3	6.7	11.6	8.0
Marraud (station DB)	Reconstitué	15.2	15.8	10.8	9.2	7.2	5.2	2.6	1.6	1.9	3.2	6.4	11.0	7.6
954 km ²	I/s/km ²	15.9	16.5	11.3	9.7	7.5	5.4	2.7	1.7	2.0	3.3	6.7	11.6	8.0
Moulin du Gua (station DB)	Reconstitué	15.3	15.9	10.9	9.3	7.2	5.2	2.6	1.6	1.9	3.2	6.5	11.1	7.7
961 km ²	I/s/km ²	15.9	16.5	11.3	9.7	7.5	5.4	2.7	1.7	2.0	3.3	6.7	11.6	8.0

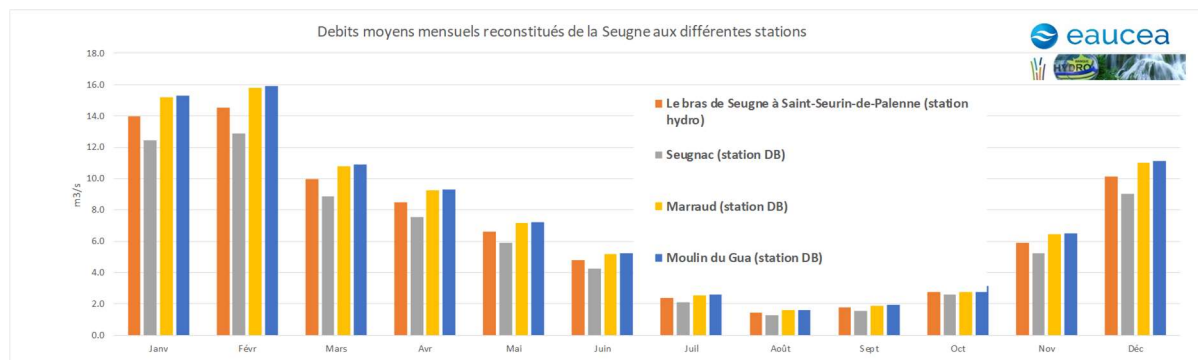


Figure 3 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de la Seugne

La reconstitution des débits classés a été effectuée sur la base des enregistrements réalisés à Pons et Saint Seurin de Palenne. 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.

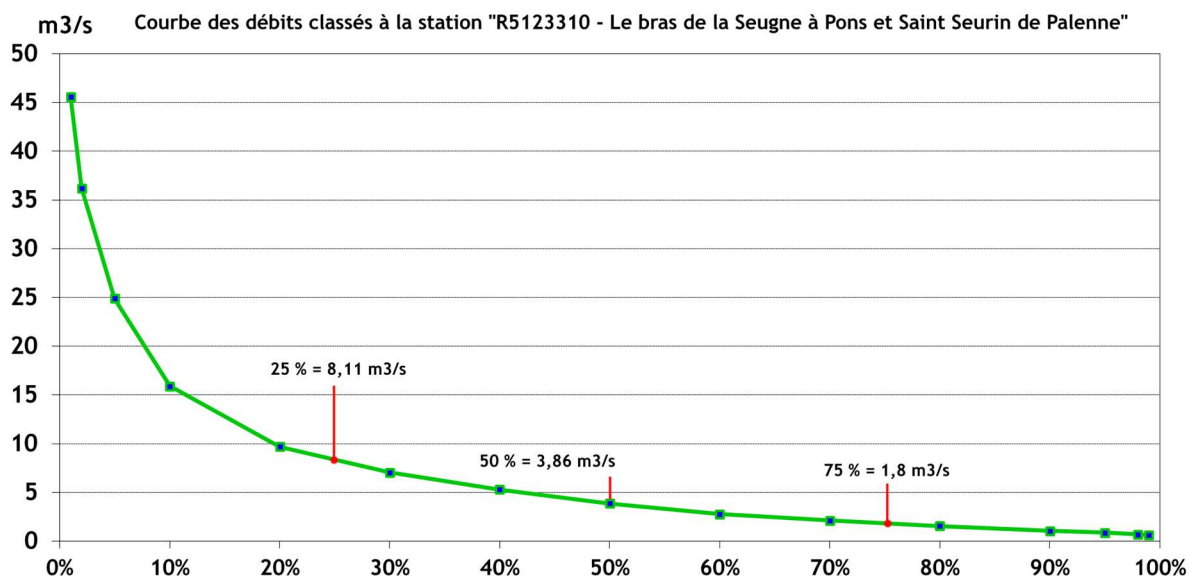


Figure 4: Courbe des débits journaliers classés de la Seugne à Pons et Saint Seurin de Palenne

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.

	Seugne		
	Seugnac (station DB) (en m ³ /s)	Marraud (station DB) (en m ³ /s)	Moulin du Gua (station DB) (en m ³ /s)
Occurrence 75% (seuil de basses eaux et de transition)	1,60	1,96	1,97
Occurrence 50% (seuils des eaux moyennes et de transition)	3,43	4,19	4,22
Occurrence 25% (seuils des débits de hautes débits eaux)	7,20	8,81	8,88

3.2.2 Calendriers hydrologiques et hydrobiologiques de la Seugne

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 Pons et de Saint Seurin de Palenne. 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.

A Pons et Saint Severin de Palenne, la saison de basses-eaux correspond à celle où les débits se situent en dessous de la valeur de débit classé 75 % (dépassée 75% du temps) soit 1800 l/s. En hydrologie médiane, cette période s'étend d'août à septembre compris. Les saisons de transition (entre 75% et 50%) sont très réduites avec une augmentation rapide des débits en octobre, période de transition automnale. La saison de transition printanière couvre le mois de juillet. La saison d'eaux moyennes et de hautes eaux (débit dépassé 50% du temps) s'observe de novembre à juin compris.

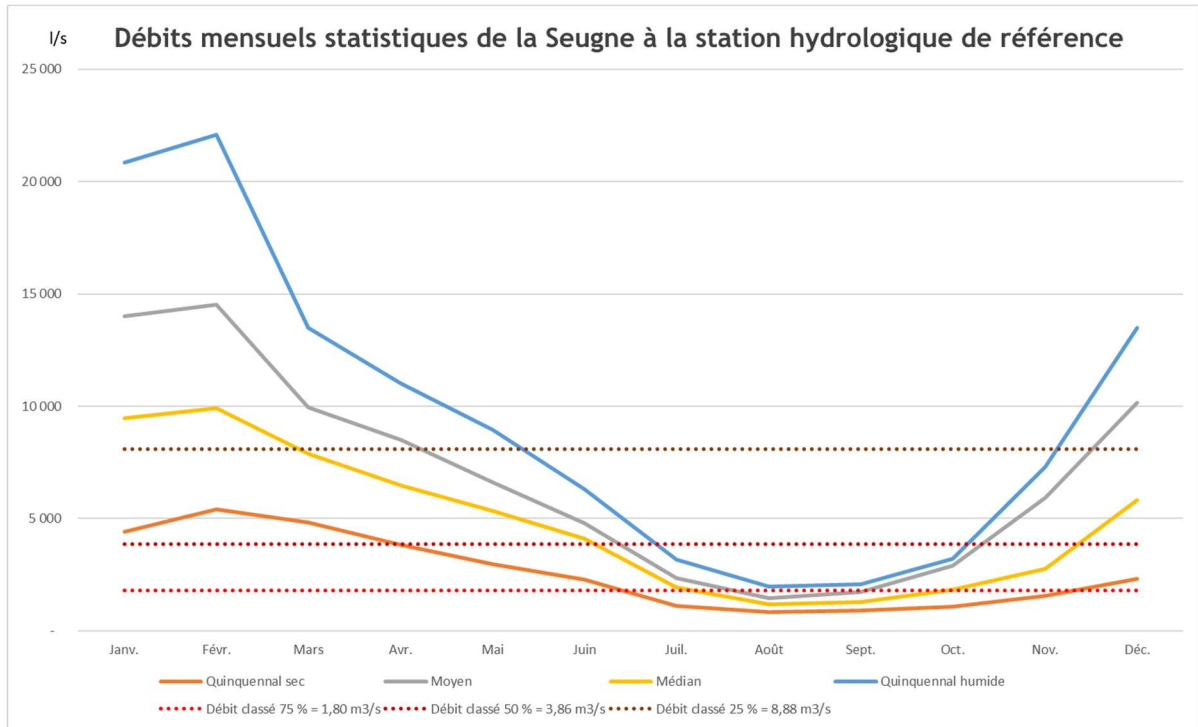


Figure 5 : Débits mensuels statistiques et débits classés de la Seugne à Pons et Saint Severin de Palenne (station hydrologique)

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

La Seugne à Pons et à Saint-Seurin-de-Palenne	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	2.576	4.426	13.992	9.470	20.860	31.080
Févr.	3.476	5.396	14.526	9.905	22.100	32.970
Mars	3.670	4.840	9.958	7.900	13.500	19.650
Avr.	2.966	3.840	8.492	6.470	11.000	16.100
Mai	2.450	2.970	6.612	5.350	8.950	12.000
Juin	1.386	2.300	4.778	4.095	6.322	8.597
Juil.	0.845	1.118	2.366	1.955	3.182	4.120
Août	0.691	0.836	1.467	1.200	1.970	2.441
Sept.	0.770	0.907	1.750	1.280	2.078	2.697
Oct.	0.915	1.090	2.900	1.820	3.224	5.340
Nov.	1.233	1.570	5.925	2.775	7.316	14.640
Déc.	1.869	2.330	10.152	5.810	13.500	24.640



Basses-eaux



Transition



Hautes-eaux

Figure 6: Saisons hydrologiques de la Seugne à Pons et Saint Seurin de Palenne

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

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

3.2.3 Calendriers hydrobiologiques de la Seugne

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

Espèce	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novembre	Décembr
Brochet (<i>Esox lucius</i>)		Migration	Ponte/ Maturation	Emergence alevin	Développement	Migration						
Chabot (<i>Cottus gobio</i>)			Reproduction		Emergence	Maturation						
Vairon (<i>Phoxinus phoxinus</i>)				Reproduction								
Vandoise (<i>Leuciscus leuciscus</i>)			Reproduction					Emergence / Développement				

La saison de basses-eaux ne correspond à aucune étape sensible du cycle de reproduction des espèces concernées, seuls des enjeux de mobilité au sein du bassin et de croissance sont à signaler sur cette période.

La période de transition automnale correspond au début de la saison de reproduction de la truite fario.

La période de hautes-eaux correspond à :

- La totalité des étapes du cycle de reproduction du brochet ;
- La période de reproduction, d'émergence et le début de la maturation du chabot ;
- Le début de la reproduction du vairon ;
- La reproduction et le début de l'étape d'émergence/développement de la vandoise.

La période de transition printanière correspond à :

- La fin de maturation du chabot ;
- la fin de la période de reproduction du vairon ;
- La fin de l'étape d'émergence/développement de la vandoise.

4 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA SEUGNE A SEUGNAC

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 de Seugnac est située sur la Seugne en amont de Courpignac. Elle s'étend sur environ 60 m de long.

12 transects de mesures ont été positionnés sur le linéaire de la station, ils permettent de rendre compte du fonctionnement hydraulique de la Seugne à ce niveau (radiers, chutes, plats, ...).

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 30/07/2020 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 ;
- Débit transitant dans la station, mesuré avec courantomètre électromagnétique.

Le débit le jour des mesures a été mesuré au transect n°1, aboutissant à une valeur moyenne de 245 l/s pour la station

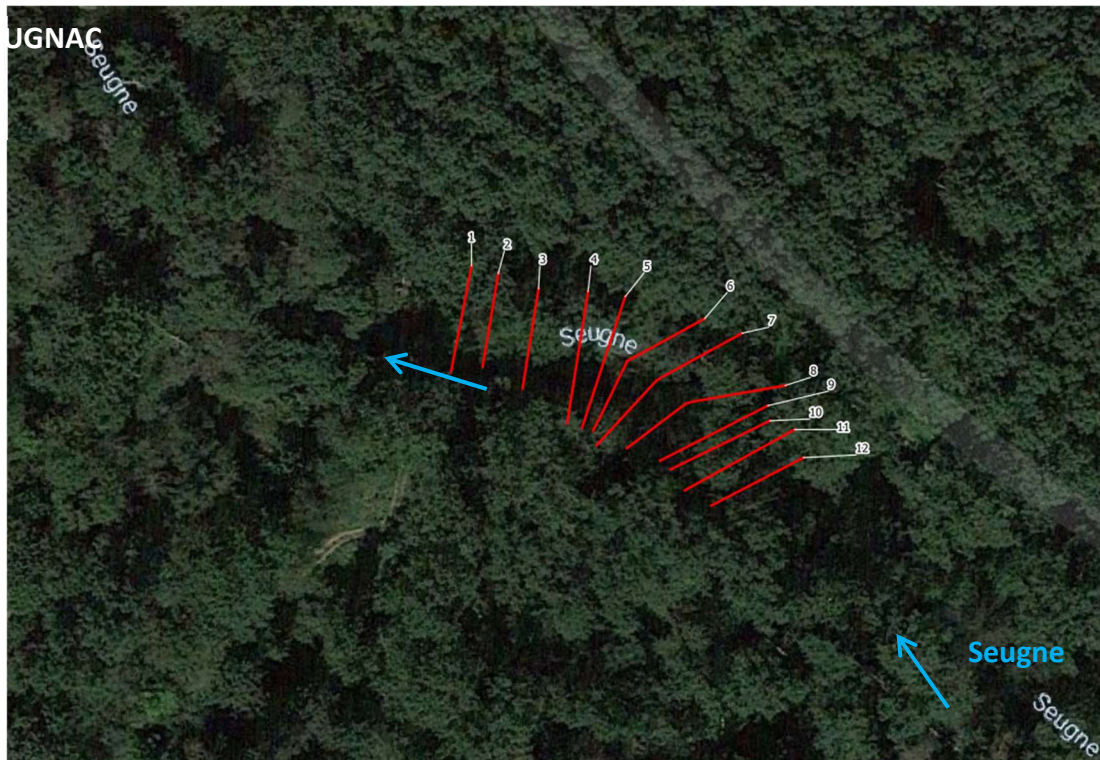


Figure 7 : Position des transects de mesure de la station de Seugnac

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**

Le linéaire parcouru présente des faciès peu agités. Un plat courant avec quelques passages en radier est observé sur une dizaine de mètres en amont de la station. A partir du T08, le cours d'eau fait un virage à gauche, il s'élargit assez nettement (largeur de 20 m observées contre 10 m seulement en amont). Un atterrissement est présent au centre du lit, s'étendant sur environ 10 m de long entre T08 et T06. Deux bras contournent l'îlot, avec un faciès de type radier commençant au T08 (qui forme une tête de radier franche). Au-delà du T06, le cours d'eau se resserre et s'approfondit, le faciès passe alors à un type plat lent. Une petite mouille est observée en sortie du bras droit au niveau du T05. L'écoulement se recentre et s'accélère ensuite progressivement jusqu'à l'aval de la station où le T01 légèrement surélevé induit un contrôle hydraulique vers l'amont en formant un faciès de radier léger.

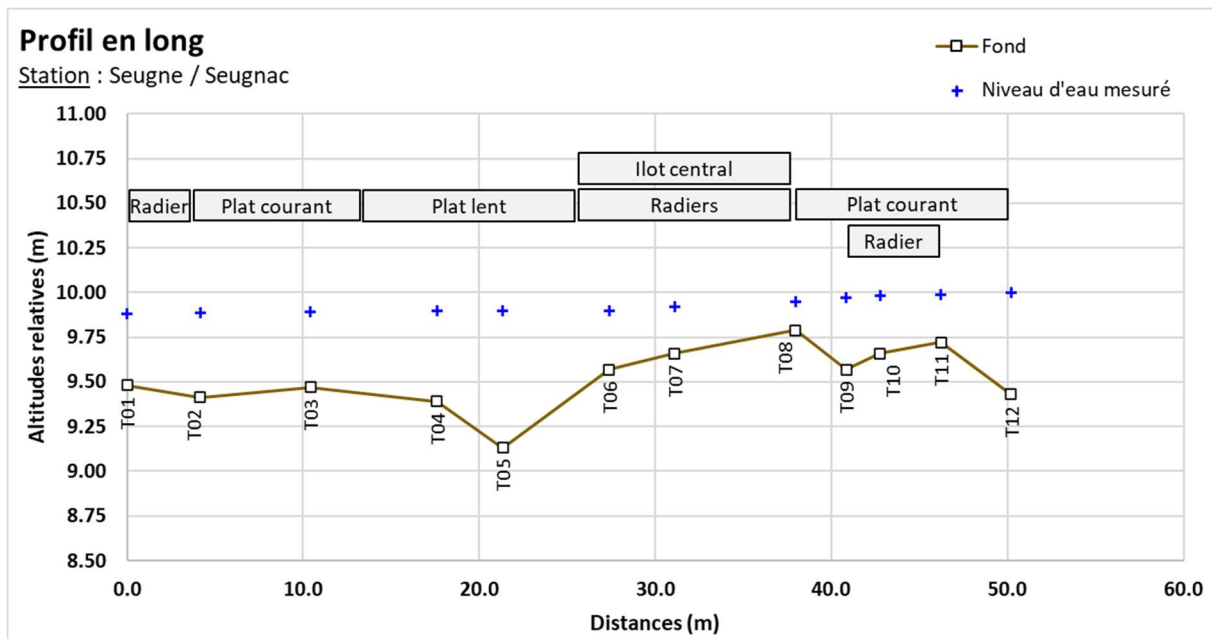
- **Type de berges**

Les berges sont très homogènes tout le long de la station : globalement basses (à peine + 50 cm par rapport au niveau d'eau en plusieurs points) et assez verticales. Elles sont végétalisées avec de nombreux affleurements racinaires voire des arbres poussant en pied de berge en plusieurs endroits. En plusieurs points, le bas de berge montre toutefois une pente faible jusqu'au cours d'eau, formant

de petites avancées dans celui-ci et contraignant les écoulements en conséquence. L'îlot central est composé d'une granulométrie grossière (pierres à blocs) mais colmatée et colonisée par de la végétation herbacée. La station entière est globalement recouverte par le couvert de la ripisylve qui le borde.

- **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 :



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.

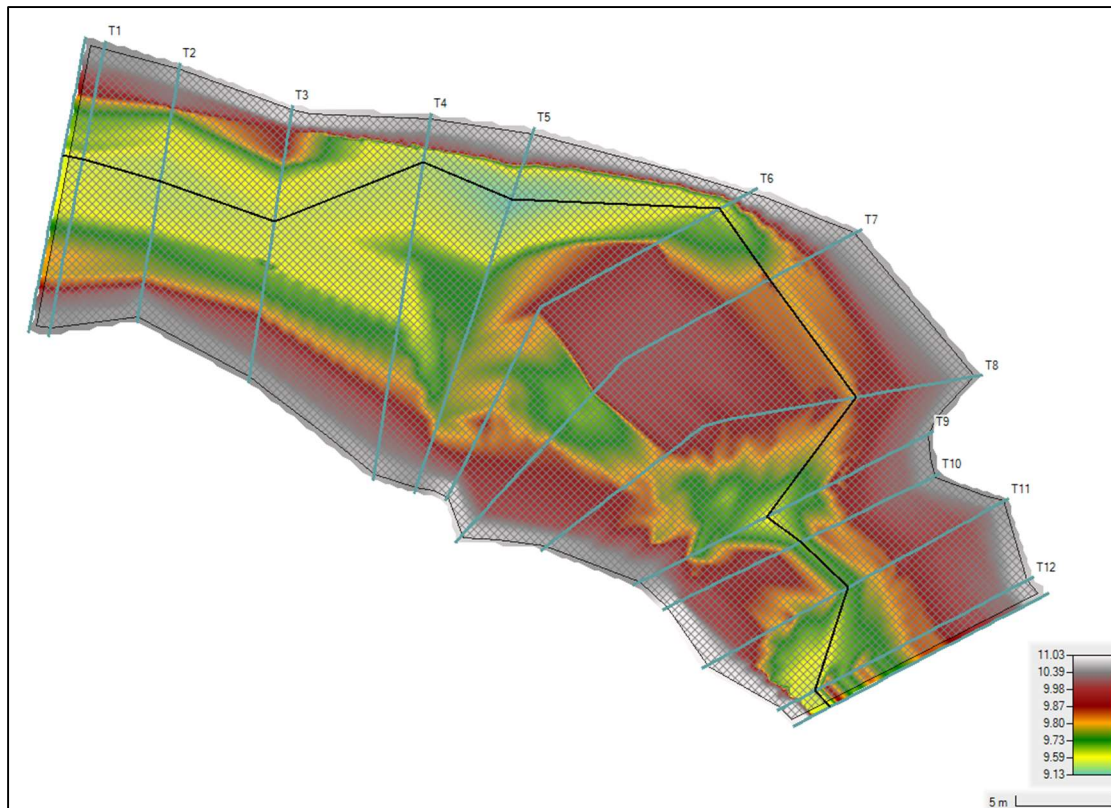


Figure 8 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

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 245 l/s.

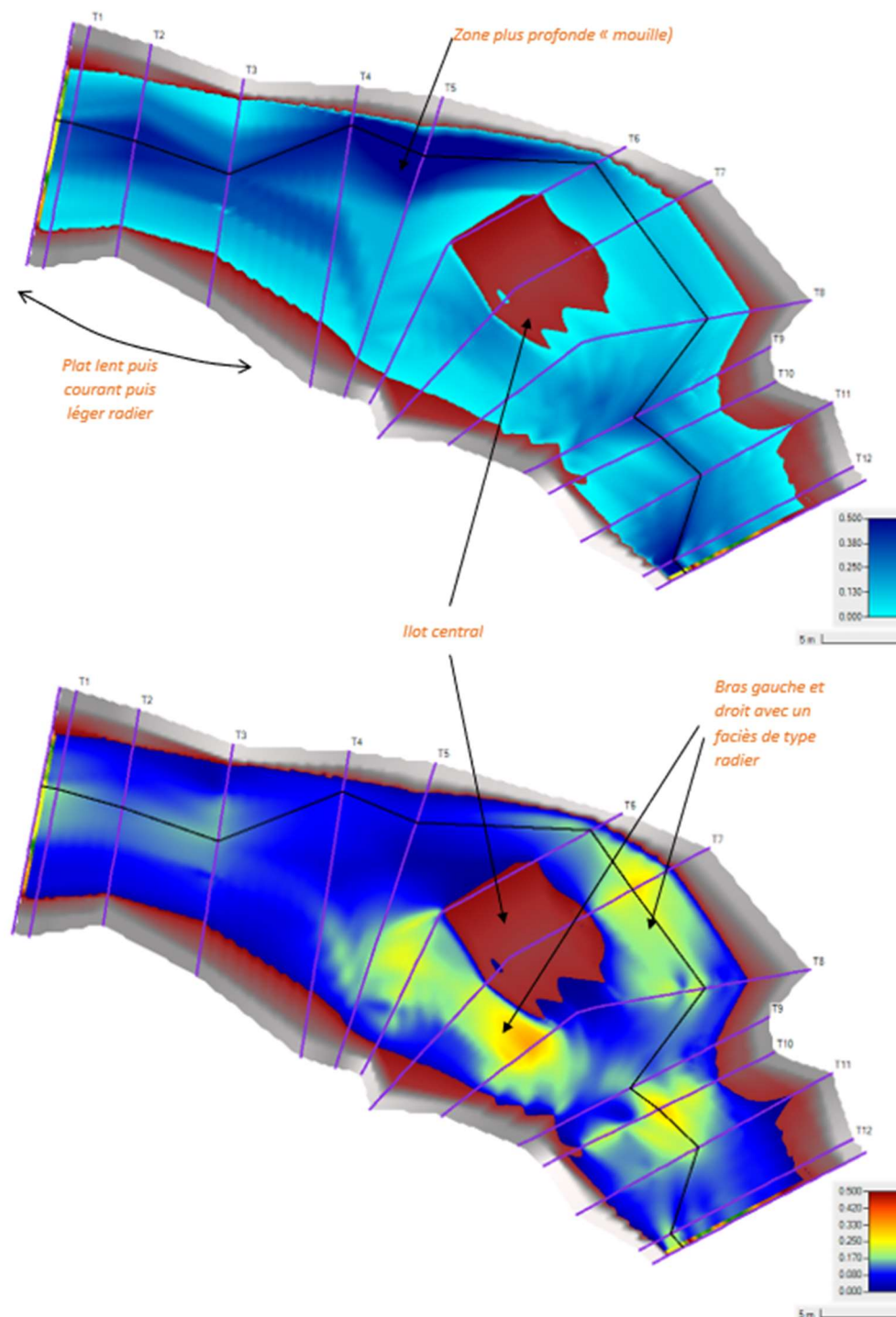


Figure 9 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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.

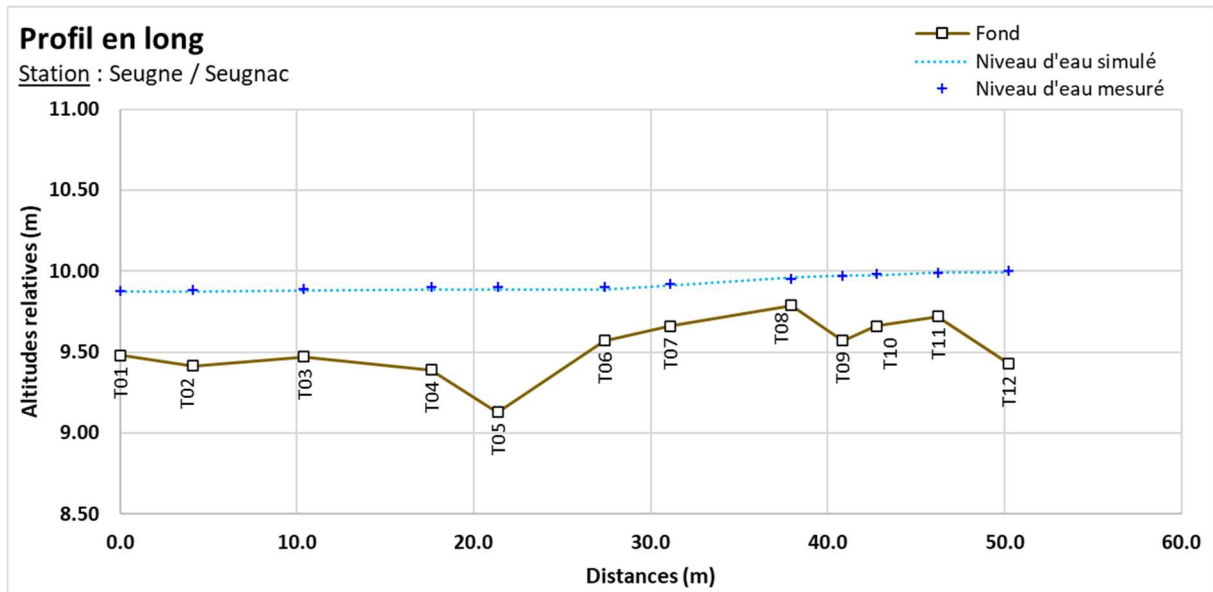


Figure 10 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

Le calage de la ligne d'eau apparaît satisfaisant, permettant de reproduire les niveaux observés en chaque transect et la pente de ligne d'eau générale.

La représentation des faciès et veines d'écoulement apparaît également cohérente, de même que l'emprise globale observée le jour des mesures sur site.

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 10 l/s à 2000 l/s pour les débits biologiques, jusqu'à débordement.

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 les valeurs issues du travail de l'Irstea (cf. Rapport méthodologique) QMNA5 minimum (borne basse de l'intervalle de confiance), QMNA5 moyen, 50 % du module, module et débit de débordement calculé par Eaucéa sur chaque station de débit biologique soit 5 cartographies. Notons que la valeur de QMNA5 évaluée dans le cadre du PGE Charente était près de deux fois supérieure à la valeur moyenne proposée par l'Irstea alors que les valeurs de module sont plus proches (10% d'écart environ).

Remarque : La valeur naturalisée d'étiage Eaucéa serait préférable dans la mesure où elle est supérieure au QMNA5 mesuré contrairement à celle d'Irstea.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	101
QMNA5 moyen (modélisation Irstea)	521
50 % du module Irstea	3319
Module moyen Irstea	6639
Débit de débordement eaucea	2000

Le calcul étant arrêté une fois le débit de débordement atteint, les valeurs 50 % du Module et le Module n'ont pu être calculées. Les représentations cartographiques ne représenteront donc que les 3 valeurs restantes.

Le module étant plus important que le débit de débordement, la station est située dans un secteur propice au débordement et donc à la reproduction du brochet, espèce présente sur le bassin.

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 120 l/s puis augmente plus lentement jusqu'au environ de 600 l/s. Son évolution est ensuite très modérée mais régulière du fait du remplissage du lit et de la forme des berges. Au-delà de 2000 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

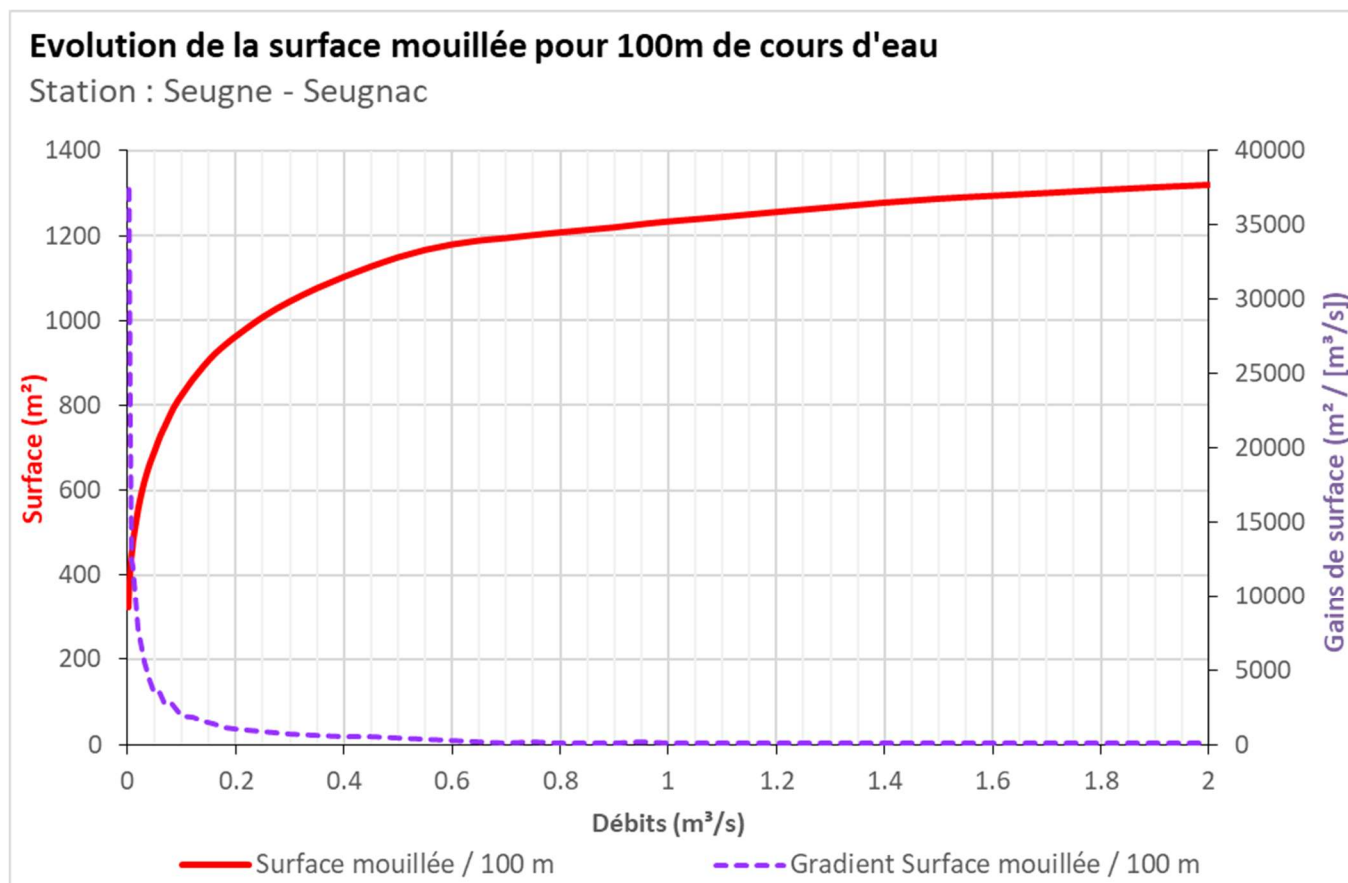


Figure 11 : Evolution de la surface mouillée à Seugnac

4.2.2 Granulométrie de la station

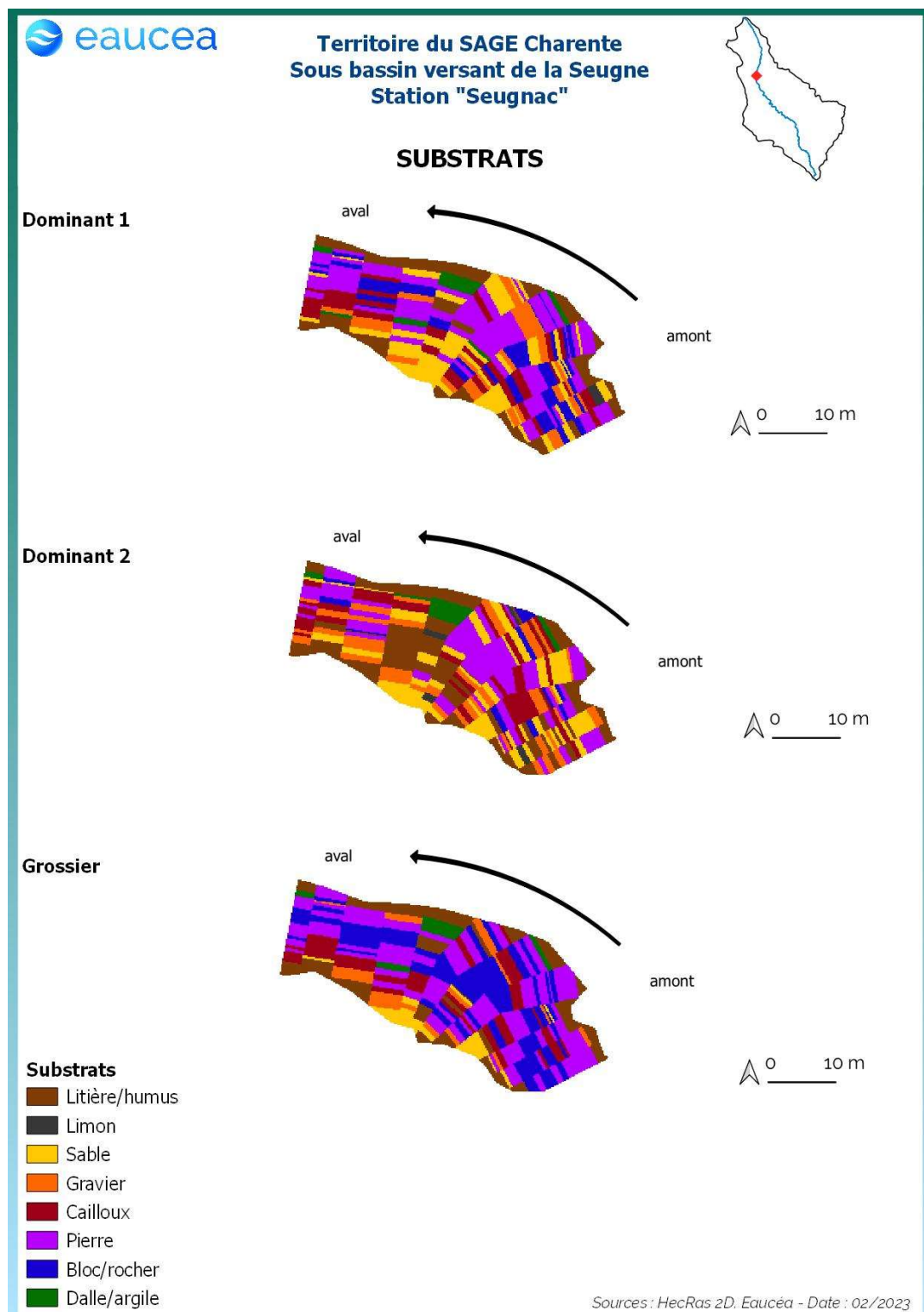


Figure 12 : Carte des substrats de la station de Seugnac

La station est dominée par les sables, les graviers, les pierres et blocs.

4.2.3 Profondeur

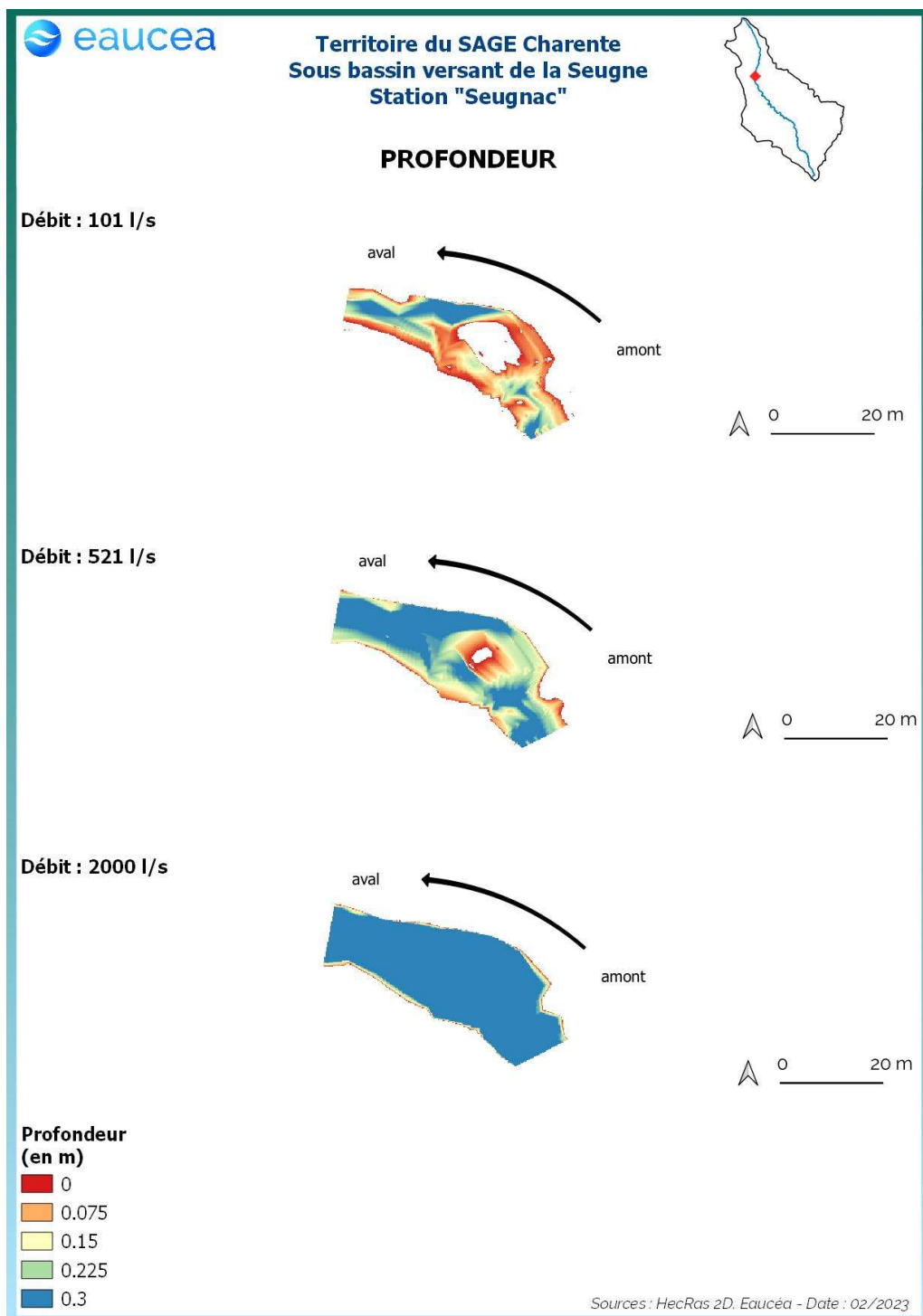


Figure 13: Evolution des profondeurs sur la station de Seugnac à différents débits

La station présente un îlot central très marqué en débit d'étiage qui s'efface lorsque les débits augmentent. Une fosse est présente dans la partie aval de la station.

4.2.4 Vitesse d'écoulement

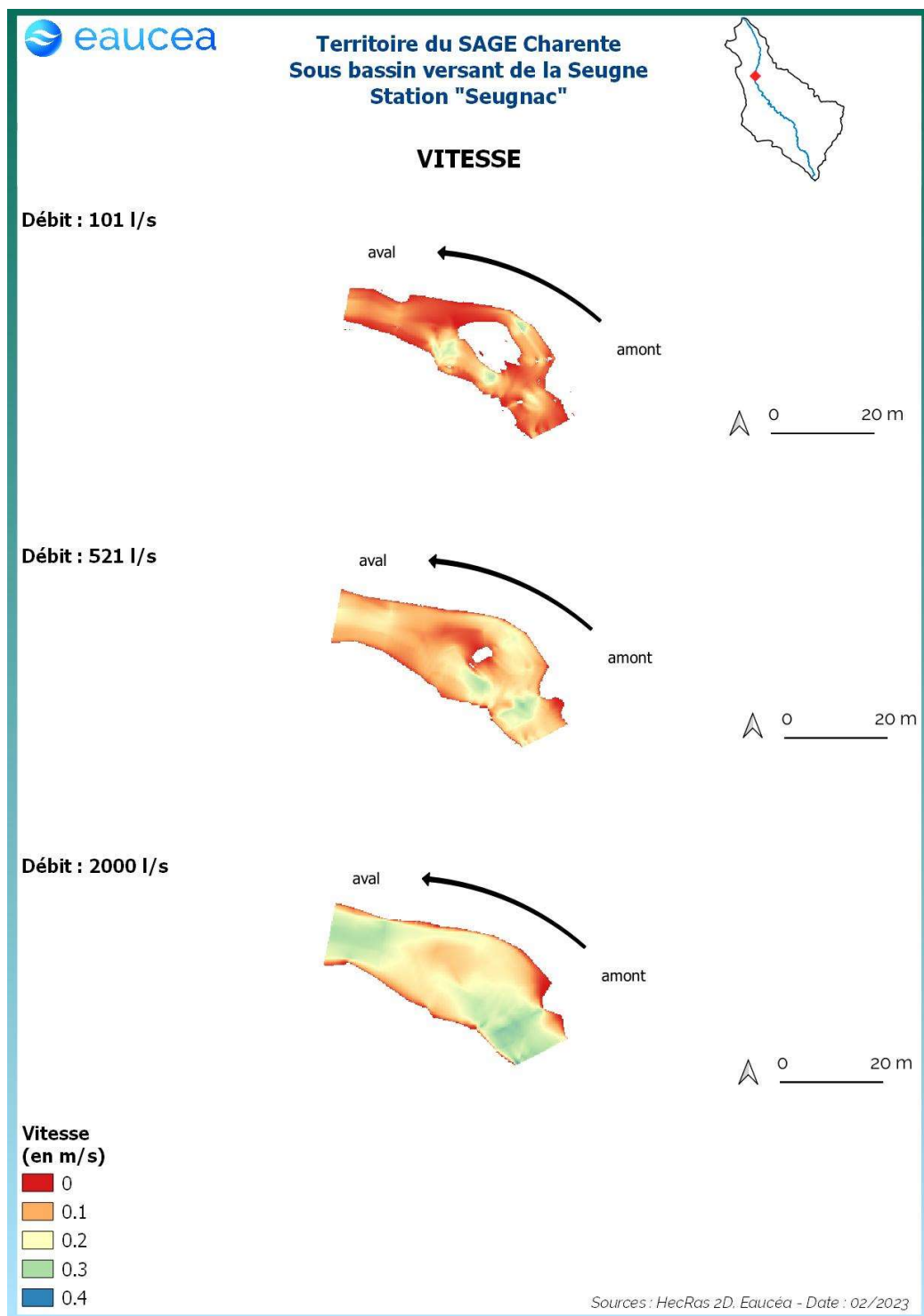


Figure 14: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Seugnac à différents débits

Cette station sur la Seugne ne présente que des vitesses d'écoulements faibles. Même au débit de débordement, seuls les secteurs totalement en amont et en aval présentent au moins des vitesses de 30 cm/s.

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* »). Cette 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.

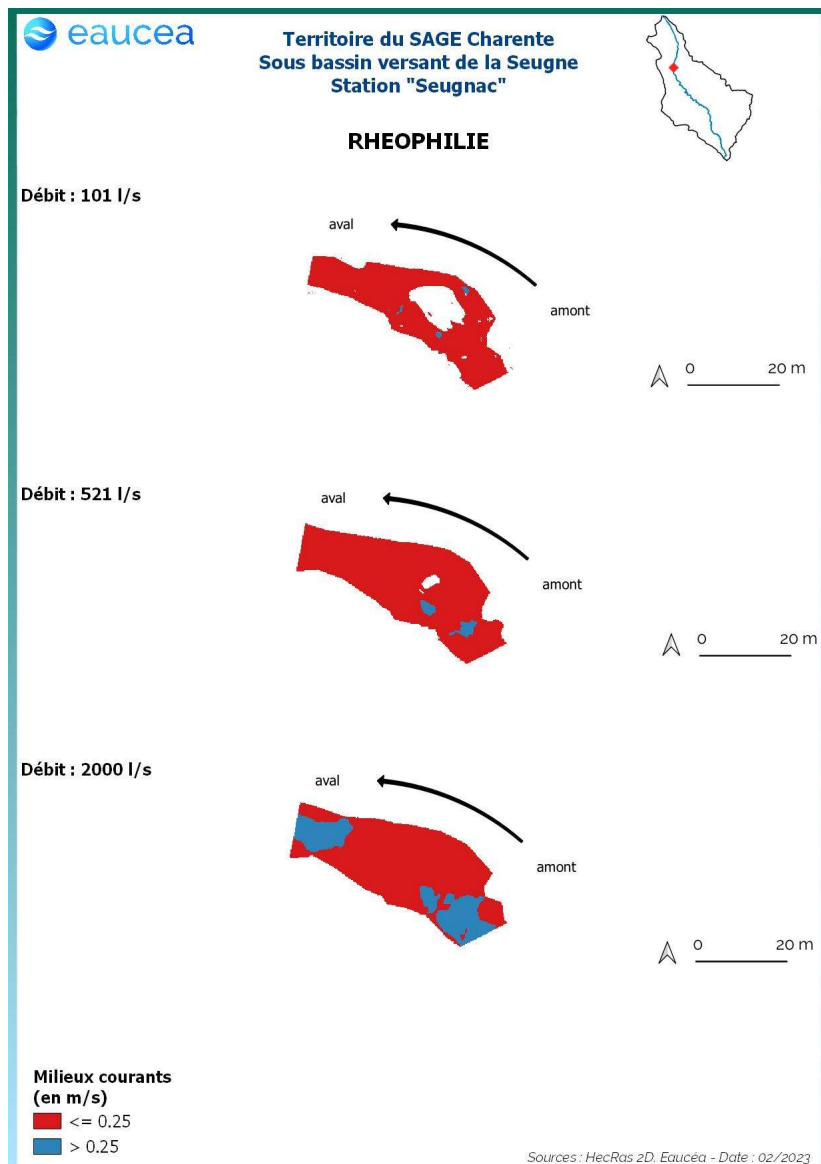
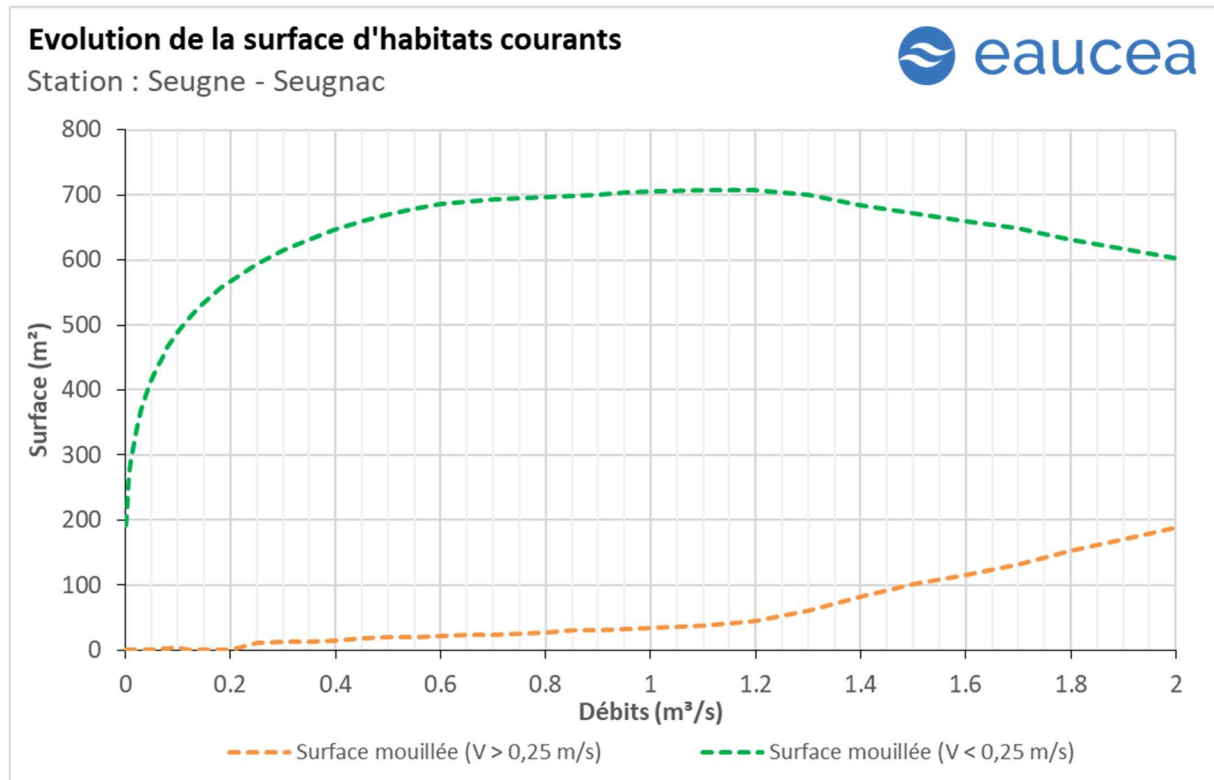


Figure 15: Evolution des milieux courants sur la station de Seugnac

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles est quasi nulle. Au débit de débordement, les deux zones de vitesses amont et aval sont lotiques.



La station est majoritairement lentique y compris en hautes-eaux. Une augmentation de l'habitat lotique est cependant constante à mesure que les débits augmentent.

En étiage, soit en dessous de 1600 L/s, les surfaces rapides sont faibles jusqu'à 1200 L/s puis augmentent rapidement avec le débit. Elles peuvent atteindre 10 % pour un débit de 1380 L/s.

Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 1380 l/s (correspondant à un débit dépassé 75 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est atteint pour environ 1830 L/s (débit dépassé 71 % du temps).

En conséquence, il est recommandé, de viser en période de transition et de hautes eaux un seuil de 20% soit 1800 L/s. Pour les périodes de bases eaux nous pouvons retenir la valeur de 1200 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

A Seugnac, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 101 l/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 ce qui est confirmé par l'observation.

4.4.2 Entretien des frayères et du lit

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, aucune mise en mouvement n'est observable. Idem concernant les particules de 10 millimètres.

4.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 101 L/s en étiage. Des périodes de débit supérieur sont néanmoins nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (octobre à juillet) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.

¹ Paramètre de Shields (cf note méthodologique)

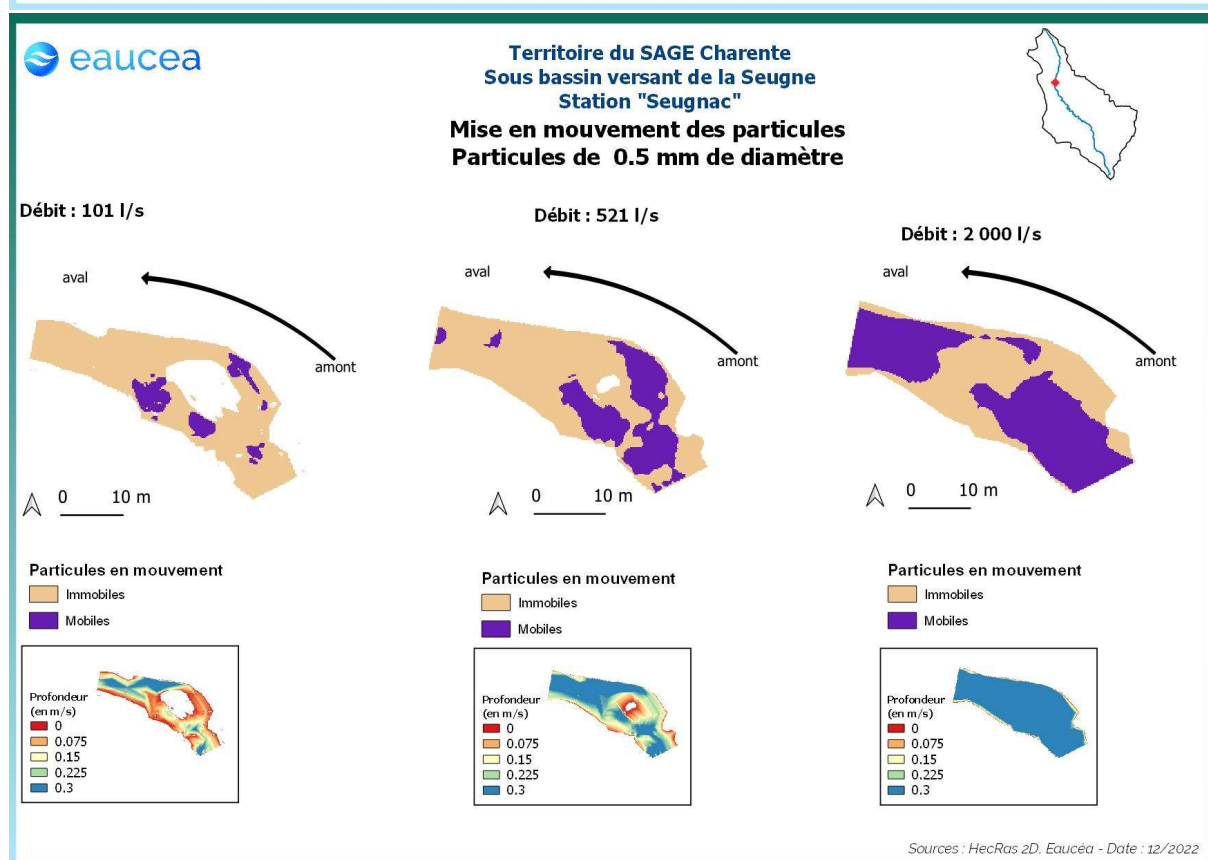
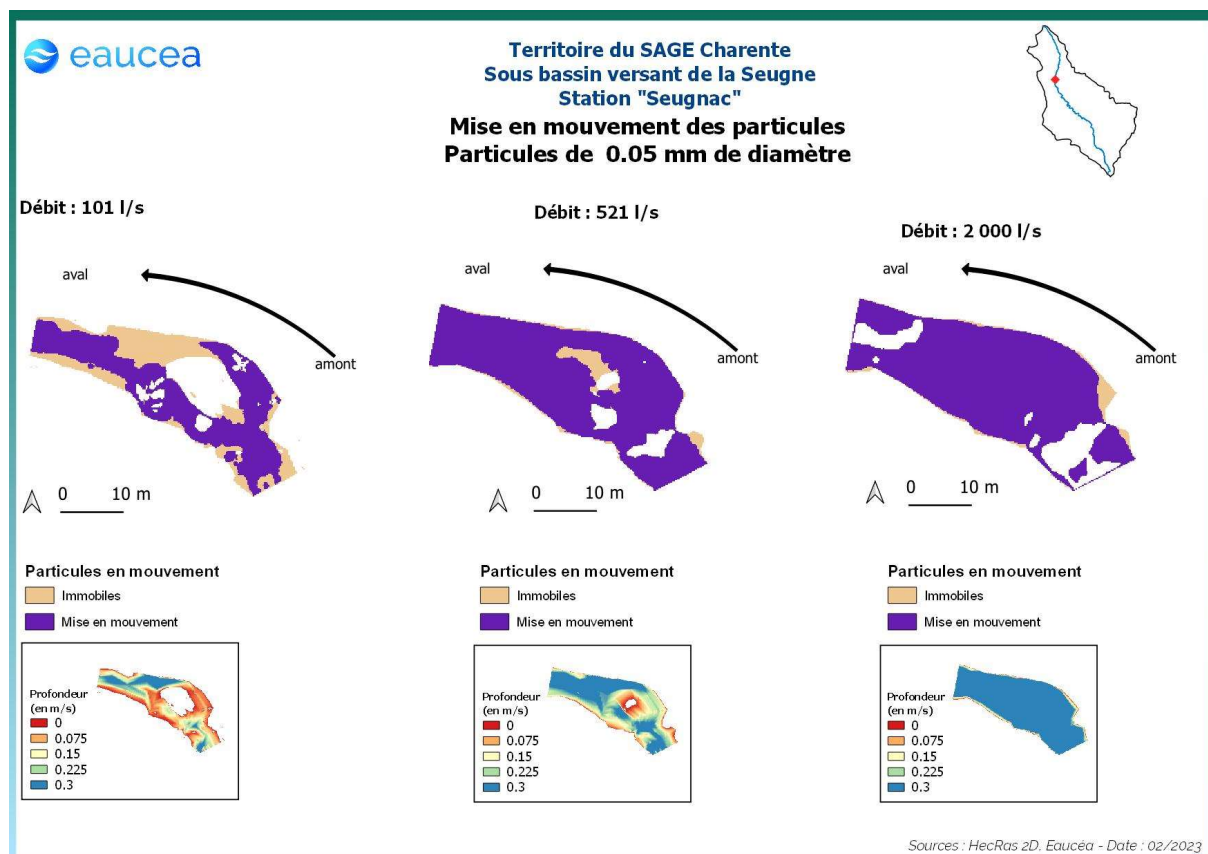


Figure 17 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Seugnac

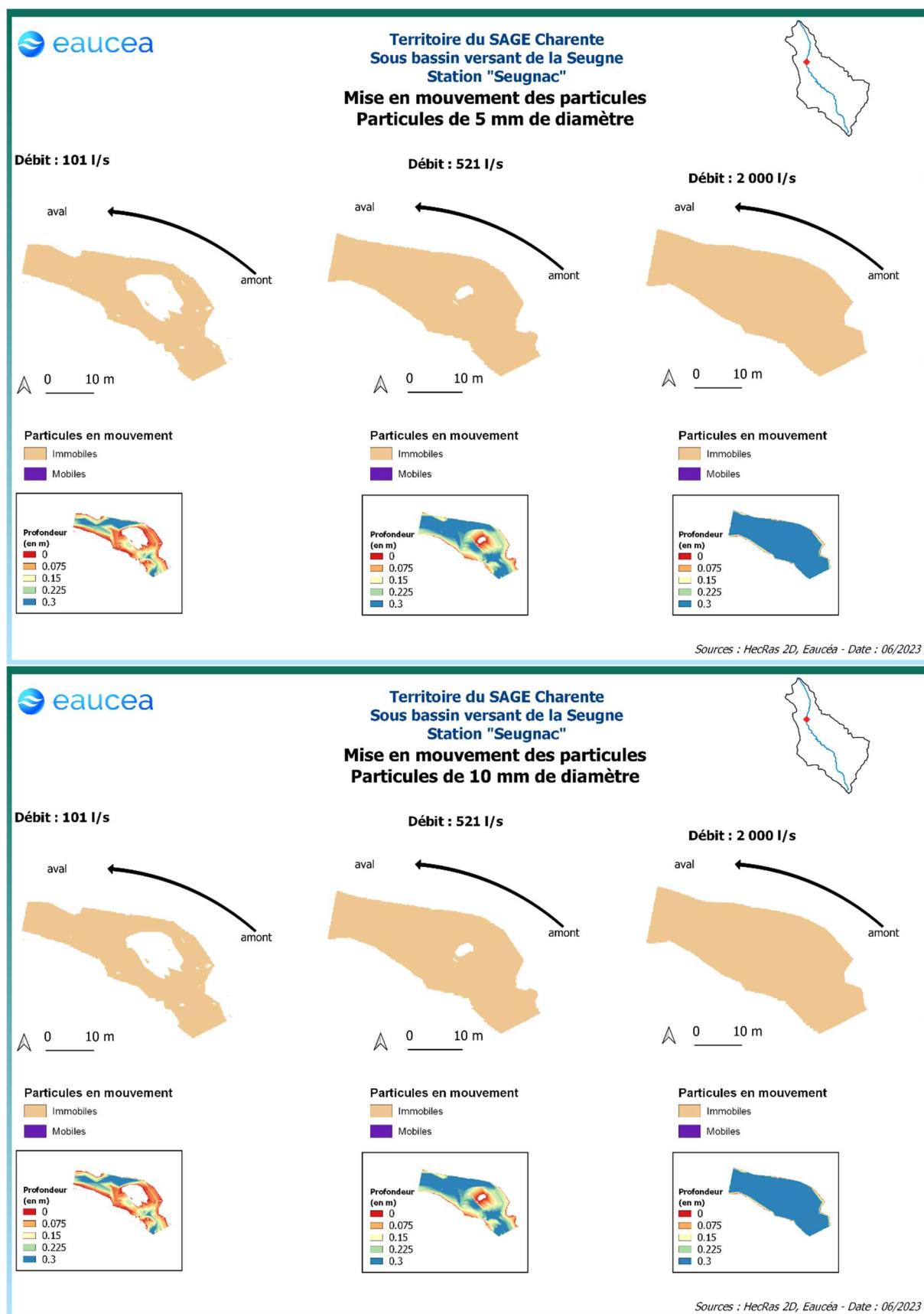


Figure 18 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Seugnac

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 la Seugne est aisée pour les petites espèces à un débit de 100 l/s. Elle ne l'est plus pour 80 l/s. La connectivité de la station est encore garantie pour les grandes espèces à un débit de 250 l/s. Elle ne l'est plus à 200 l/s. **La valeur de 250 L/s est recommandée en toute saison.**

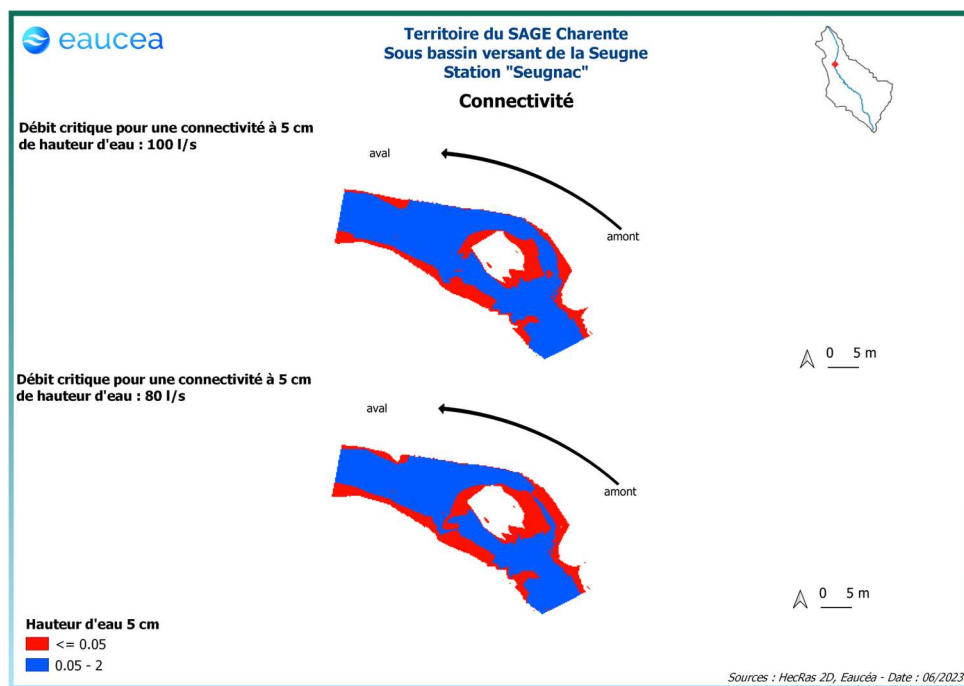


Figure 19: Connectivité de la station de Seugnac pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

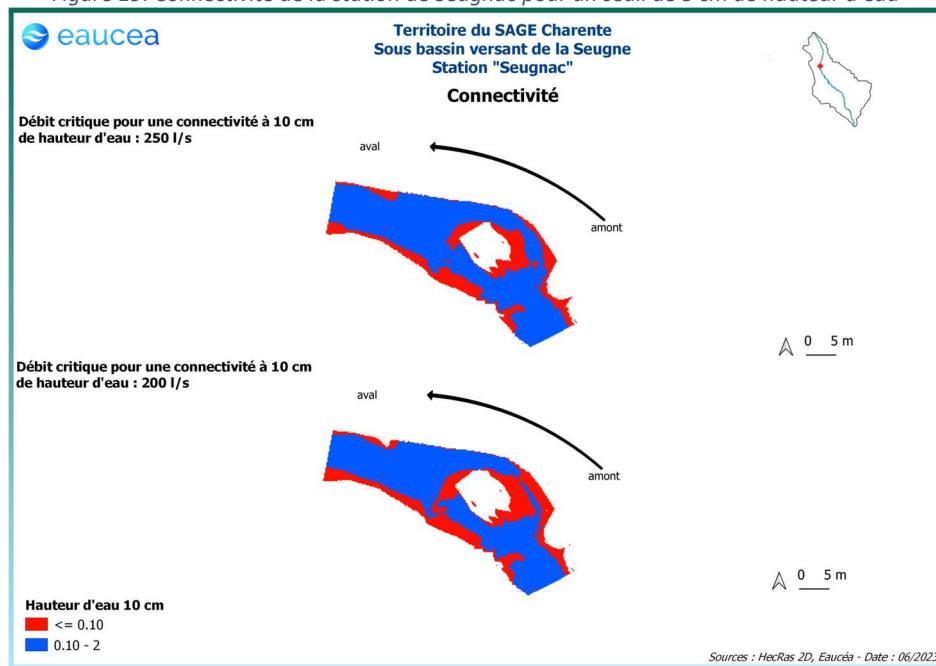


Figure 20: Connectivité de la station sur la Seugne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

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.

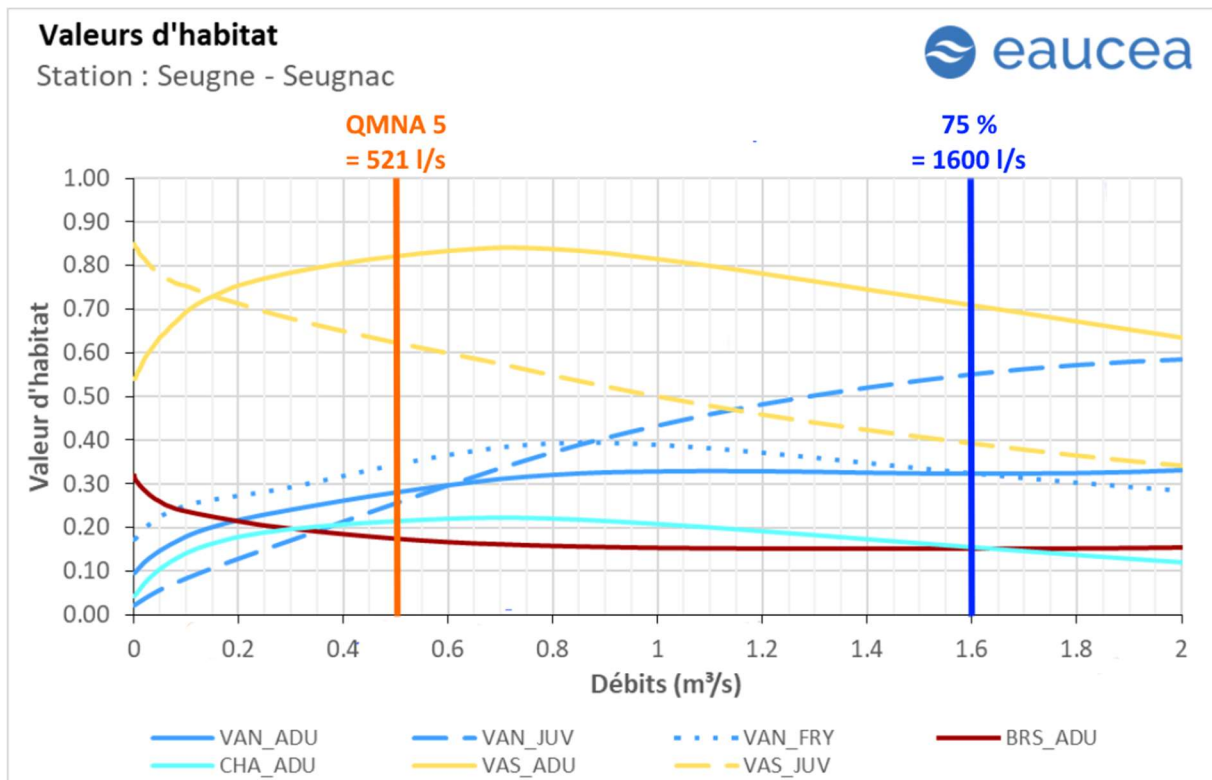


Figure 21: Valeurs d'habitat des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Seugnac

Pour la vandoise adulte, la valeur d'habitat est minimale à bas débit avec 0.1 et augmente à mesure que les débits s'élèvent avant d'atteindre un maximum de 0.3 (aux environs de 650 l/s) puis observe un plancher jusqu'au débordement. Le juvénile présente une valeur minimale à bas débit avec 0.05 puis voit sa valeur d'habitat augmenter régulièrement pour atteindre 0.6 au débordement. L'alevin de vandoise présente un pic à 0.4 aux environs de 800 l/s avant que sa valeur d'habitat ne redescende pour atteindre environ 0.3.

La station est assez favorable pour le brochet à tous les débits. La valeur est de 0.3 à bas débit avant d'observer une descente douce et d'atteindre un plancher de 0.3 aux environs de 800 l/s jusqu'au débit de débordement.

La station semble favorable au vairon adulte, sa valeur d'habitat est d'environ 0.55 aux bas débits, atteint son maximum de 0.85 aux environs de 800 l/s puis chute avec le débit pour atteindre 0.65 au débordement. Pour le juvénile, la valeur est de 0.85 à bas débit et chute aux environs de 0.35.

La station est peu favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat augmente avec les bas débits pour atteindre un maximum d'environ 0.2 à 800 l/s puis chute légèrement pour atteindre 0.1 au débit de débordement. 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'une part la granulométrie relevée pénalise beaucoup la valeur d'habitat comme observable sur le graphe ci-dessous.

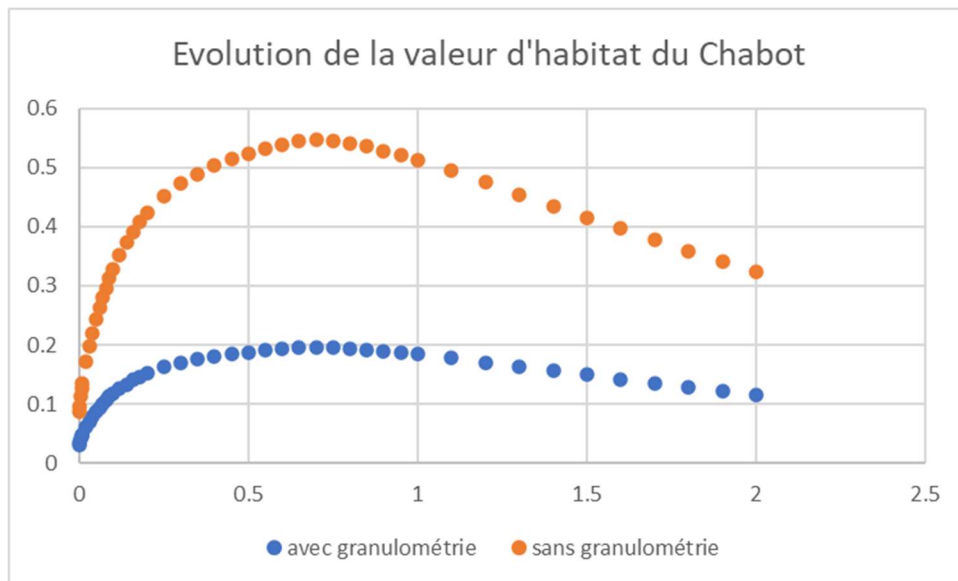


Figure 22 : Evolution de la valeur d'habitat du Chabot à Seugnac

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 très peu le gain dû à l'augmentation des vitesses.

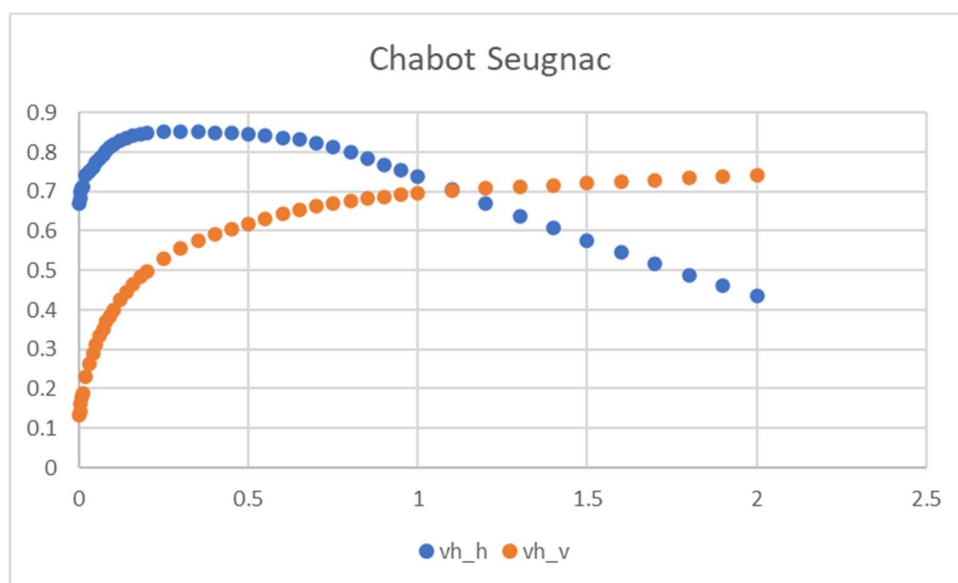


Figure 23 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

4.6.2 SPU en m^2 et en variations relatives

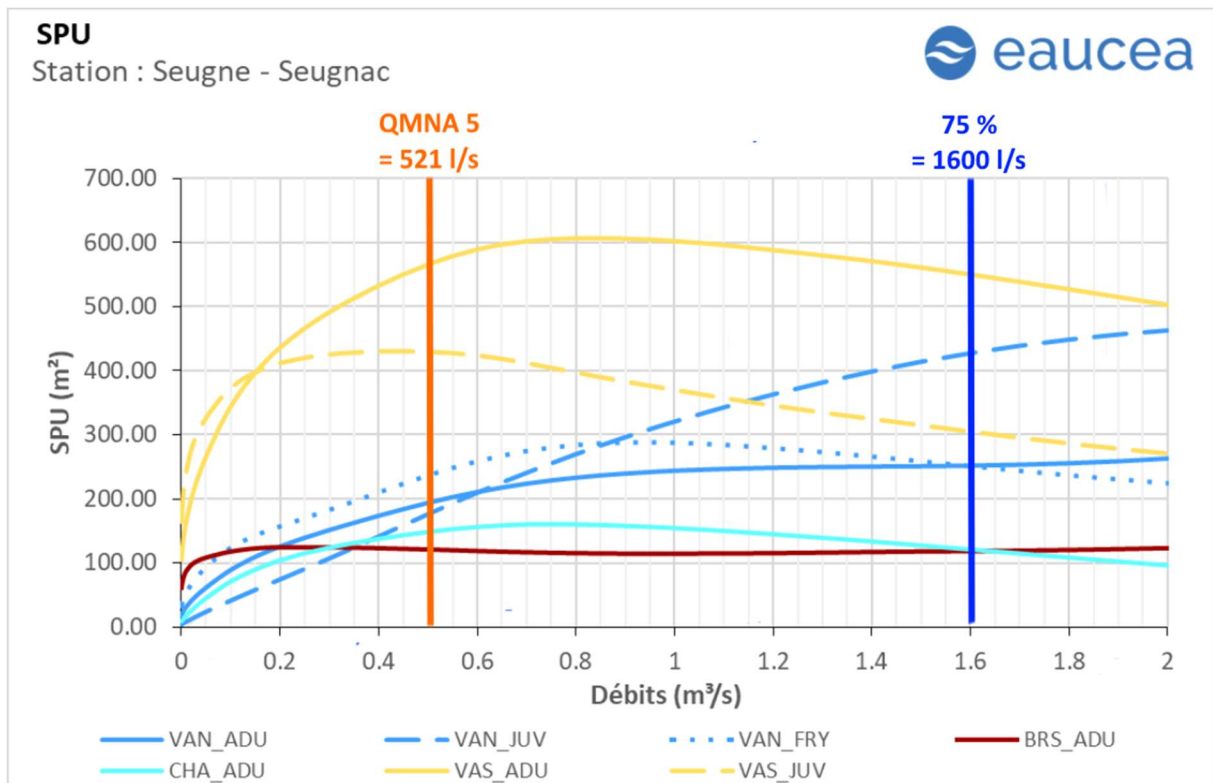


Figure 24: Surfaces pondérées utiles des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Seugnac

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.

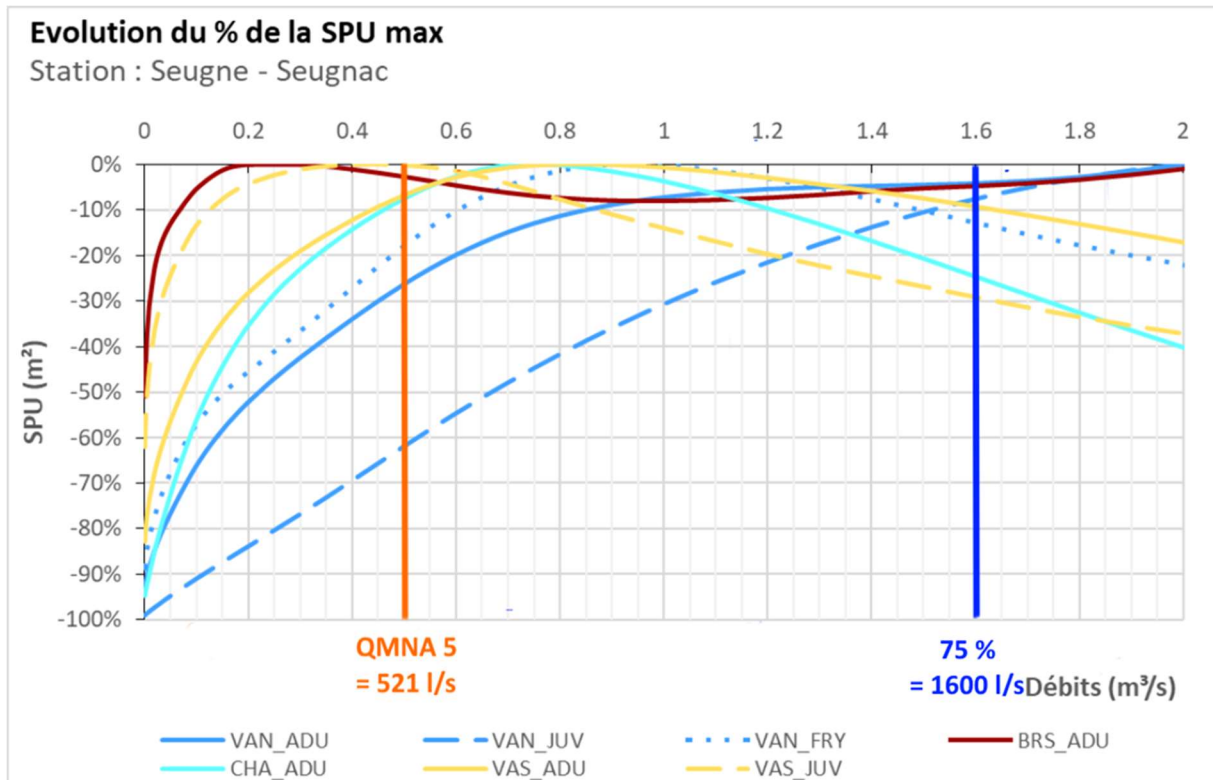


Figure 25: écart en % de la surface pondérée utiles maximale des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Seugnac

4.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 600L/s et 1500 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présente un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU. La cible biologique à forte valeur patrimoniale (directrice) est la vandoise.

Pour la vandoise juvénile, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 1240L/s (débit dépassé 78 % du temps), valeur correspondant à un débit de basses-eaux. En revanche son maximum n'est jamais atteint au débordement à 2000 L/s, nécessaire aussi pour la reproduction du brochet. Il pourra être conservé comme plancher de débit biologique entre octobre et mai, période couvrant la reproduction des deux espèces. Pour la vandoise adulte, le potentiel maximal n'est pas atteint à 2000L/s (débit dépassé 63% du temps). La valeur de référence sera donc la borne haute du meilleur compromis piscicole soit 1500 L/s. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 1500 L/s.**

En étiage, le milieu est moins favorable aux grandes espèces. Le graphique montre que le potentiel pour les adultes de vandoise franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 600 L/s (débit dépassé 97 % du temps). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 600 L/s.**

4.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Seugnac (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 septembre, l'habitat des vandoises est un enjeu prégnant et doit être mise en avant. La valeur plancher de 600 L/s correspondant à 80% de la SPU max pour les adultes et celle de 1200 L/s pour les juvéniles peuvent donc constituer les valeurs d'encadrement pour l'habitat piscicole.

Les habitats benthiques évoluent rapidement autour de la valeur de 1200 L/s.

La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc de 600 L/s à 1200 L/s.

Matrice					Seugnac										Basses-eaux				
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade							Qref								
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.20	0.25	0.32	0.38	0.45	0.50	0.60	0.80	1.20	1.38	1.60				
Principal		% des débits classés			100%	100%	100%	100%	100%	99%	98%	94%	88%	80%	75%				
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-40%	-34%	-26%	-20%	-13%	-8%	210	11%	16%	19%	20%				
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-65%	-57%	-46%	-36%	-24%	-16%	210	29%	53%	88%	104%				
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	5%	5%	5%	4%	3%	2%	118	-3%	-4%	-1%	0%				
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-34%	-27%	-19%	-14%	-8%	-5%	155	3%	-1%	-14%	-23%				
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-26%	-21%	-15%	-11%	-7%	-4%	590	3%	2%	-3%	-7%				
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	-3%	-1%	1%	1%	2%	1%	424	-6%	-13%	-23%	-28%				
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	4%	5%	10%	15%				
Principal	Surface mouillée	% du maximum			73%	76%	80%	83%	85%	87%	89%	92%	93%	97%	98%				
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui				
		Petits poissons			oui	oui	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 26 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre la reproduction des espèces présentes et la survie des jeunes stades. **Le débit de référence hiver est fixé à 1500 L/s. Pour la vandoise juvénile 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 1250 L/s (débit dépassé 83 % du temps).**

Concernant le débordement, nécessaire la reproduction du brochet, le débit de 2000 L/s est dépassé que 68 % du temps. La station de Seugnac présente un beau potentiel de reproduction.

La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 1.250 L/s à 2000 L /s.

Matrice					Seugnac					Hautes-eaux et transition				
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade							Qref			
Principal	Hydrologique	Débit en m3/s			0.50	0.60	0.80	1.05	1.25	1.40	1.50	1.83	2.00	
		% des débits classés			99%	98%	94%	87%	83%	79%	77%	71%	68%	
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-23%	-16%	-7%	-2%	-1%	0%	250	2%	5%	
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-57%	-49%	-35%	-20%	-10%	-4%	415	9%	12%	
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	3%	1%	-2%	-3%	-2%	-1%	118	2%	4%	
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	17%	23%	26%	20%	12%	5%	126	-16%	-25%	
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	1%	5%	8%	7%	4%	2%	561	-7%	-10%	
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	36%	35%	26%	16%	8%	3%	314	-10%	-14%	
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			3%	3%	4%	5%	7%	11%	13%	20%	24%	
Principal	Surface mouillée	% du maximum			87%	89%	92%	94%	96%	97%	98%	99%	100%	
Synthèse indicateurs principaux														
Habitat	SPU													
Habitat	Habitats rapides													
Habitat	Surface mouillée													
Résultat														

Figure 27 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

5 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA SEUGNE A MARRAUD

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 Marraud est située sur la Seugne en amont de Courpignac. Elle s'étend sur environ 75 m de long.

12 transects de mesure ont été positionnés sur le linéaire de la station, ils permettent de rendre compte du fonctionnement hydraulique de la Seugne à ce niveau (radiers, chutes, plats, ...).

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 30/07/2020 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 ;
- Profils bathymétriques de certains transects profonds acquis à l'aide d'un profileur de courant à effet Doppler ;
- Débit transitant dans la station, mesuré avec courantomètre électromagnétique. Le débit le jour des mesures a été mesuré en divers transects.

Le débit le jour des mesures a été mesuré au transect 6, aboutissant à une valeur moyenne de 61 l/s.

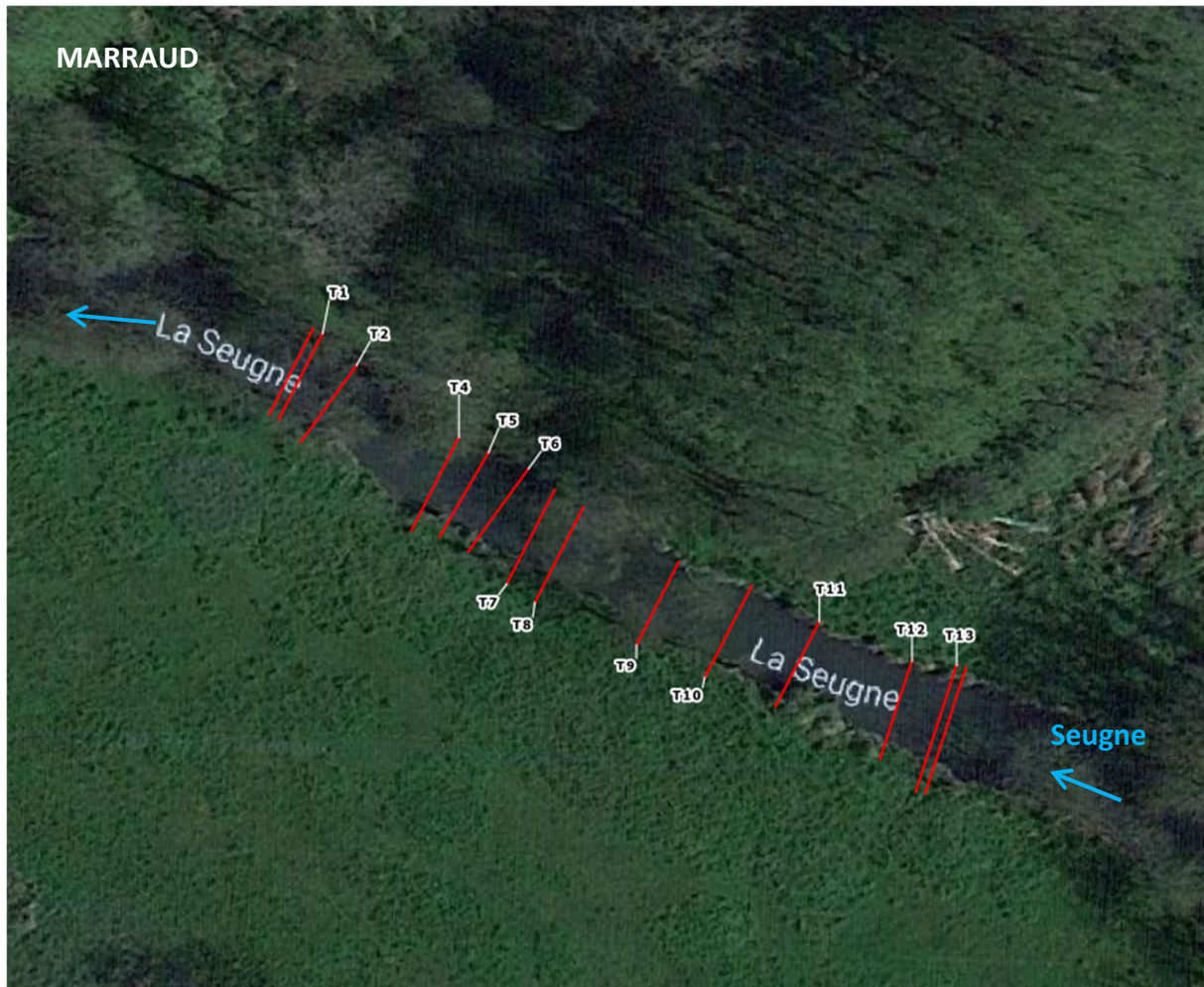


Figure 28 : Position des transects de mesure de la station DMB

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**

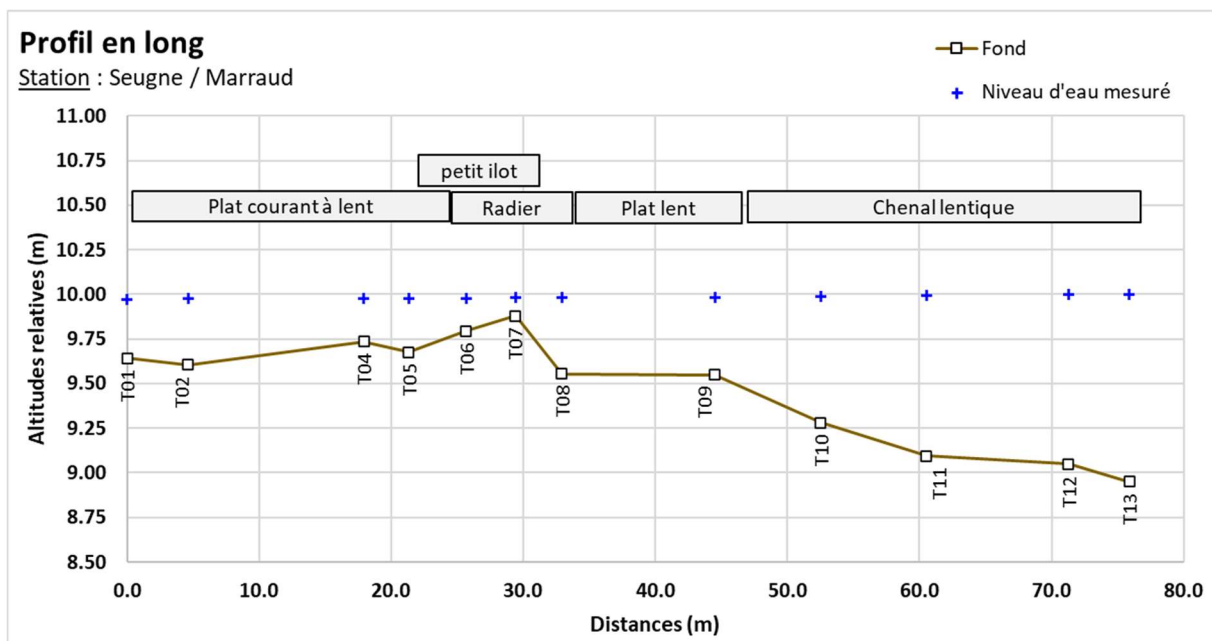
Le linéaire parcouru présente des faciès peu agités. Sur environ 40 m en amont, les faciès sont de type chenal lentique puis plat lent. Au droit du transect 7, une zone de radier apparaît, moins profonde, pilotant la ligne d'eau en amont. A ce niveau le fond, vaseux forme un atterrissement affleurant en rive droite (petit îlot). Le profil peu profond se prolonge vers l'aval en rive droite tandis que le côté gauche se réapprofondit, formant un axe d'écoulement préférentiel où un faciès de type plant courant s'établit. On note la présence d'atterrissements du même type que celui du transect 7, en amont de la station T13 (gauche) et en aval T01 (droite), la granulométrie de ces atterrissements est fine avec toutefois quelques éléments plus grossiers affleurants.

- **Type de berges**

Les berges sont très homogènes tout le long de la station, verticales et de hauteur constante. Elles sont végétalisées par des plantes basses herbacées. Seul l'aval de la station (rive droite) montre un couvert arbustif à arboré. Plus loin en haut de berge, les prairies sont colonisées par une densité importante de phragmites, attestant du caractère inondable de la zone lorsque les débits augmentent.

- **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 :



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.

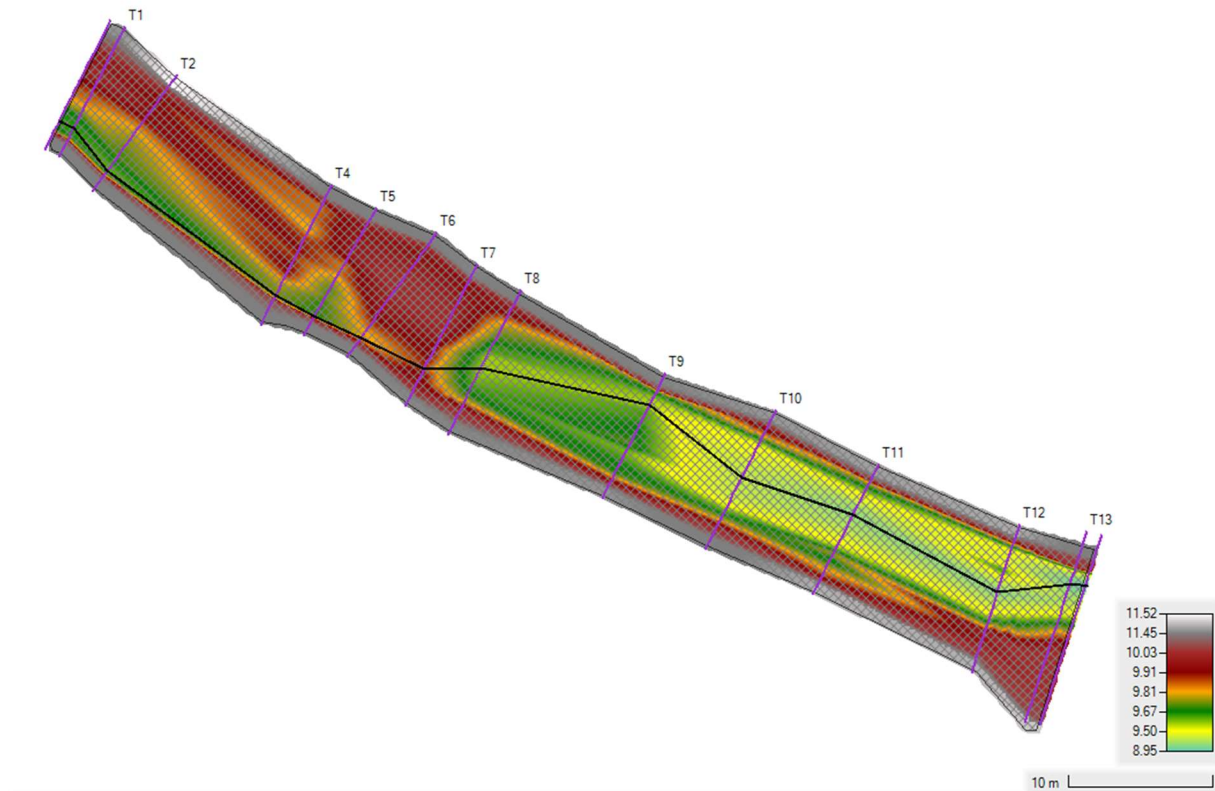


Figure 29 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

Calage du modèle

Le calage du modèle se base sur les relevés de niveaux des eaux moyennes faits lors de la venue sur site. Pour rappel, le débit associé est évalué à 61 l/s.

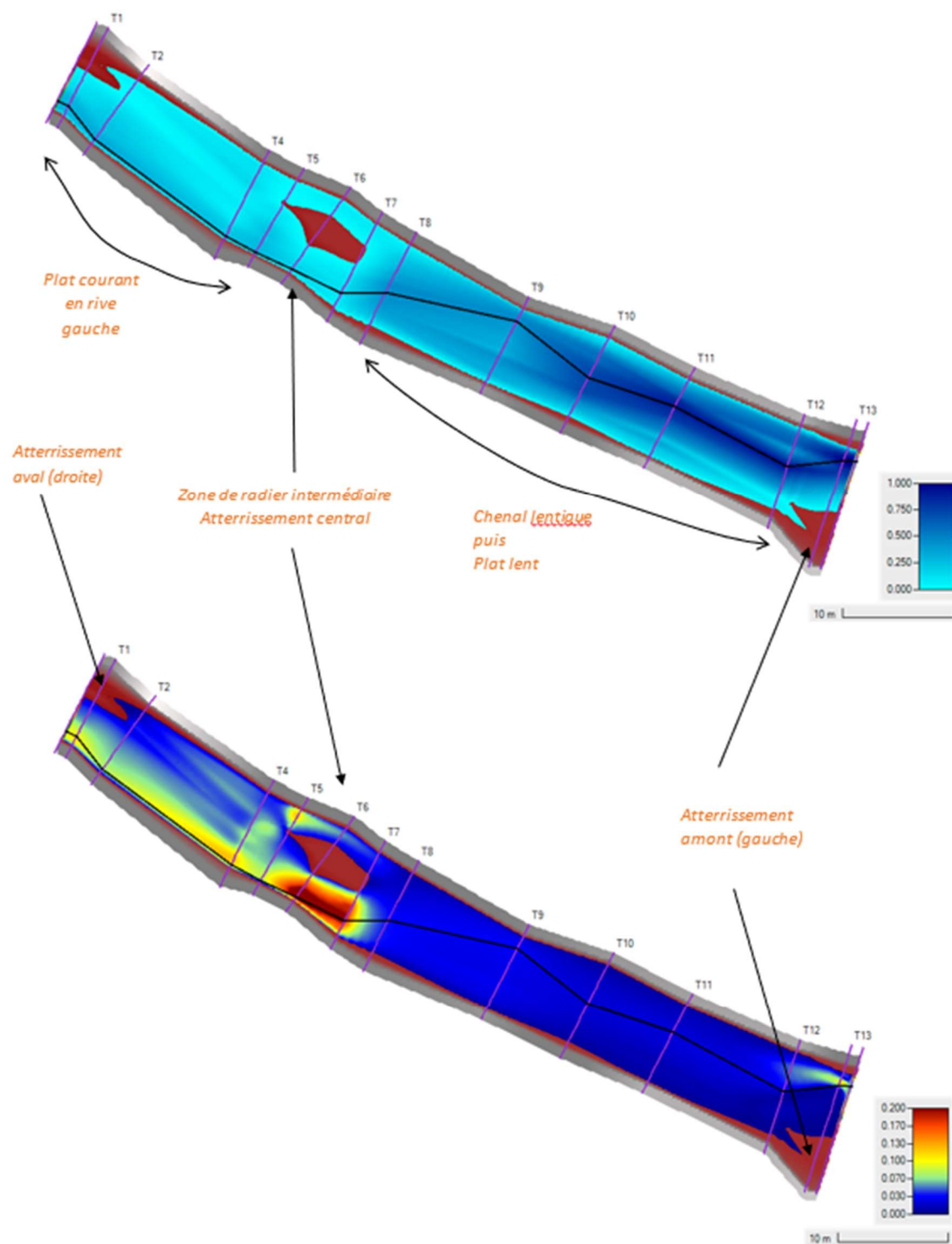


Figure 30 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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.

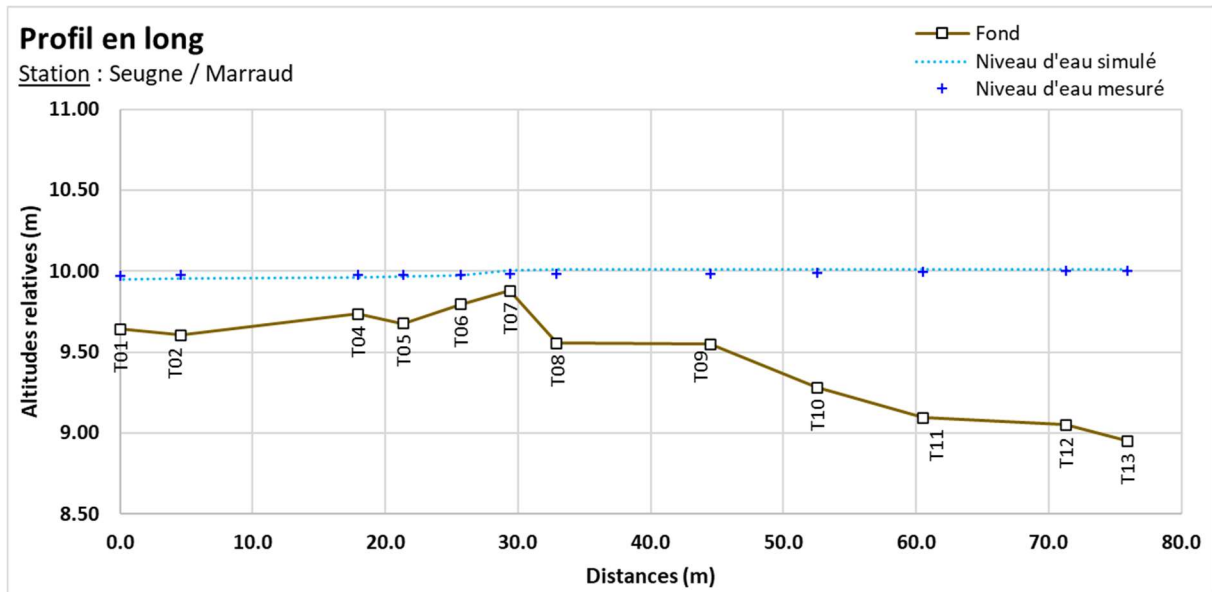


Figure 31 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

Le calage de la ligne d'eau apparaît satisfaisant, permettant de reproduire les niveaux observés en chaque transect et la pente de ligne d'eau générale.

La représentation des faciès et veines d'écoulement apparaît également cohérente, de même que l'emprise globale observée le jour des mesures sur site.

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 10 l/s à 3000 l/s pour les débits biologiques, jusqu'à débordement. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de la Seugne 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, 50 % du module, module et débit de débordement soit 5 cartographies. Lors de la tranche ferme, le QMNA5 calculé dans le secteur était de l'ordre de 800 l/s.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	126
QMNA5 moyen (Modélisation Irstea)	644
50% du module (Irstea)	4076
Module (Irstea)	8151
Débit de débordement (Eaucea)	3000

Le calcul étant arrêté une fois le débit de débordement atteint, les valeurs 50 % du Module et le Module n'ont pu être calculées. Les représentations cartographiques ne représenteront donc que les 3 valeurs restantes.

Le module étant plus important que le débit de débordement, la station est située dans un secteur propice au débordement et donc à la reproduction du brochet, espèce présente sur le bassin.

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.

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. La surface mouillée évolue de manière importante jusqu'aux environs de 200 l/s. Son évolution est ensuite assez modérée. Le lit se remplit progressivement jusqu'à son débordement à 3000 l/s environ. Au-delà de cette valeur, le calcul est arrêté.

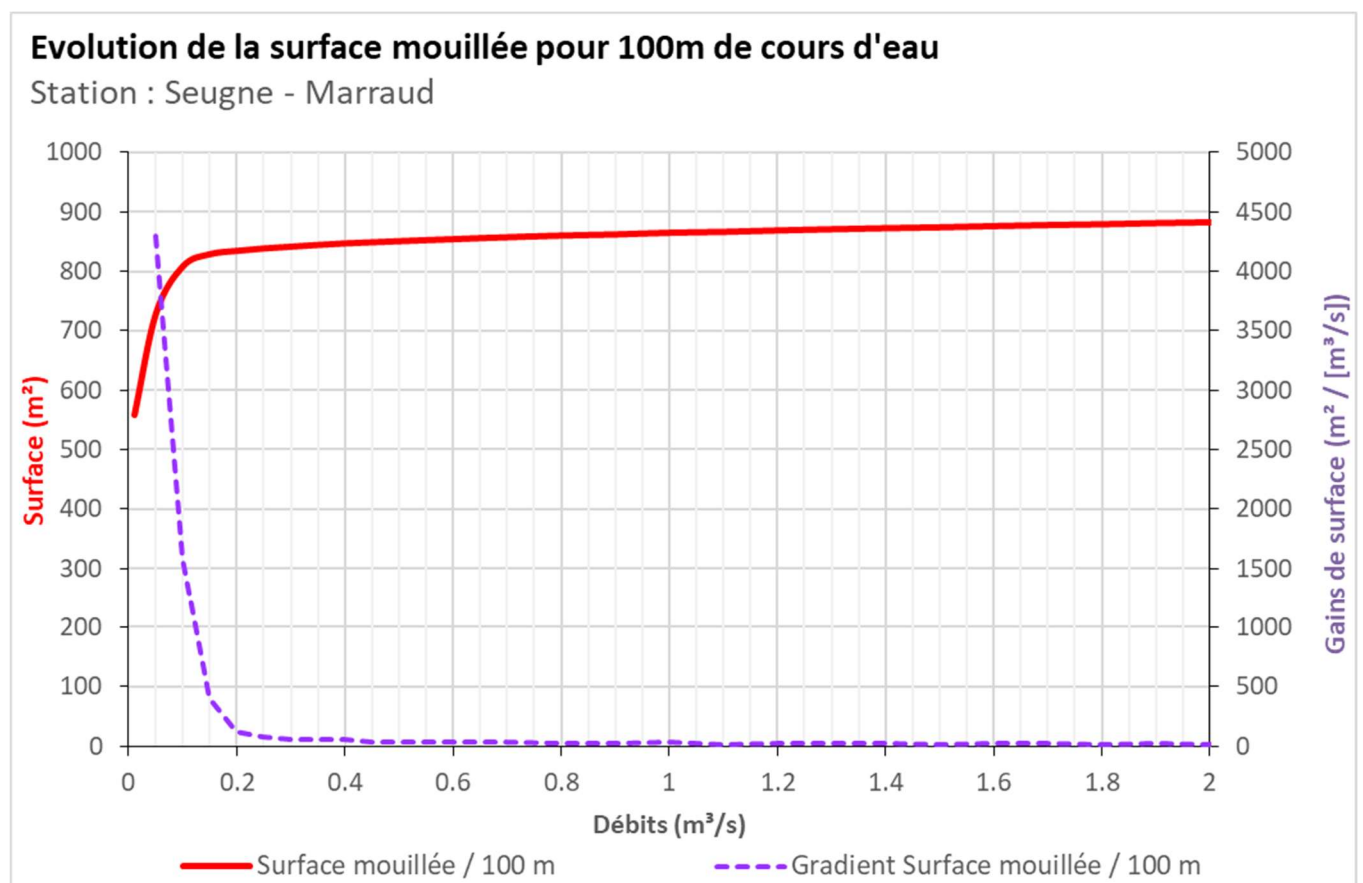


Figure 32 : Evolution de la surface mouillée à Marraud

5.2.2 Granulométrie de la station

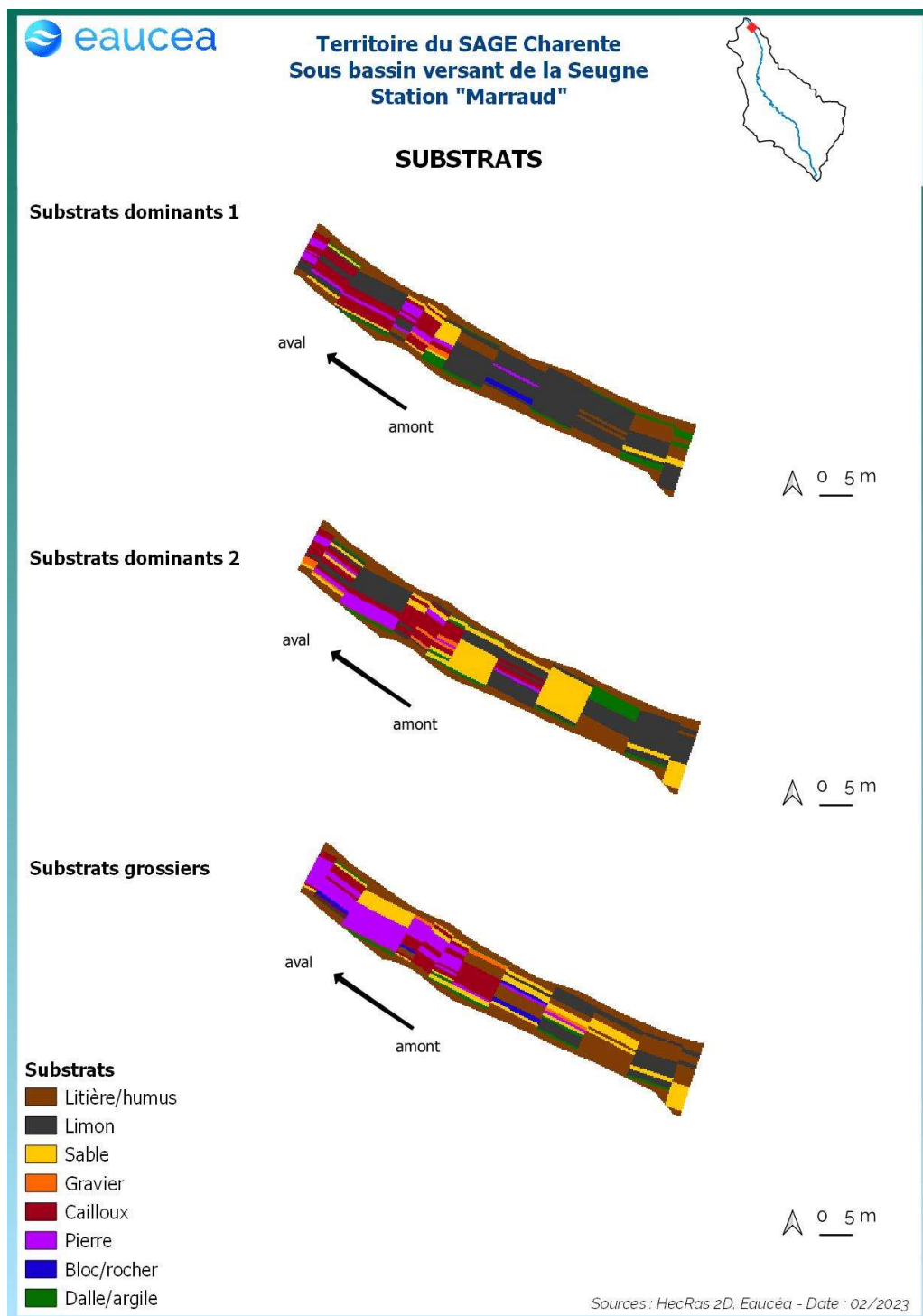


Figure 33 : Carte des substrats de la station de Marraud

La station présente des substrats dominés par la litière près des berges tandis que le chenal central est dominé par les limons et les sables dans l'amont de la station tandis que le chenal aval est occupé par des cailloux, des pierres et dans une moindre mesure par du limon.

5.2.3 Profondeur

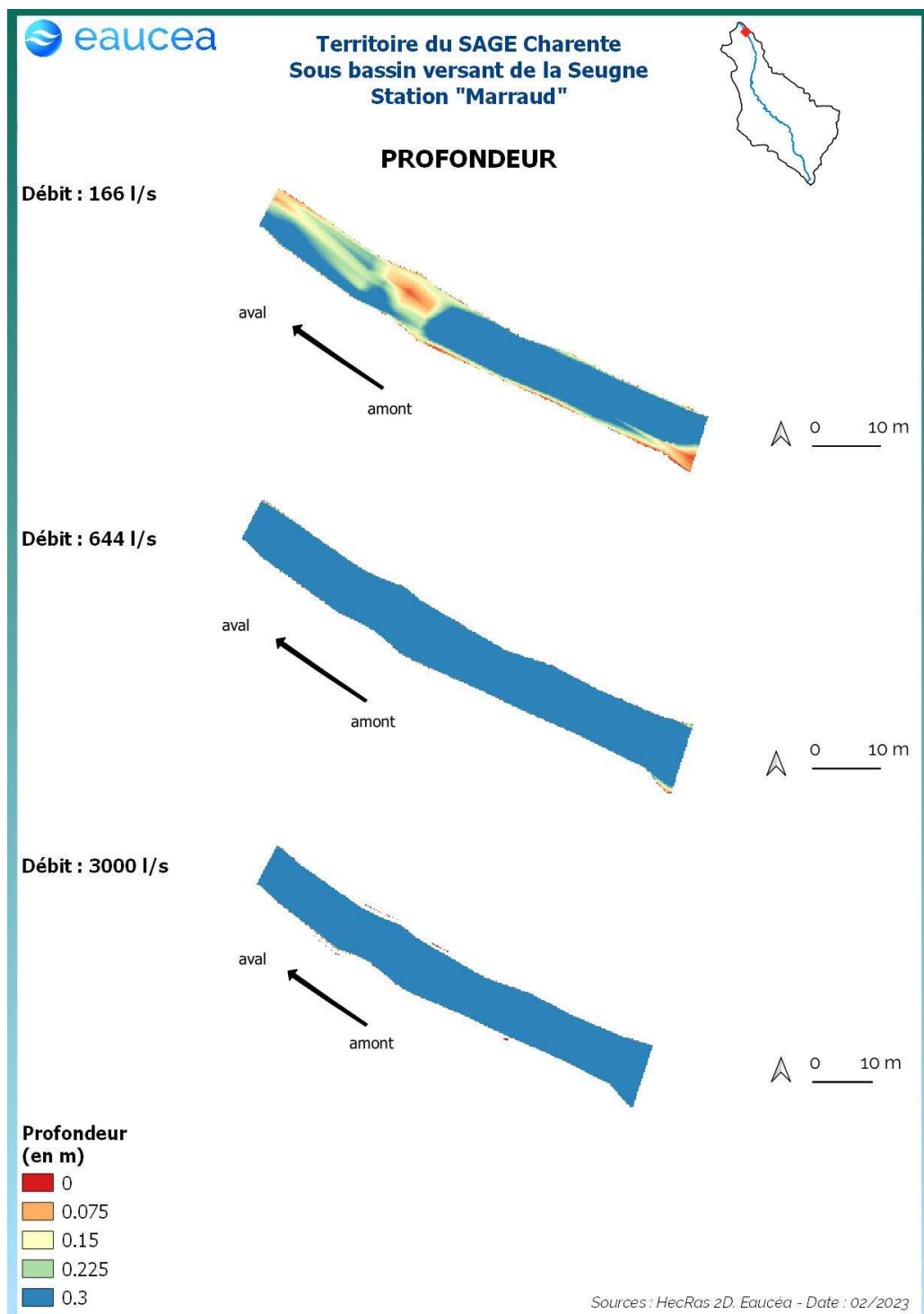


Figure 34: Evolution des profondeurs sur la station de Marraud à différents débits

La Seugne présente des hauteurs d'eau importante sauf au débit d'étiage minimal où une zone centrale présentant un banc partiellement découvert à ce débit. Au-delà, les hauteurs d'eau sont d'au moins 30 centimètres.

5.2.4 Vitesse d'écoulement

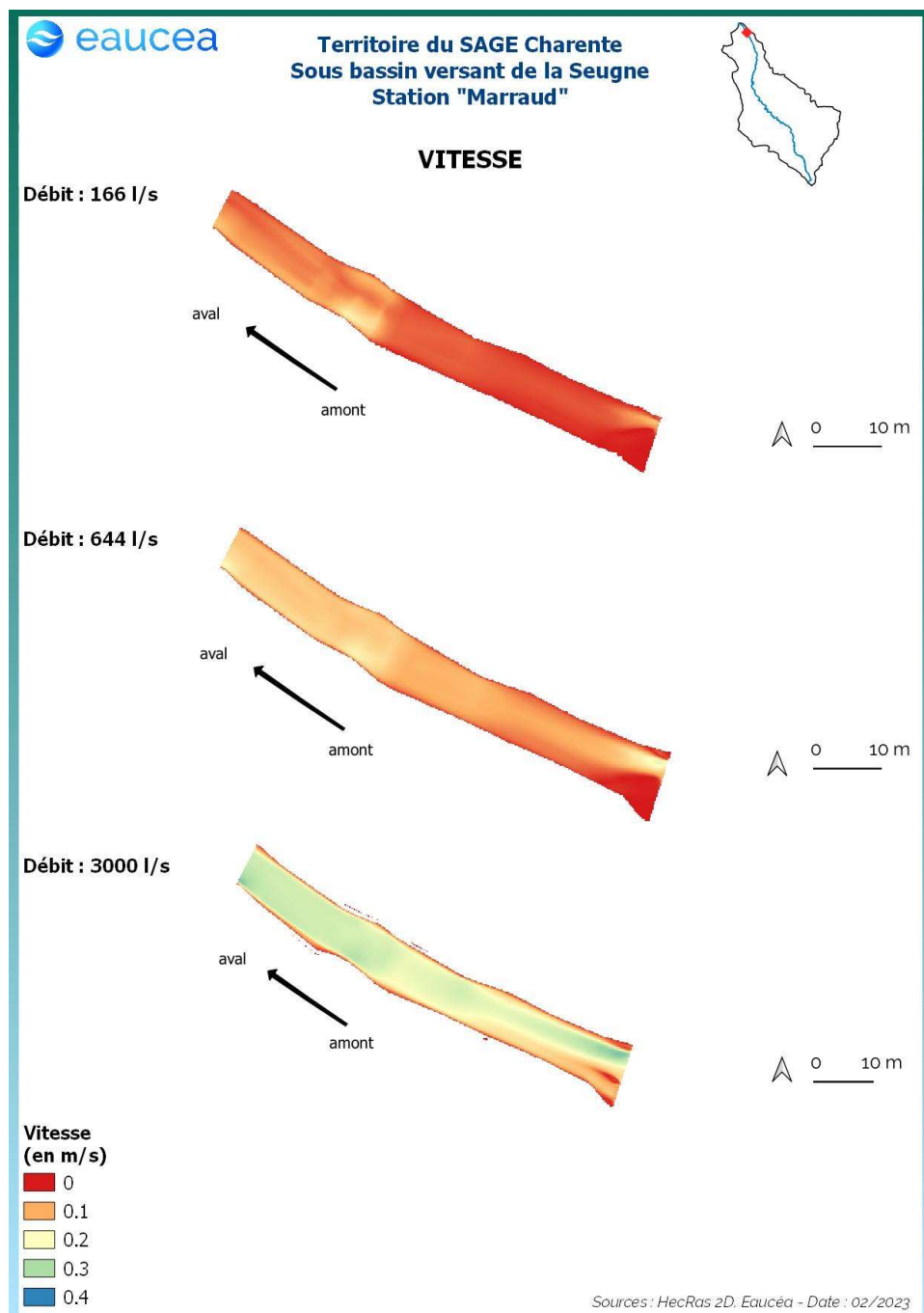


Figure 35: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Marraud à différents débits

La station de Marraud, 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. Au débit de débordement, où les vitesses sont maximales, les écoulements sont de l'ordre de 30 cm/s dans le chenal central. 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.

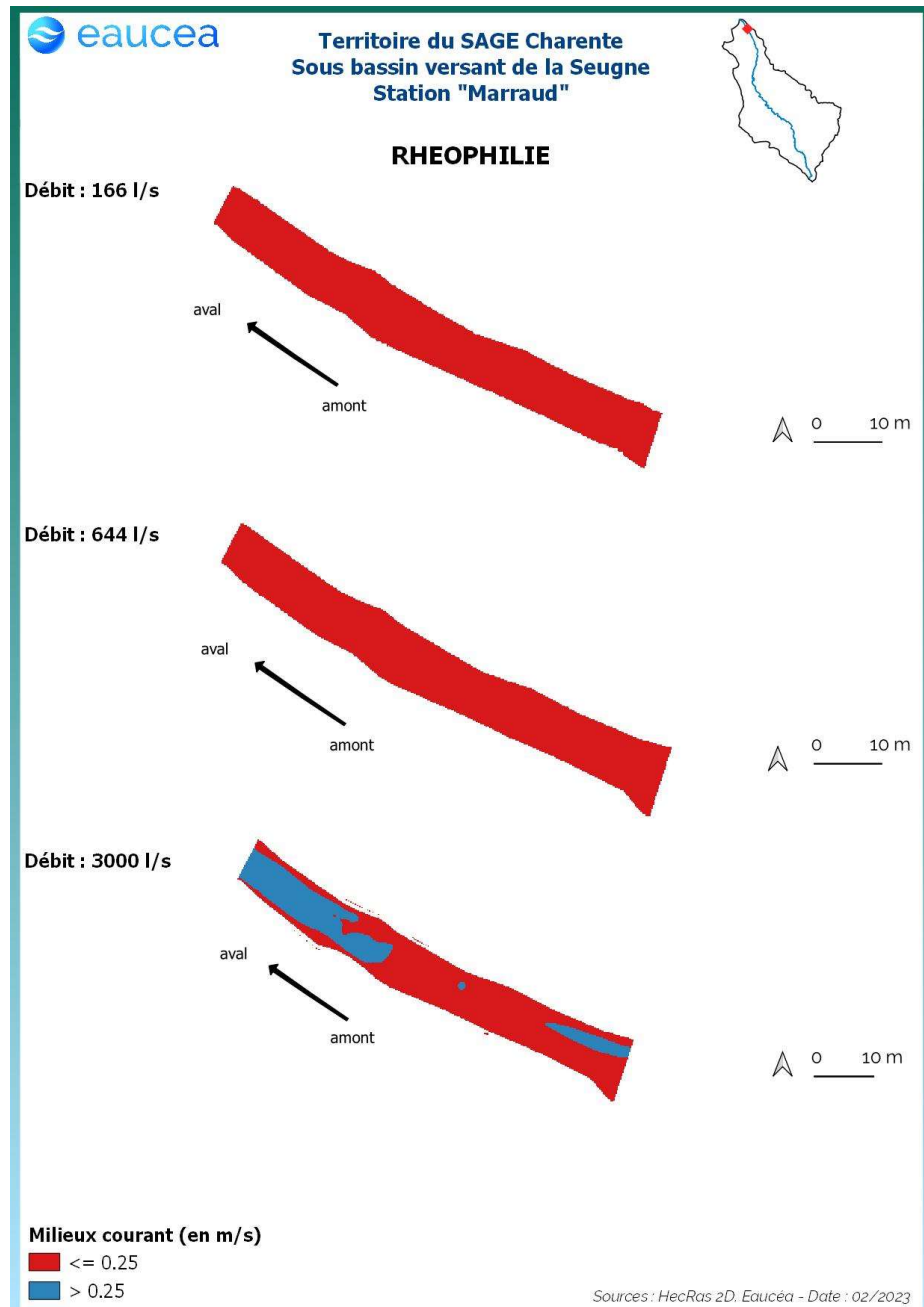


Figure 36: Evolution des milieux courants sur la station de Marraud

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est nulle en débit d'étiage. Au débit de débordement, l'aval de la station se met en vitesse et devient lotique ainsi qu'un mince chenal dans la partie amont de la station.

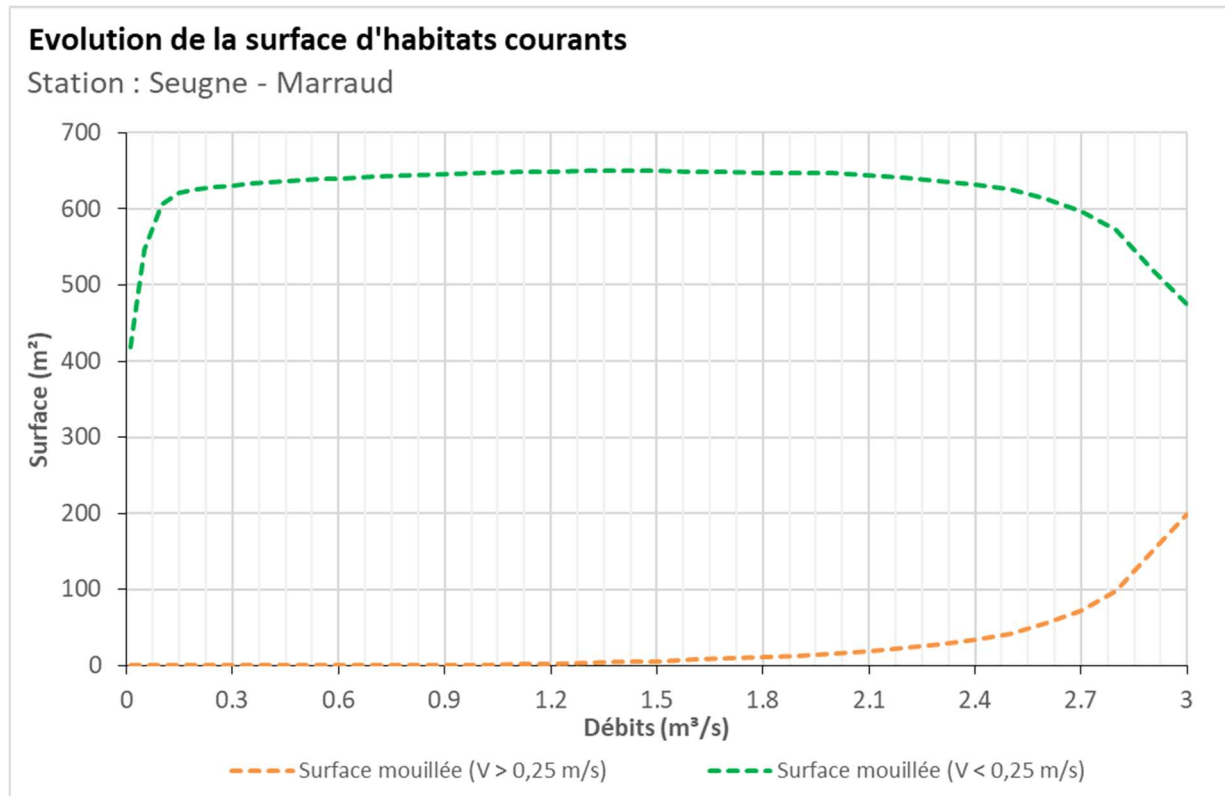


Figure 37 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert)

Les courbes ci-dessus traduisent que les faciès lotiques n'apparaissent qu'une fois passé un débit de 1200 l/s puis évoluent lentement jusqu'au débordement mais restent très minoritaires sur la station.

En étiage, soit en dessous de 1960 L/s, les surfaces rapides ne peuvent atteindre le seuil de 10 % de surface. 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 2680 l/s (correspondant à un débit dépassé 60 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est atteint à 2870 L/s.

En conséquence, il est recommandé, de viser en période de transition et de hautes eaux un seuil de 20% soit 2870 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 Marraud, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 166 l/s. Ce débit est atteint la majorité de l'année et correspond à un débit d'étiage. 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 et du lit

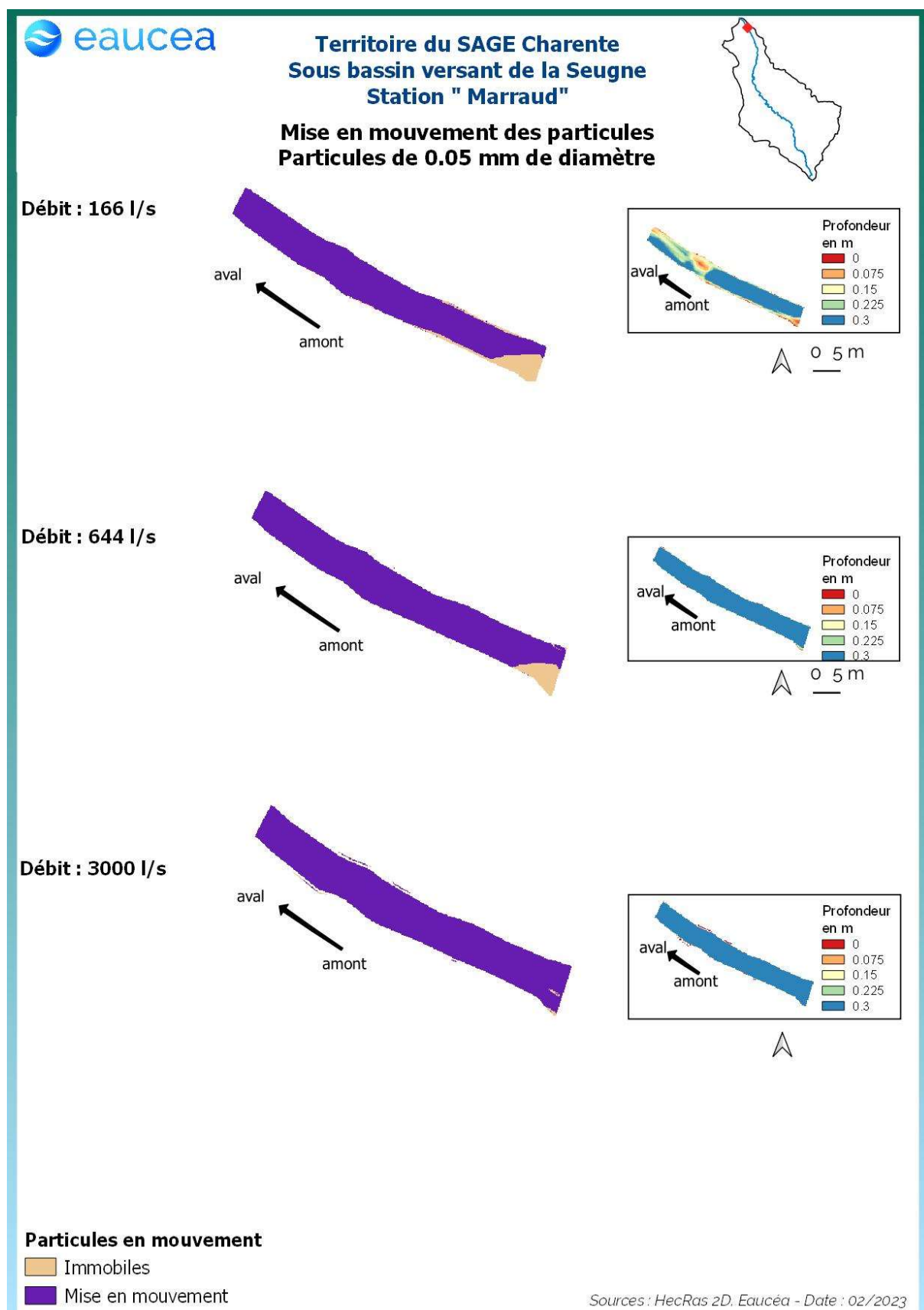
La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Concernant les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre, seul une petite zone de constriction au centre de la station entre en mouvement lorsque le débit dépasse 166 l/s. Au débit de débordement, c'est la quasi-totalité de l'aval de la station ainsi qu'un mince chenal en amont qui entre en mouvement.

Concernant les particules de 10 millimètres, la mise en mouvement de la zone de constriction ne se fait qu'au débit de débordement soit 3000 L/s. 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 166 L/s en étiage. Des périodes de débit supérieur à 3000 L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (octobre à juillet) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.

² Paramètre de Shields (cf note méthodologique)



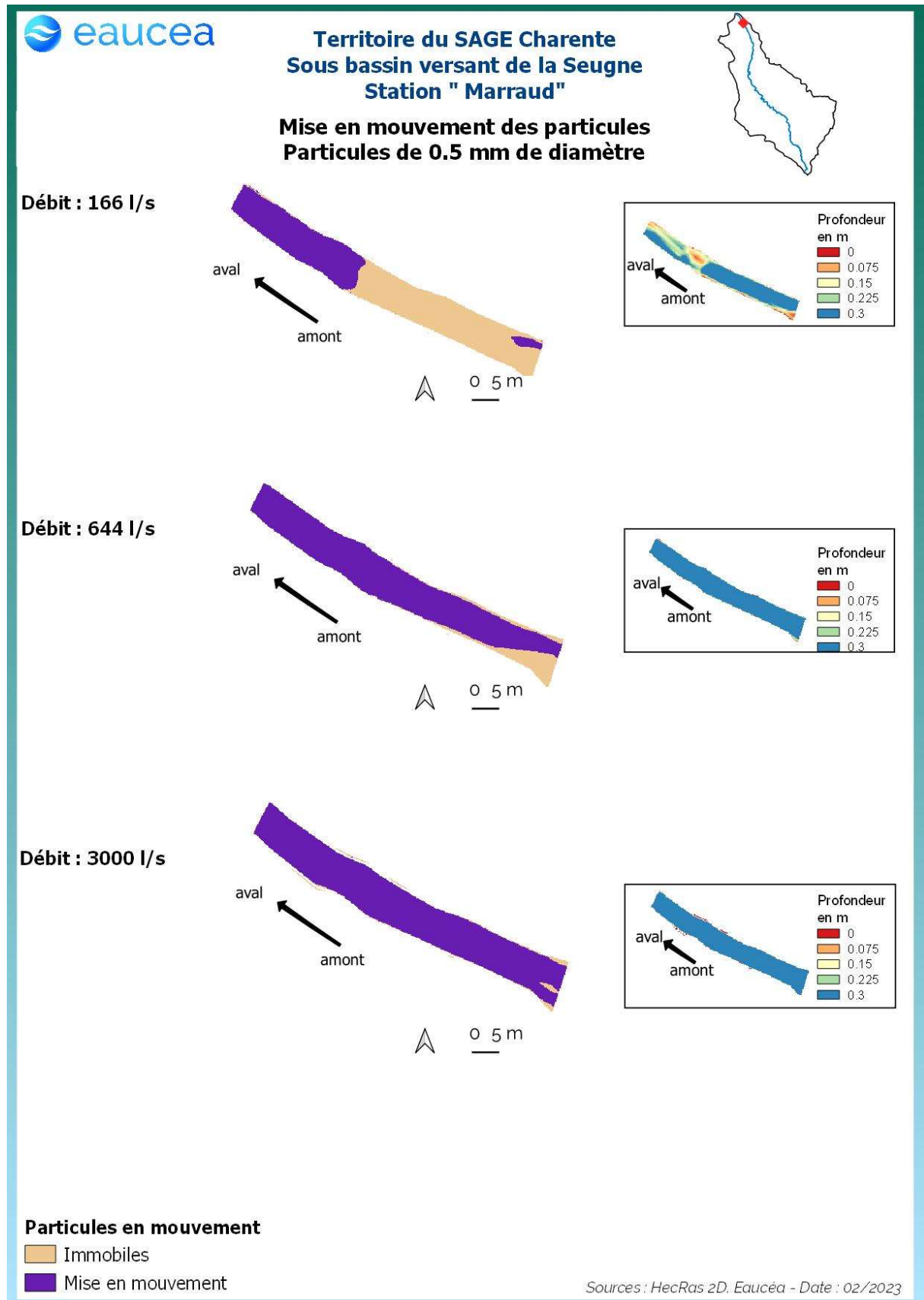
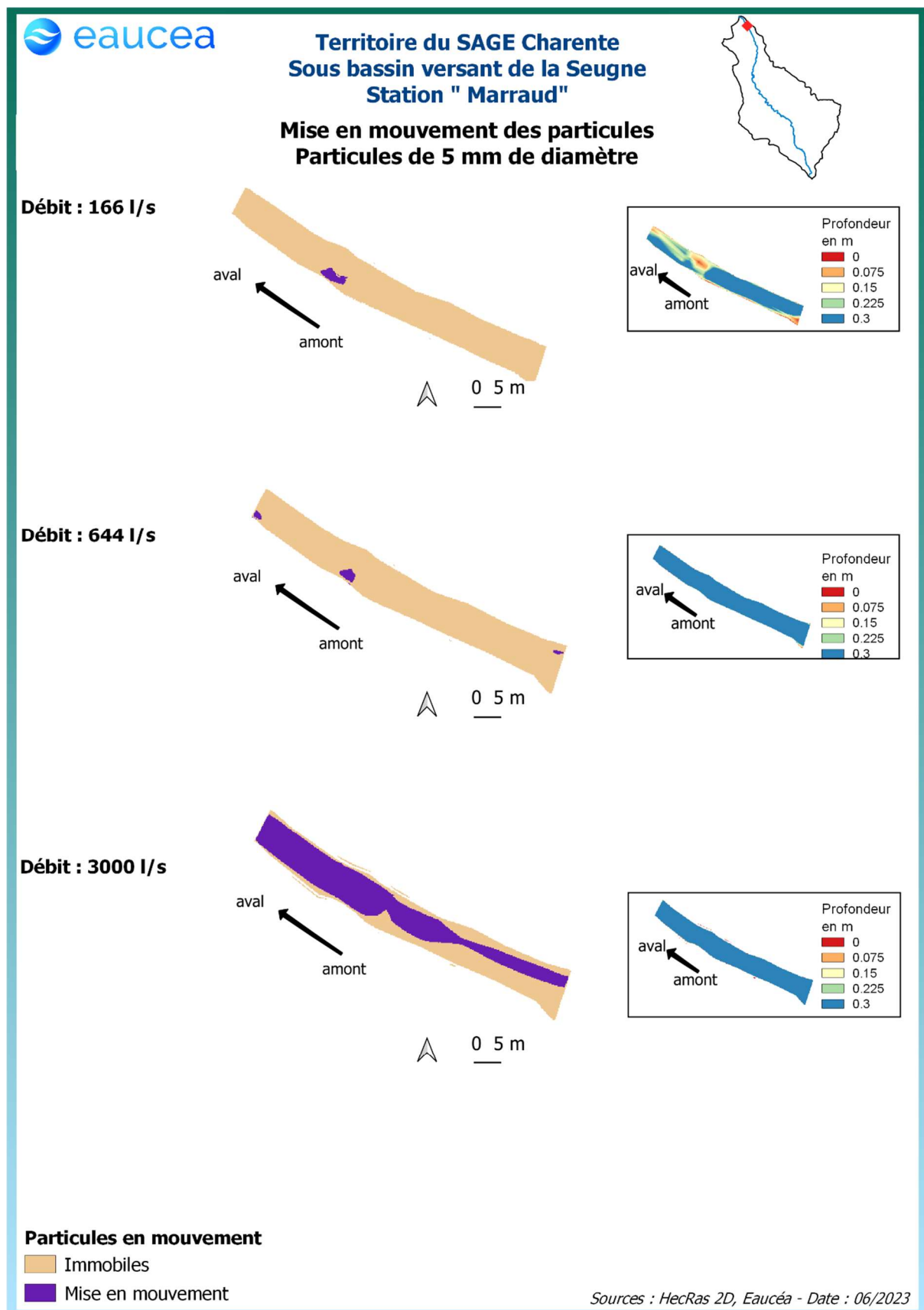


Figure 38 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Marraud



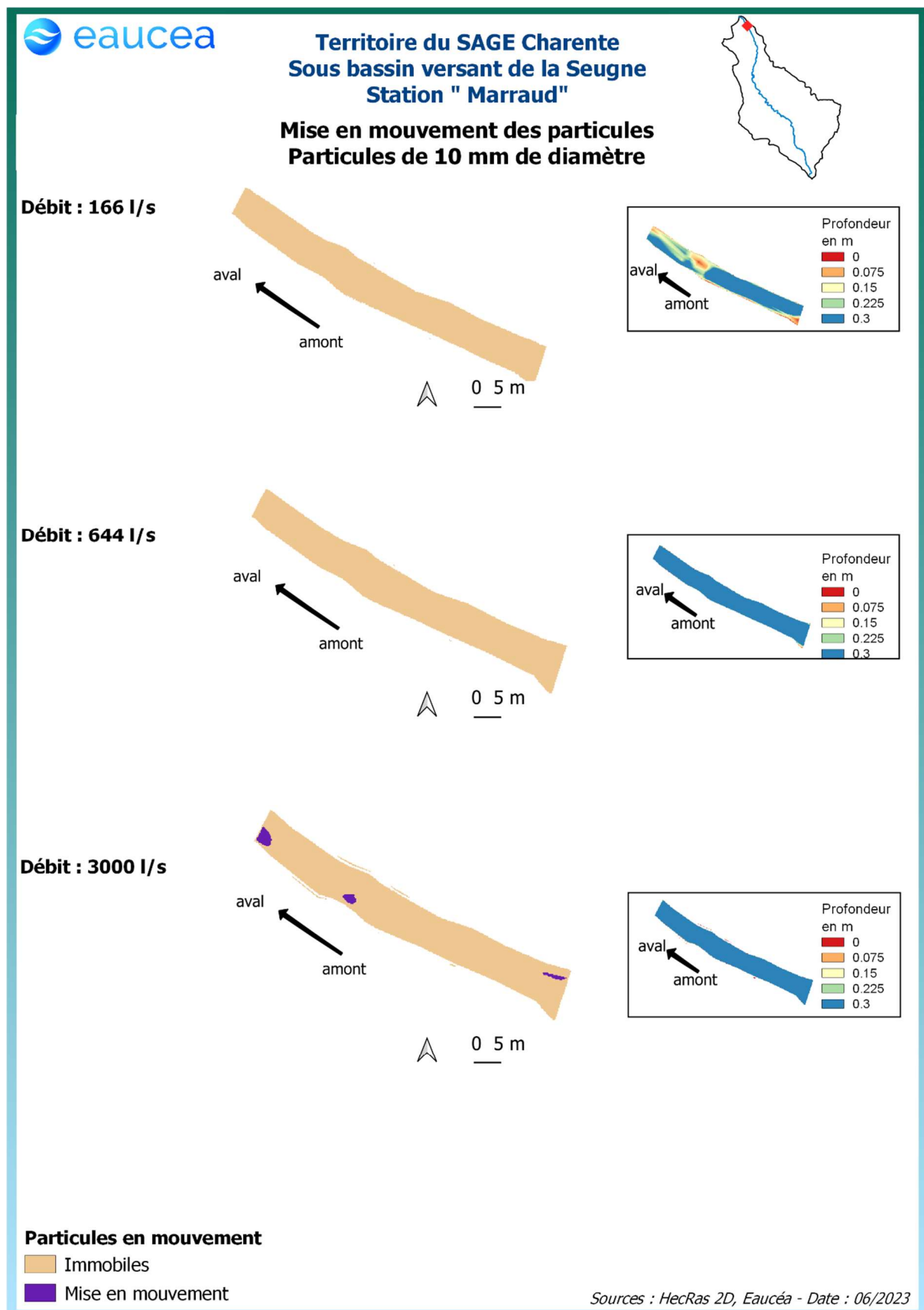


Figure 39 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Marraud

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 la Seugne est aisée pour les petites espèces à un débit de 10 l/s. La connectivité de la station est encore aisée pour les grandes espèces à un débit de 50 l/s. Elle ne l'est plus à 10 l/s. **La valeur de 50L/s est recommandée en toute saison.**

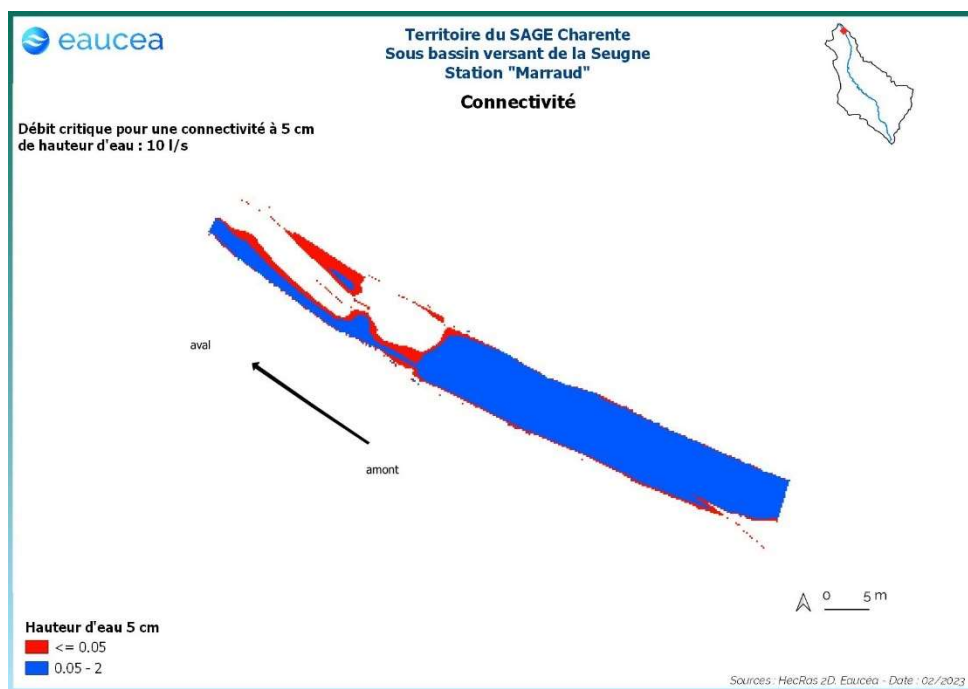


Figure 40: Connectivité de la station de Marraud pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

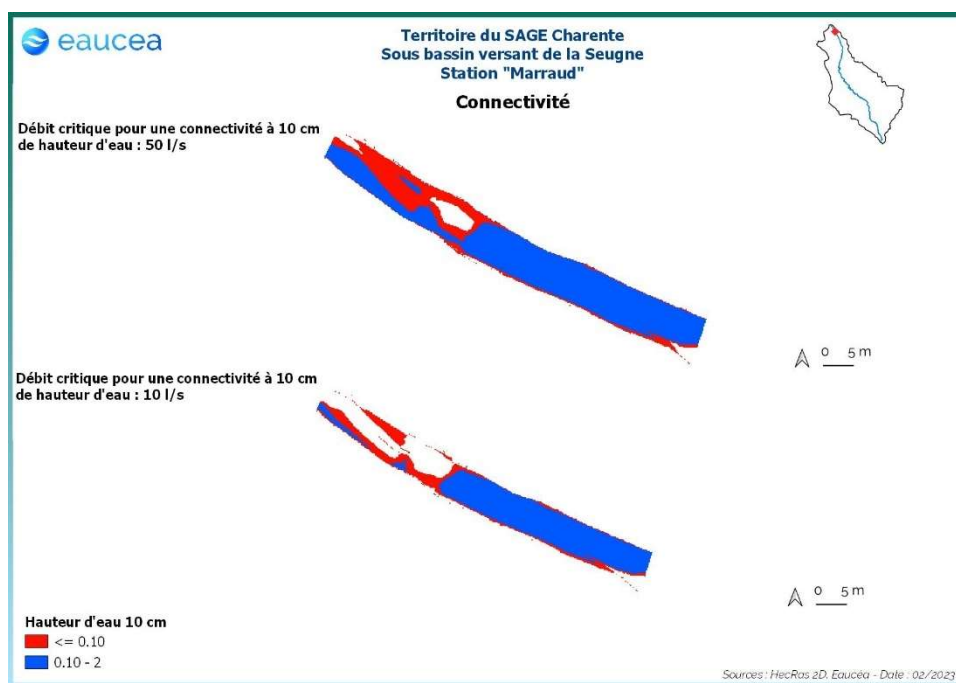


Figure 41 : Connectivité de la station de Marraud pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

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.

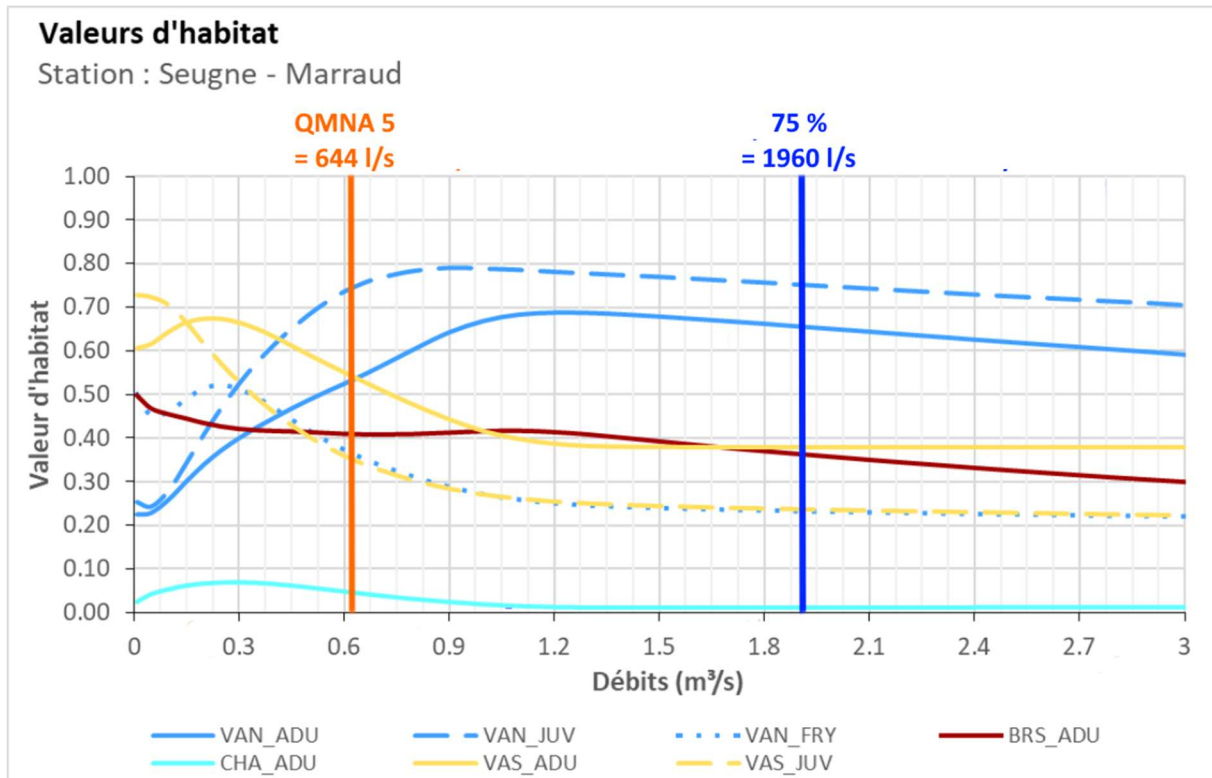


Figure 42: Valeurs d'habitat des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Marraud

A propos de la vandoise adulte, la valeur d'habitat est minimale à bas débit avec 0.2 et augmente à mesure que les débits s'élèvent avant d'atteindre un maximum de 0.7 (aux environs de 1200 l/s) puis de redescendre régulièrement jusqu'au débordement. Le juvénile présente les mêmes tendances avec une valeur minimale à bas débit, un maximum de 0.8 (aux environs de 900 l/s) puis une redescence jusqu'au débordement. L'alevin de vandoise présente un pic à 0.5 aux environs de 300 l/s avant que sa valeur d'habitat ne redescende pour atteindre un plancher d'environ 0.2.

La station est assez favorable pour le brochet à tous les débits. La valeur est de 0.5 à bas débit avant d'observer une descente douce jusqu'à la valeur d'habitat de 0.3 au débit de débordement.

La station semble favorable au vairon adulte, sa valeur d'habitat est d'environ 0.65 aux bas débits et chute avec le débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'un peu moins de 0.4. Pour le juvénile, la valeur est de 0.75 à bas débit et chute aux environs de 0.2.

La station est peu favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.05. Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.17. 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'une part la granulométrie relevée pénalise beaucoup la valeur d'habitat comme observable sur le graphe ci-dessous.

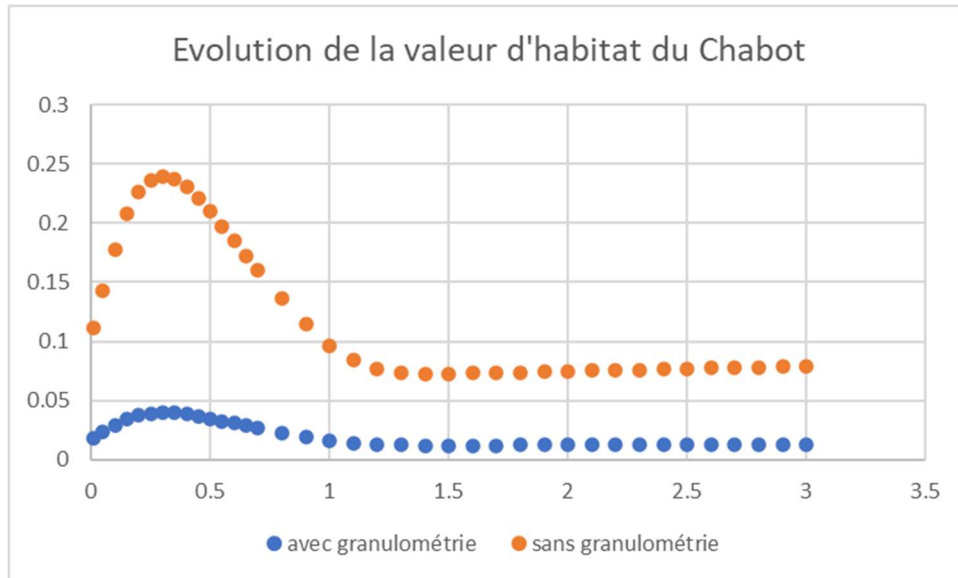


Figure 43 : Evolution de la valeur d'habitat du Chabot à Marraud

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 très peu le gain dû à l'augmentation des vitesses.

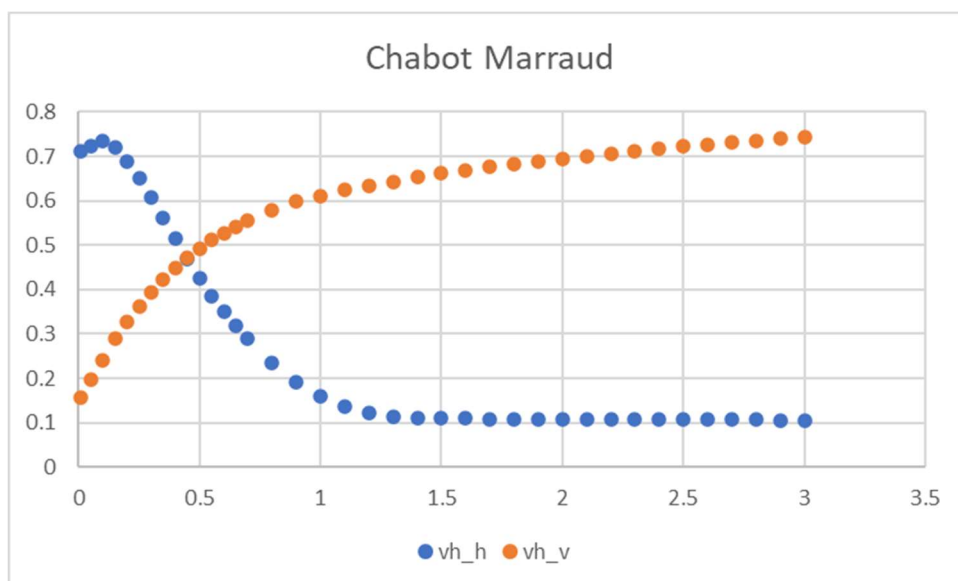


Figure 44 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

5.6.2 SPU en m^2 et en variations relatives

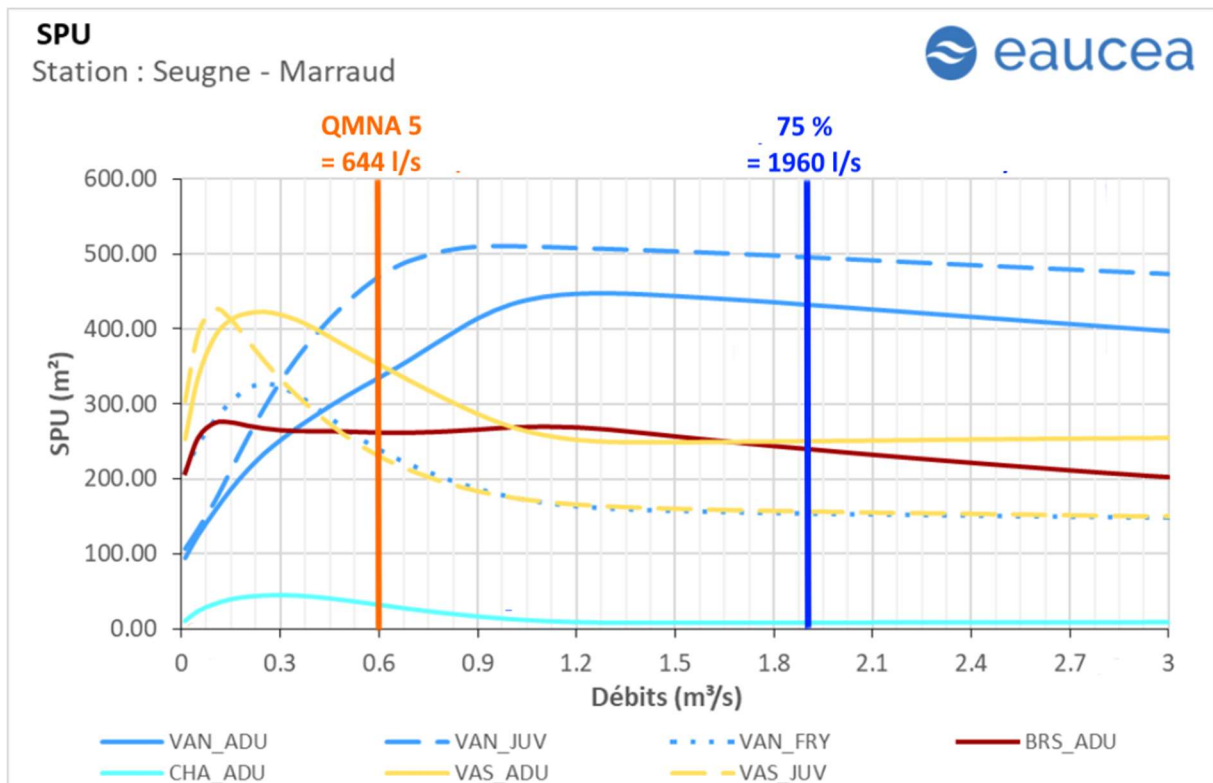


Figure 45: Surfaces pondérées utiles des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du viron de la station de Marraud

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.

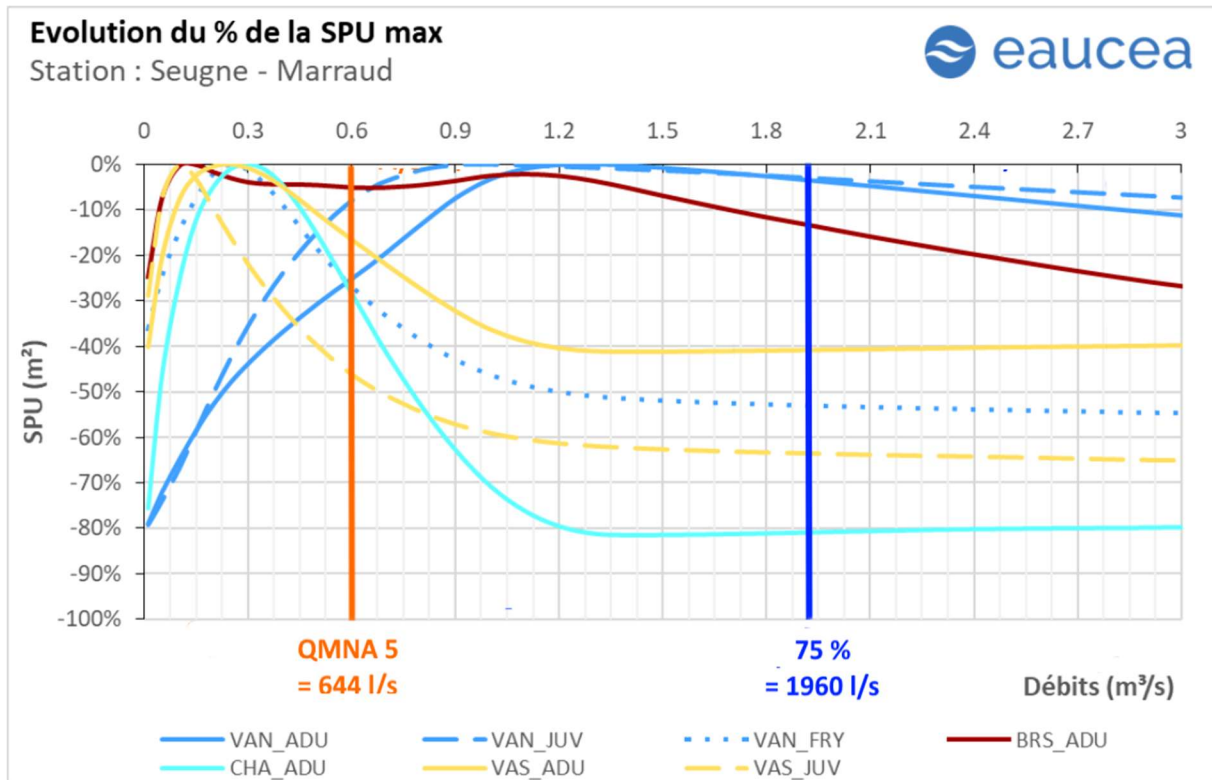


Figure 46: écart en % de la surface pondérée utile maximale des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station de Marraud

5.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 150 L/s et 750 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 chabot.

Pour la vandoise adulte, ce seuil de 80% est atteint à partir de 690 L/s (débit dépassé 98 % du temps), valeur correspondant à un débit de basses-eaux. Ce potentiel d'habitat semble maintenue au moins jusqu'au débit de 2800 L/s (débit dépassé 58 % du temps), correspondant à un débit de transition et proche du débit de débordement nécessaire à la reproduction du brochet. Il pourra être conservé comme base de débit biologique entre octobre et juillet, période couvrant la reproduction des deux espèces. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 2800 L/s.**

En étiage, le milieu est moins favorable aux grandes espèces. Le graphique ci-dessus montre que le potentiel pour les adultes de vandoise franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 690 L/s (débit dépassé 97 % du temps). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 690 L/s.**

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

Le rapprochement de l'ensemble des critères répartis en fonction de la saison aboutit aux préconisations suivantes pour qualifier le débit biologique. La valeur basse pour la vandoise adulte soit 650 L/s et la valeur haute du meilleur compromis peuvent être conservé pour cette station et sont compatible avec les débits d'étiage naturels.

La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc de 650 L/s à 750 L/s.

Matrice					Marraud												Basses-eaux				
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade							Qref										
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.05	0.100	0.20	0.41	0.50	0.65	0.69	0.75	0.80	1.00	1.50	2.00					
Principal		% des débits classés			100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	98%	97%	94%	83%	74%					
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-65%	-56%	-41%	-20%	-13%	-3%	359	5%	8%	21%	24%	20%					
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-73%	-65%	-48%	-20%	-11%	-2%	491	2%	3%	4%	3%	1%					
Principal	Habitat	VAN_FRY	Vandoise	Frai	12%	27%	46%	34%	21%	4%	220	-5%	-9%	-20%	-28%	-30%					
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	-2%	5%	4%	1%	1%	0%	262	0%	1%	3%	-2%	-10%					
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-10%	24%	59%	58%	41%	9%	26	-12%	-21%	-51%	-69%	-68%					
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	1%	18%	27%	20%	14%	3%	332	-4%	-7%	-19%	-25%	-24%					
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	86%	101%	82%	36%	21%	3%	212	-4%	-8%	-17%	-25%	-27%					
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%					
Principal	Surface mouillée	% du maximum			81%	90%	93%	94%	95%	95%	96%	96%	96%	96%	97%	98%					
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui					
		Petits poissons			oui	oui	oui	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 47 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre la diversité d'habitat la plus grande. Le débit de référence hiver est fixé à 2800 L/s. Compte tenu de la relative stabilité des habitats, le débit plancher retenu correspond au seuil de 10 % d'habitat lotique soit 2680 L/s, débit dépassé 60 % du temps.

Concernant la reproduction du brochet, le débit de débordement de 3000 L/s se produit 55 % du temps. La station offre un fort potentiel de reproduction.

La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 2680 L/s à plus 3000 L/s.

Matrice					Marraud								Hautes-eaux et transition			
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade							Qref					
	Hydrologique	Débit en m3/s			1.20	1.30	2.00	2.40	2.68	2.80	2.87	3.00				
Principal		% des débits classés			84%	82%	69%	64%	60%	58%	57%	55%				
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	11%	11%	6%	3%	1%	404	-1%	-2%				
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	6%	6%	3%	2%	0%	478	0%	-1%				
Principal	Habitat	VAN_FRY	Vandoise	Frai	10%	8%	3%	1%	0%	149	0%	0%				
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	30%	28%	14%	6%	2%	208	-1%	-3%				
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	2%	-6%	-4%	-1%	0%	9	0%	1%				
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-1%	-2%	-1%	-1%	0%	254	0%	0%				
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	10%	8%	3%	2%	1%	150	0%	-1%				
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0%	0%	2%	5%	10%	15%	20%	29%				
Principal	Surface mouillée	% du maximum			97%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%				
Synthèse indicateurs principaux																
Habitat	SPU															
Habitat	Habitats rapides															
Habitat	Surface mouillée															
Résultat																

Figure 48 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

6 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA SEUGNE AU MOULIN DU GUA

6.1 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.

6.1.1 Description de la station

Localisation et position des transects de mesure

La station de Moulin du Gua est située sur un bras de la Seugne. Elle est positionnée entre 1,5 et 3 km en amont de la confluence avec la Charente (en rive Gauche) aux abords du village de Courcoury.

Elle s'étend sur environ 75 m de long et est positionnée au droit d'un virage de ce bras de la Seugne.

15 transects de mesure ont été positionnés sur le linéaire de la station, ils permettent de rendre compte du fonctionnement hydraulique du bras de la Seugne à ce niveau (mouilles, plats, ...).

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 10/08/2022.

La venue sur site a permis la prise des mesures suivantes le long de la station :

- Profils topographies et lignes d'eau associées des transects repérés ci-avant. Acquis avec un tachéomètre de type station totale.
- Profils en travers du cours d'eau et profils de vitesses, acquis à l'aide d'un profileur de courant à effet Doppler.
- Débit transitant dans la station, mesuré avec un courantomètre électromagnétique et un profileur de courant à effet Doppler.

Le débit le jour des mesures a été mesuré en plusieurs transects (T01 et T09), aboutissant à une valeur retenue de 102 l/s.



Figure 49 : Position des transects de mesure de la station du Moulin du Gua

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**

Le linéaire parcouru présente un profil très lent et calme. La pente générale de la ligne d'eau était très faible voire nulle lors de la venue sur site. 2 mouilles ou zones apparentées sont repérées sur le linéaire au droit des T12-T13 et T08-T09 qui présentent des profondeurs relativement importantes. Ailleurs, le profil dominant est de type Plat lent. On distingue les profils T01 (terminal), T14-T15 (amont) et T04 et T10 (intermédiaires) qui présentent de légères accélérations sans toutefois que le faciès puisse être qualifié de plat courant de manière franche.

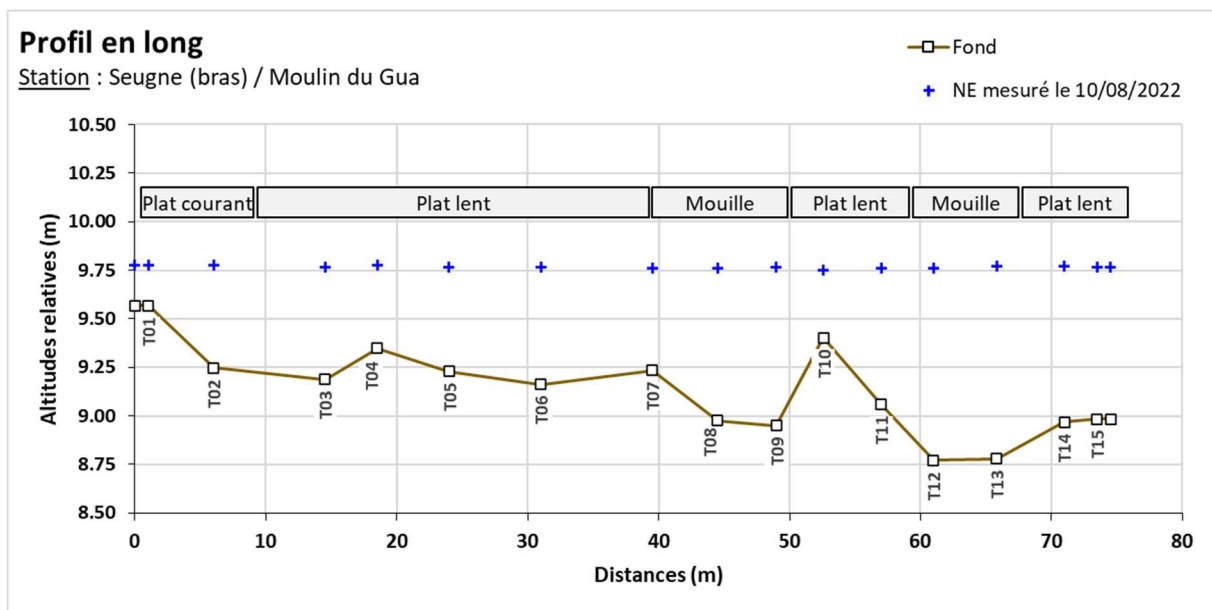
L'amont de la station dispose d'une veine de courant principale située sur le côté gauche. Ailleurs, le profil transversal d'écoulement est globalement centré. Des zones d'eaux « mortes » sont localisées en plusieurs points, formés soit par de légères saillies de berges du fait de la présence d'un arbre ou d'une souche, soit par la présence d'amas d'embâcles (branches, troncs, végétaux).

- **Type de berges**

Les berges de part et d'autre du cours d'eau sont uniformes le long de la station. Elles sont majoritairement quasi-verticales et s'élèvent jusqu'à 1 m au-dessus de l'eau. Le côté droit apparaît entretenu (végétation coupée) tandis que le côté gauche est en friche, la végétation gagnant parfois le bas de berge.

- **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 :



6.1.2 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.

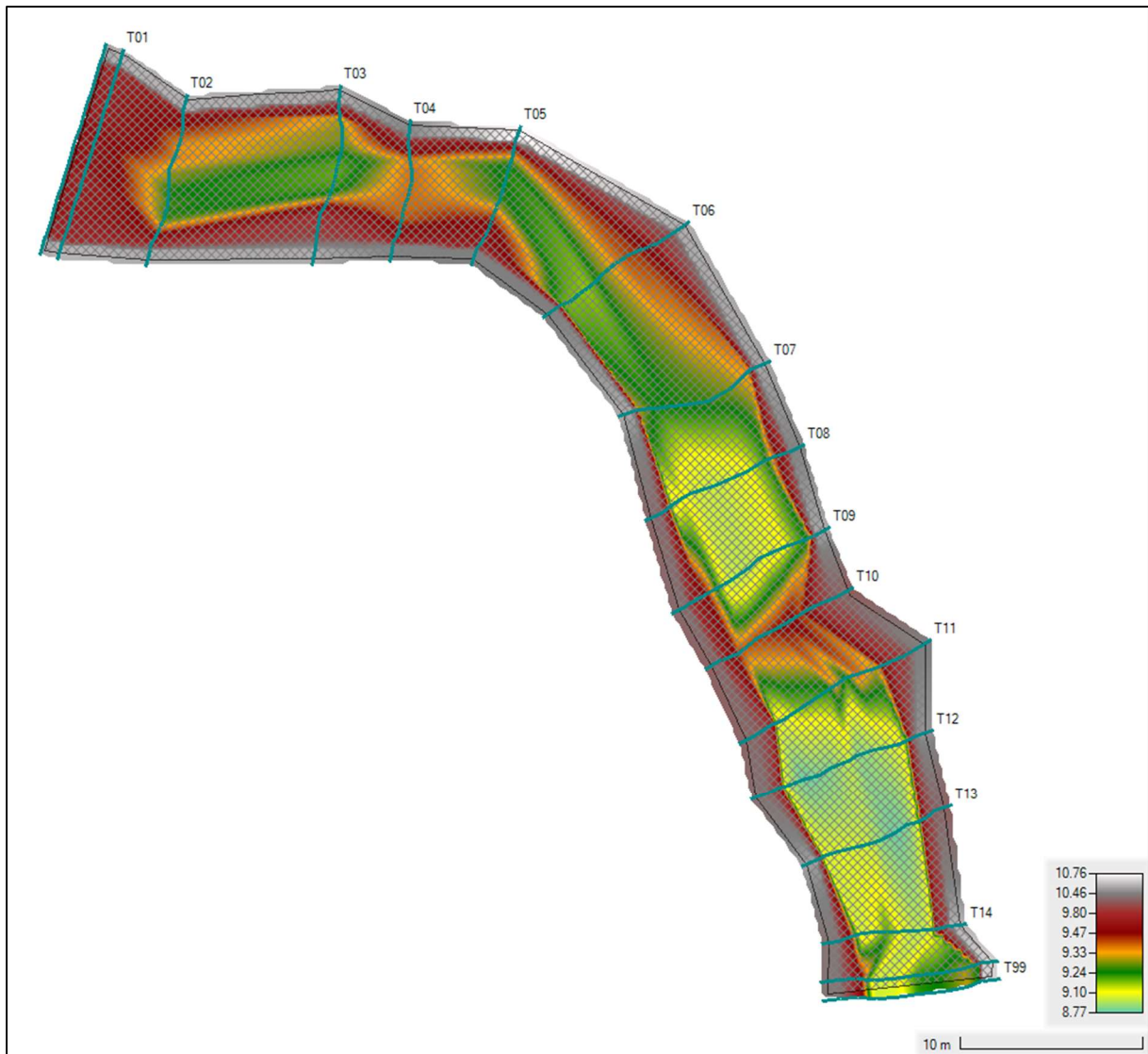


Figure 50 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

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 102 l/s.

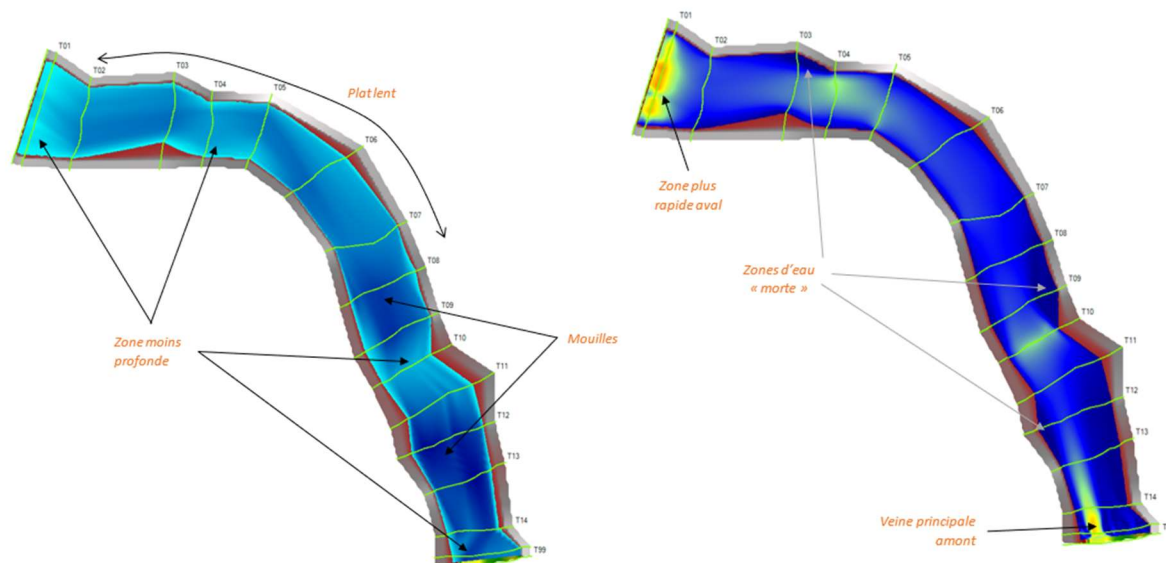


Figure 51 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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.

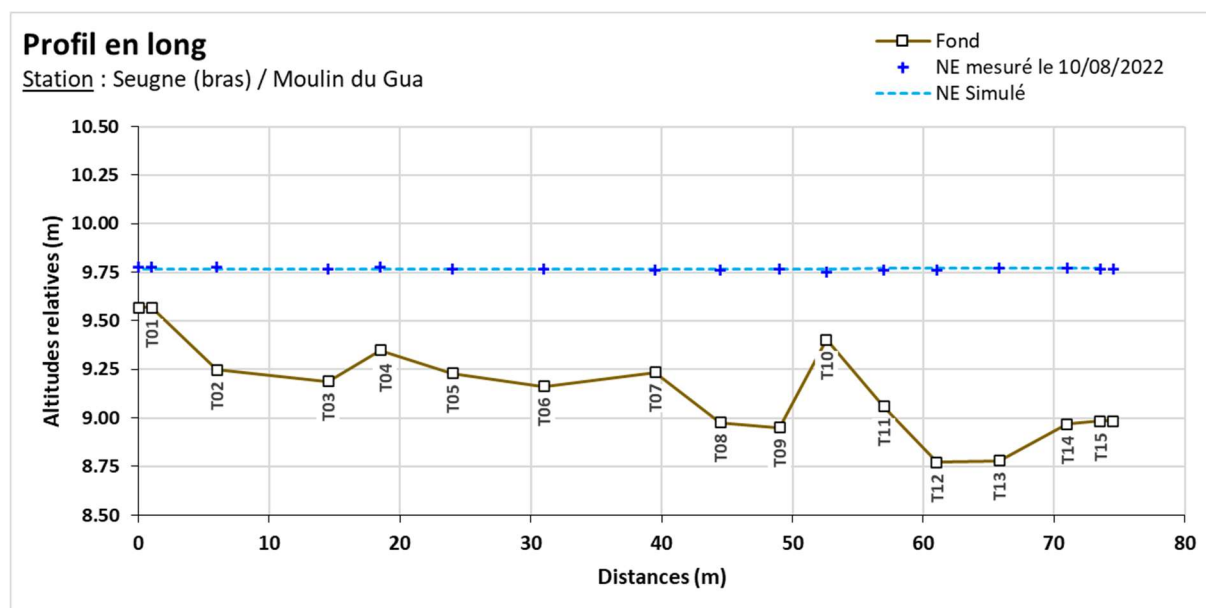


Figure 52 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

Le calage de la ligne d'eau apparaît satisfaisant, permettant de reproduire les niveaux observés en chaque transect et la pente de ligne d'eau générale.

La représentation des faciès et veines d'écoulement apparaît également cohérente, de même que l'emprise globale mouillée observée le jour des mesures sur site.

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 7000 l/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de la Seugne à cette station.

6.1.3 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, 50 % du module, module et débit de débordement soit 5 cartographies. Notons que ces valeurs ne sont pas réellement adaptées à la situation particulière du bras du moulin du Gua qui partage sa ressource avec les autres bras de la Seugne aval. Néanmoins, les modalités de cette répartition ne sont pas connues. Les valeurs sont conservées dans un but d'illustration sans conséquence sur les débits biologiques proposés.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	127
QMNA5 moyen (Modélisation Irstea)	645
50% du module (Irstea)	4081
Module (Irstea)	8163
Débit de débordement (Eaucea)	1200

Le calcul étant arrêté une fois le débit de débordement atteint, les valeurs 50 % du Module et le Module n'ont pu être calculées. Les représentations cartographiques ne représenteront donc que les 3 valeurs restantes. 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.

Le module étant plus important que le débit de débordement, la station est située dans un secteur propice au débordement et donc à la reproduction du brochet, espèce présente sur le bassin.

6.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

6.2.1 Surface mouillée

La surface mouillée évolue de manière importante jusqu'aux environs de 150 l/s. Son évolution est ensuite assez modérée et le lit se remplit de façon régulière jusqu'au débordement de la station à 1200 l/s. Au-delà de 1200 l/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

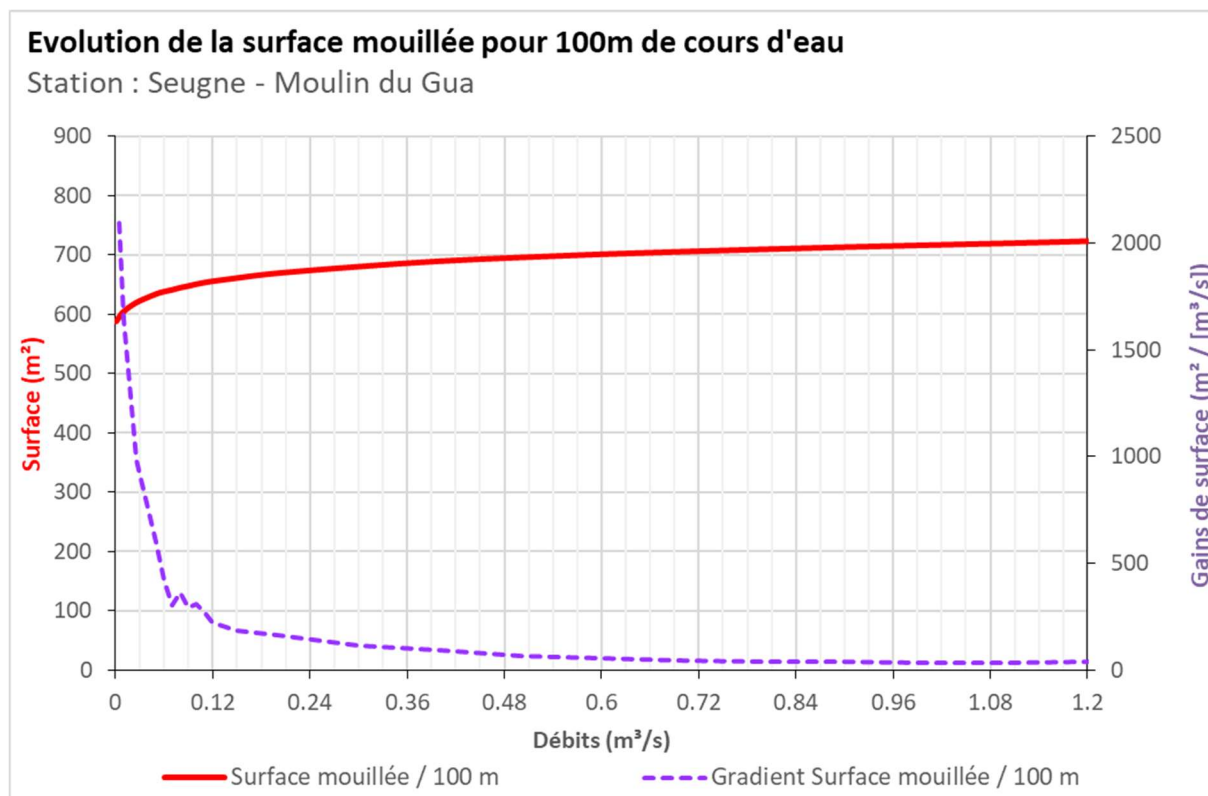


Figure 53 : Evolution de la surface mouillée au Moulin du Gua

6.2.2 Granulométrie de la station

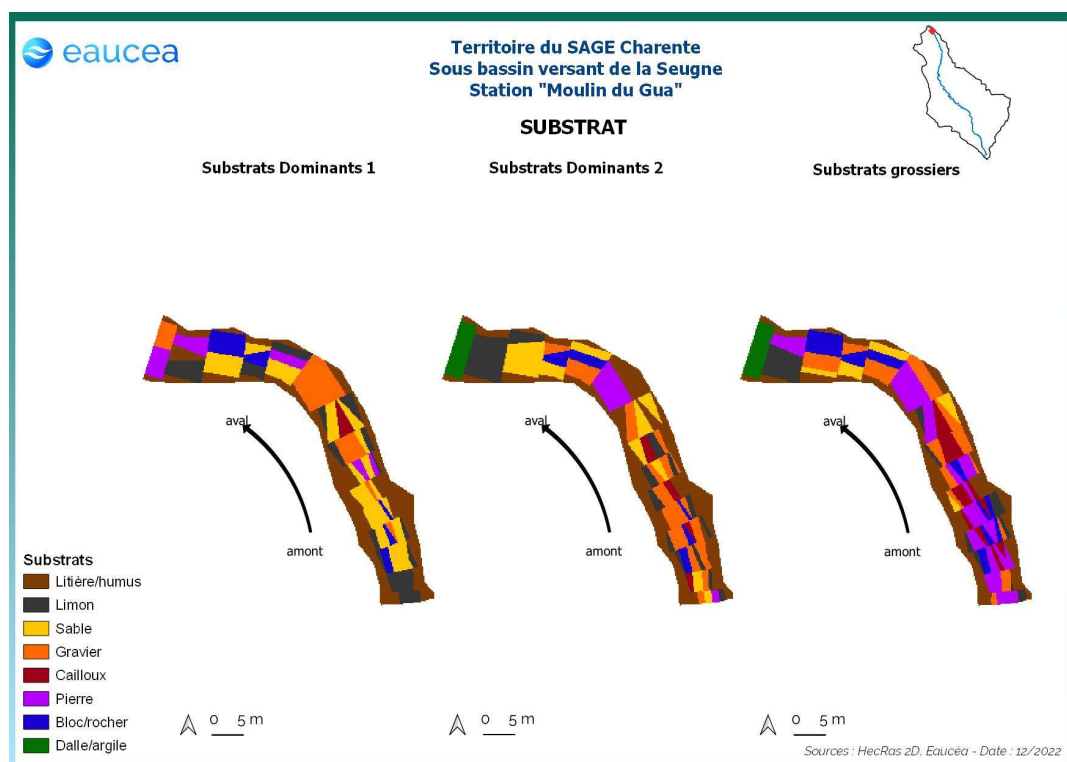


Figure 54 : Carte des substrats de la station du Moulin du Gua

La station présente des substrats dominés par la litière en berge. Les substrats dans le chenal sont dominés par les sables et les graviers avec une majorité de pierres comme substrat grossier.

6.2.3 Profondeur

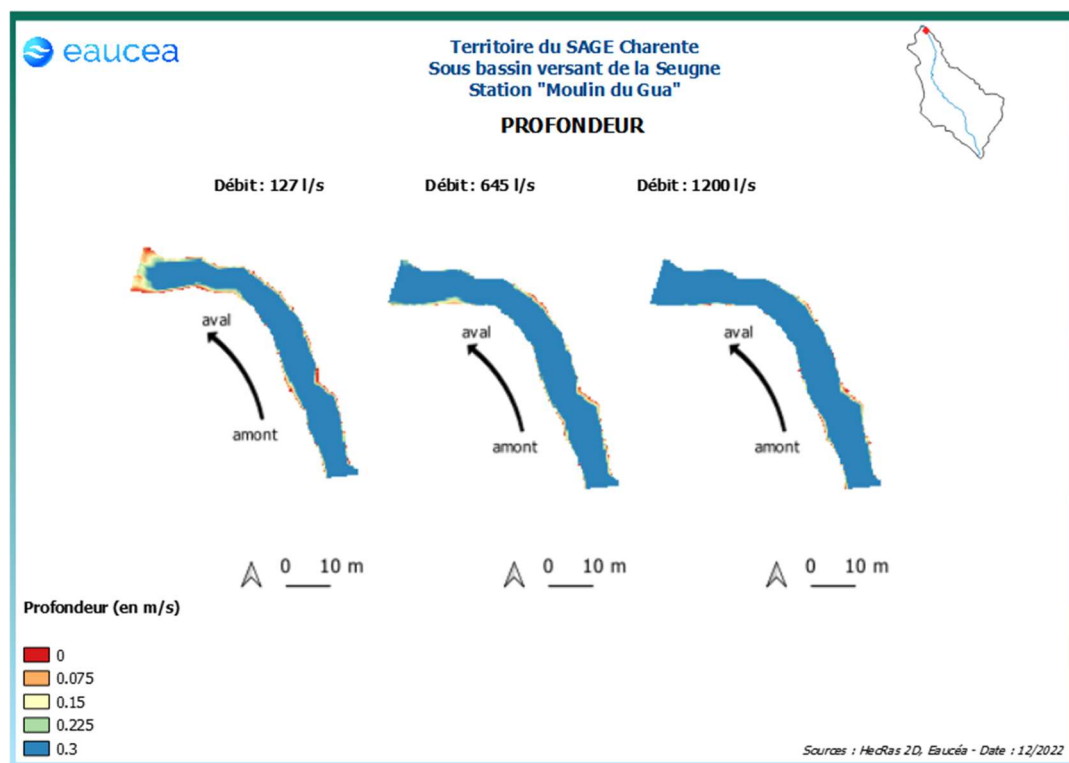


Figure 55: Evolution des profondeurs sur la station du Moulin du Gua à différents débits

La Seugne présente des hauteurs d'eau assez importantes seul le radier en aval est en dessous des 30 centimètres de fond en débit d'étiage. La station présente une suite de faciès de type plat courant jusqu'au débit de débordement.

6.2.4 Vitesse d'écoulement

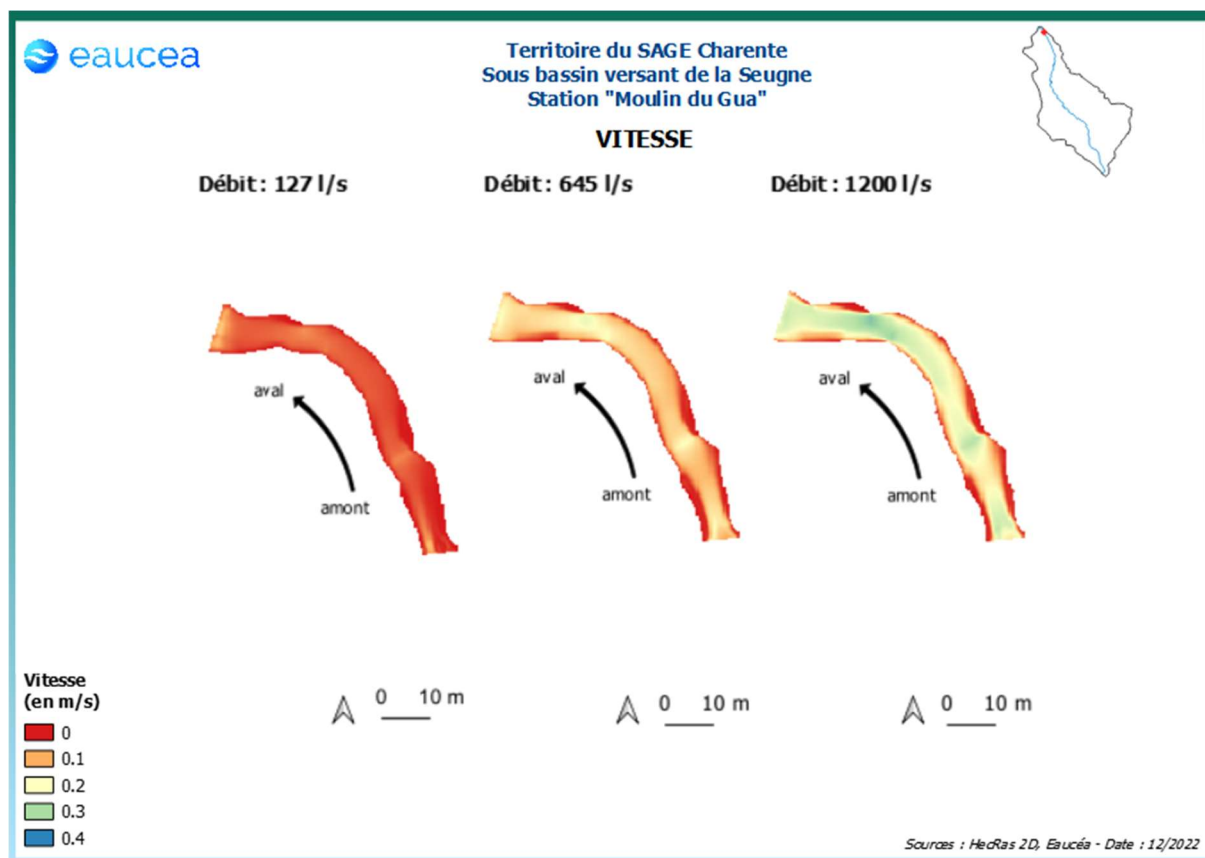


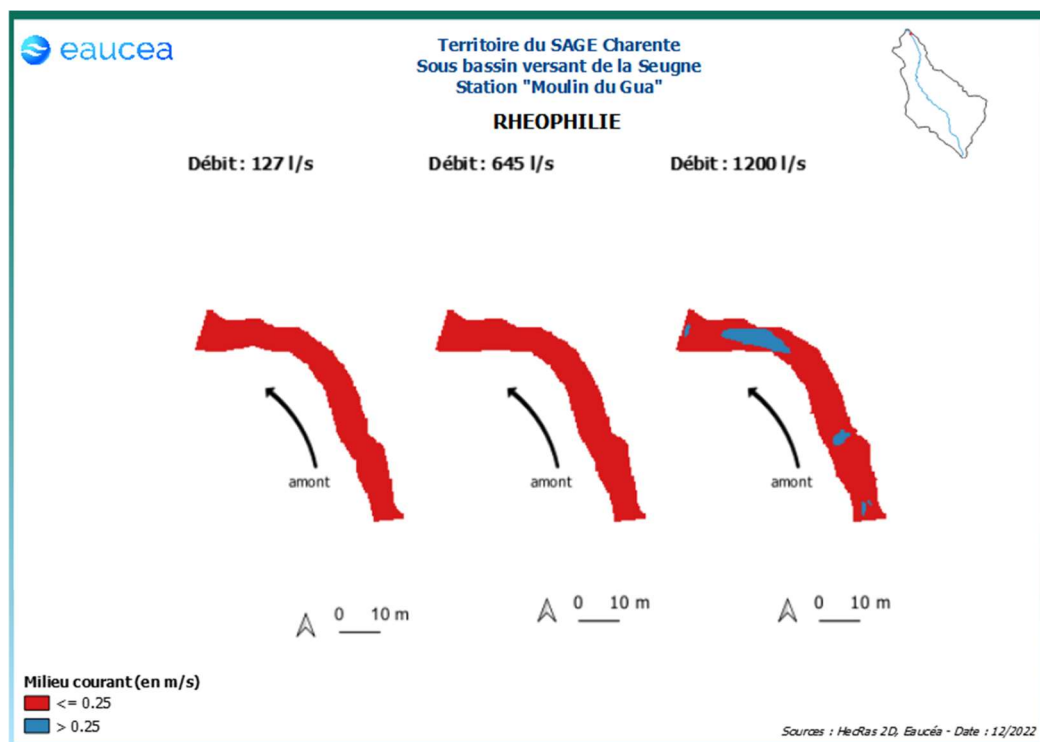
Figure 56: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station du Moulin du Gua à différents débits

La station du Moulin du Gua, dans un secteur avec peu de pente, ne présente que des vitesses d'écoulement faibles à bas débit. Toutefois trois zones d'accélération sont à signaler, une au premier tiers amont, une au deuxième tiers de la station et enfin le radier aval. Ces trois zones présentent des vitesses d'une trentaine de centimètres par seconde 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.

6.3 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.



On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est assez limitée même en débit de débordement sauf sur les trois zones identifiées. En étiage, la quantité d'habitat lotique est nulle.

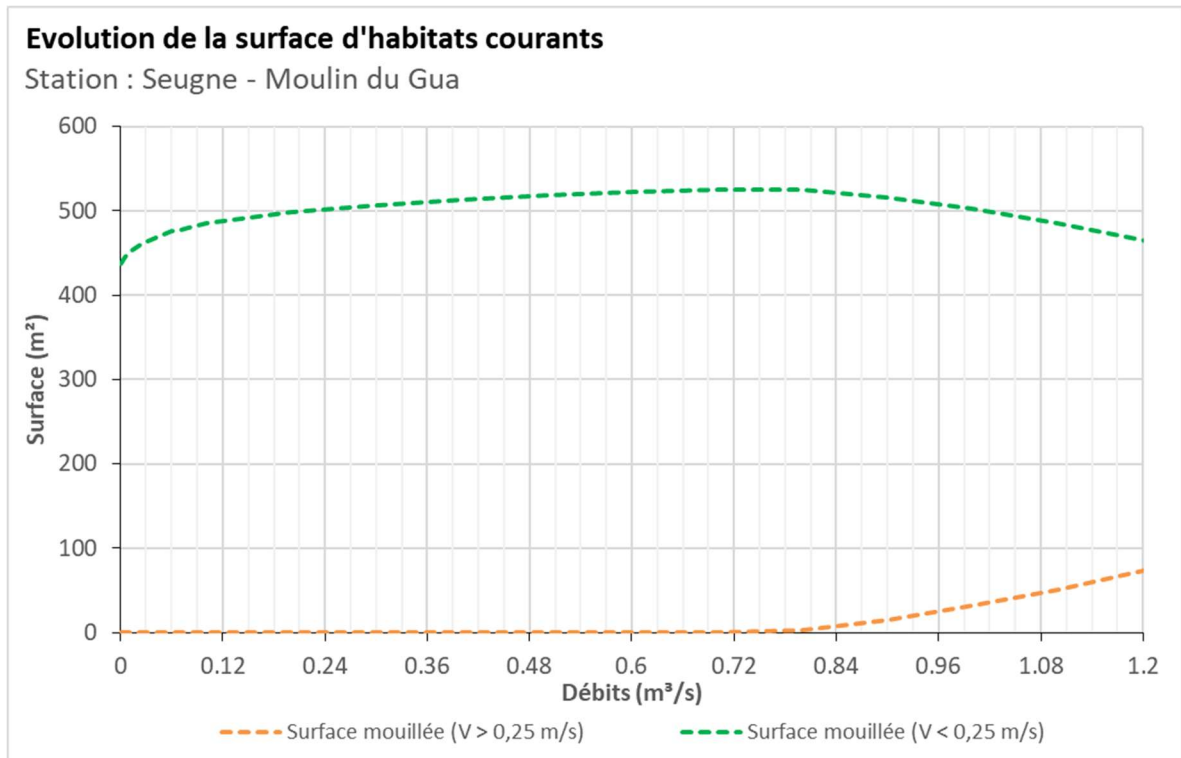


Figure 58 : Evolution de surface lotique (orange) et lenticue (vert)

Les courbes ci-dessus traduisent la présence d'habitats uniquement lenti-ques jusqu'au débit de 800 l/s. Ensuite, les habitats lotiques augmentent de manière régulière jusqu'au débordement.

En étiage, soit en dessous de 1970 L/s, les surfaces rapides peuvent atteindre le seuil de 10 % de surface pour un débit de 1120 L/s. Cet objectif peut 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 1120 l/s (correspondant à un débit dépassé 91 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux n'est pas atteint avant le débordement.

En conséquence, il est recommandé, de viser en période de transition et de hautes eaux un seuil de 10 % soit 1120 L/s.

6.4 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^{*3} 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.

6.4.1 Colmatage

Au Moulin du Gua, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 127 l/s soit un débit d'étiage minimal. Ce débit est atteint la quasi-totalité de l'année et correspond à un débit d'étiage. 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.

6.4.2 Entretien des frayères et du lit

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, seuls les radiers amont et aval ainsi qu'une petite zone centrale entre en mouvement lorsque le débit atteint le débit de débordement de 1200 L/s.

Concernant les particules de 10 millimètres, seul une petite section en aval de la station entre en mouvement lorsque la station déborde. 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.

6.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 127 L/s en étiage. Des périodes de débit supérieur à 645 L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juillet) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit. Cependant un débit au-delà du débit de débordement et plus proche du module semble nécessaire à un entretien plus global des frayères potentielles.

³ Paramètre de Shields (cf note méthodologique)

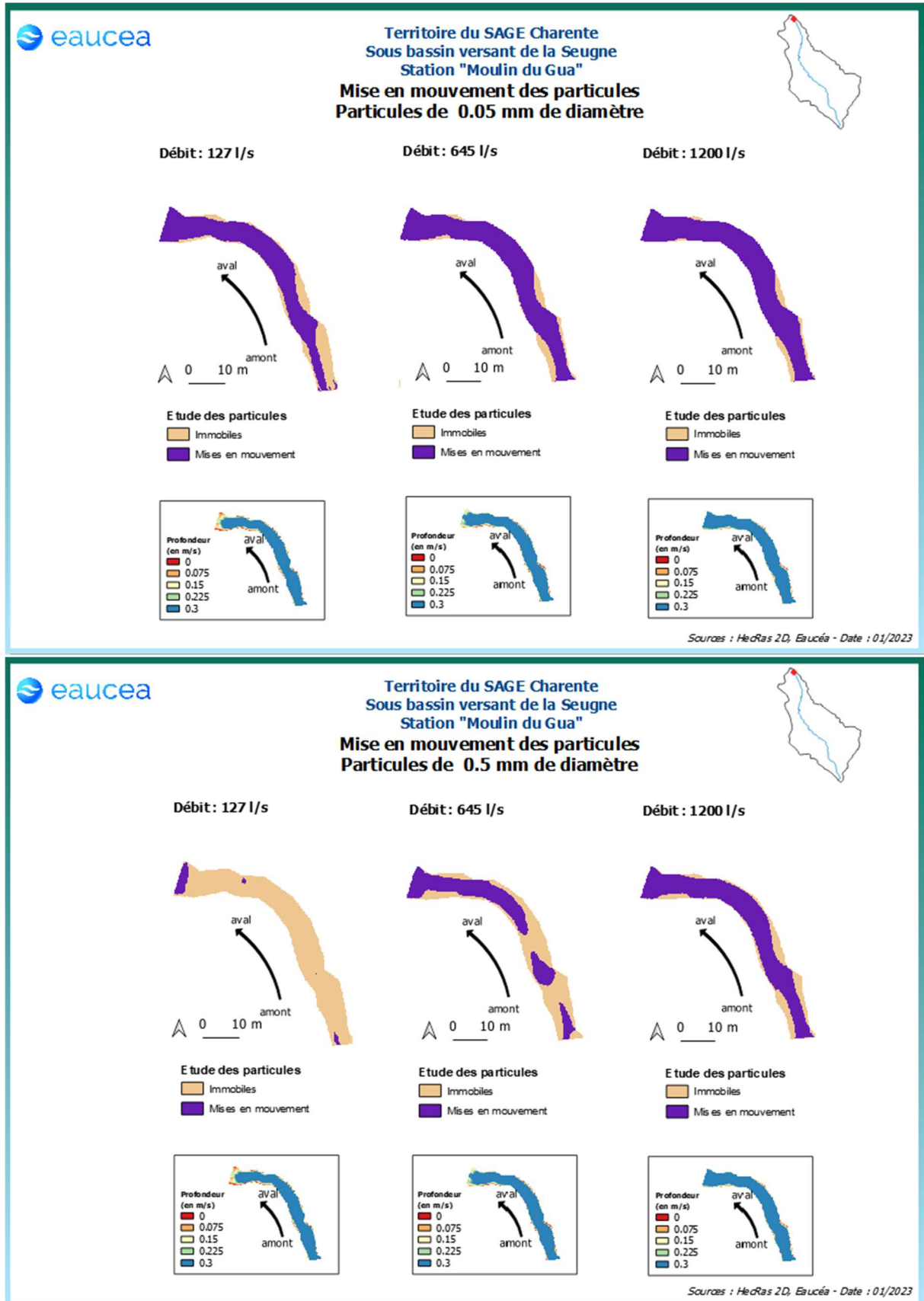


Figure 59 : Mise en mouvement des particules fines sur la station du Moulin du Gua

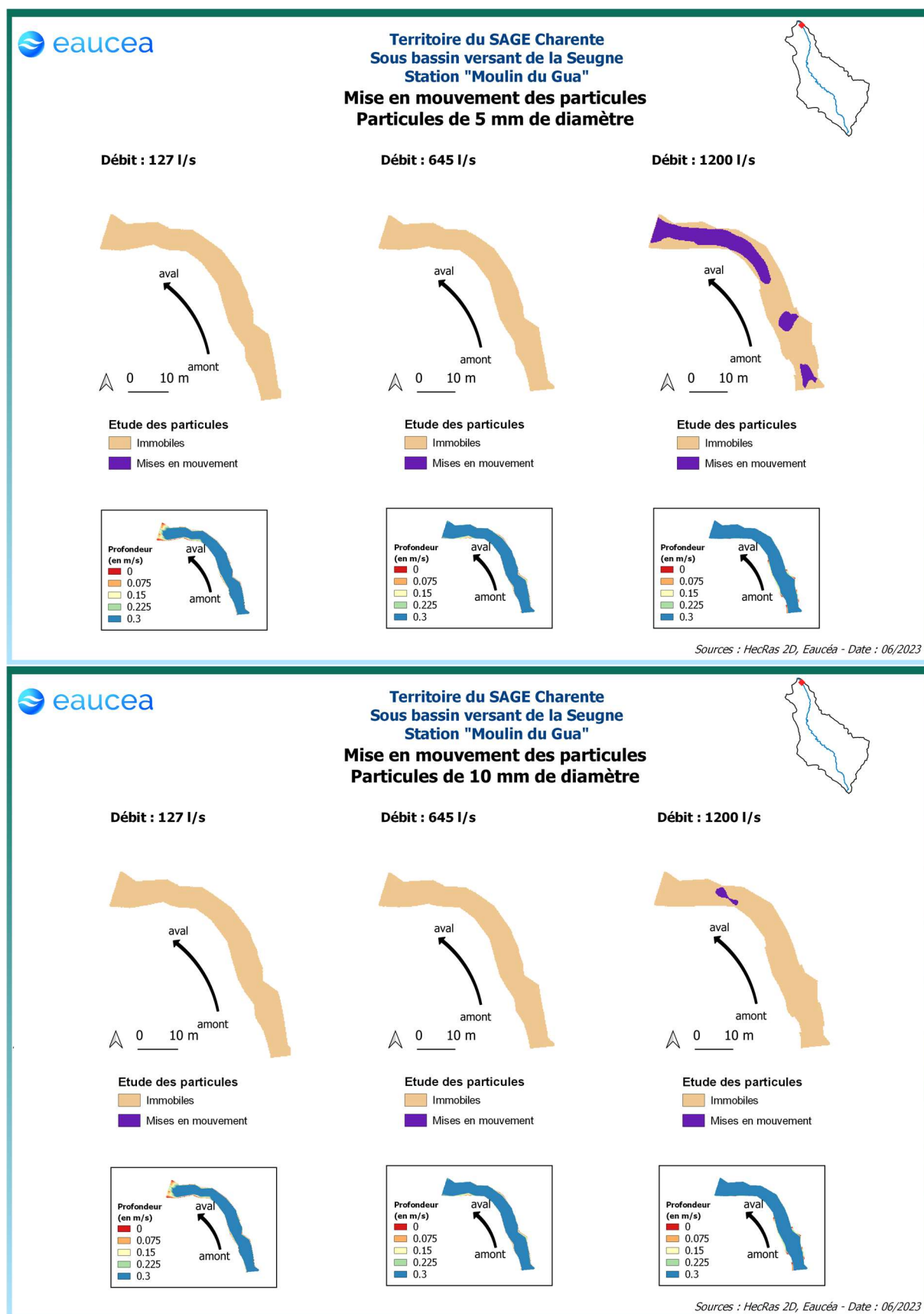


Figure 60 Mise en mouvement des particules grossières sur la station du Moulin du Gua

6.5 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 la Seugne est aisée pour les petites espèces à un débit de 25 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 50 l/s. Elle ne l'est plus à 25 l/s. **La valeur de 50 L/s est recommandée en toute saison.**

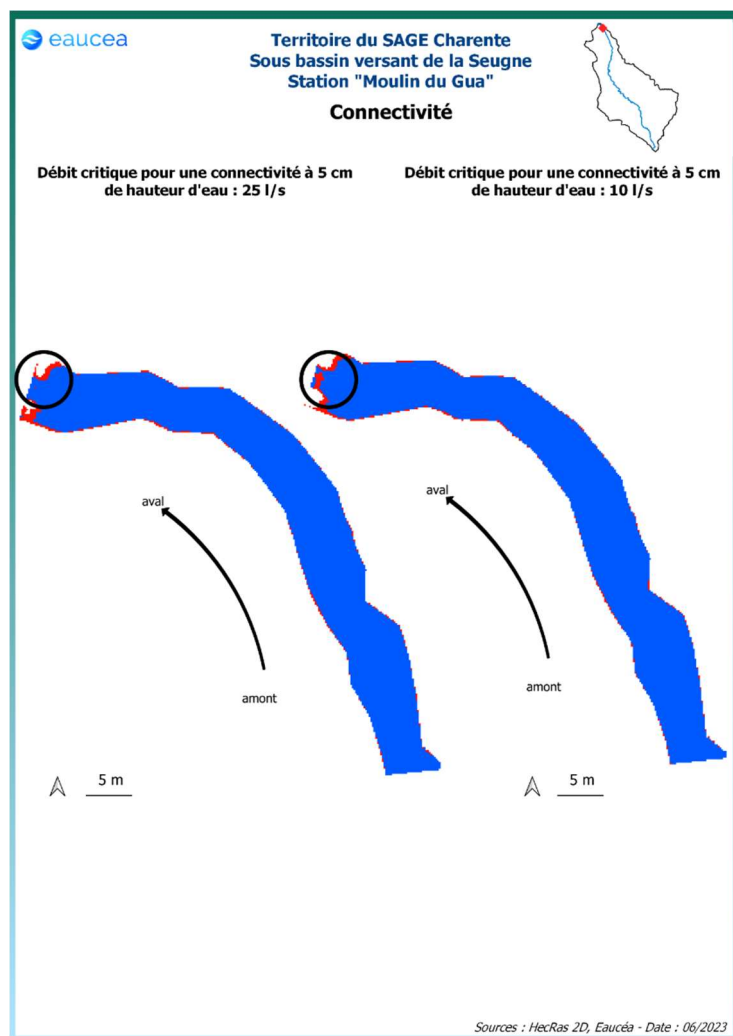


Figure 61: Connectivité de la station de Moulin du Gua pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

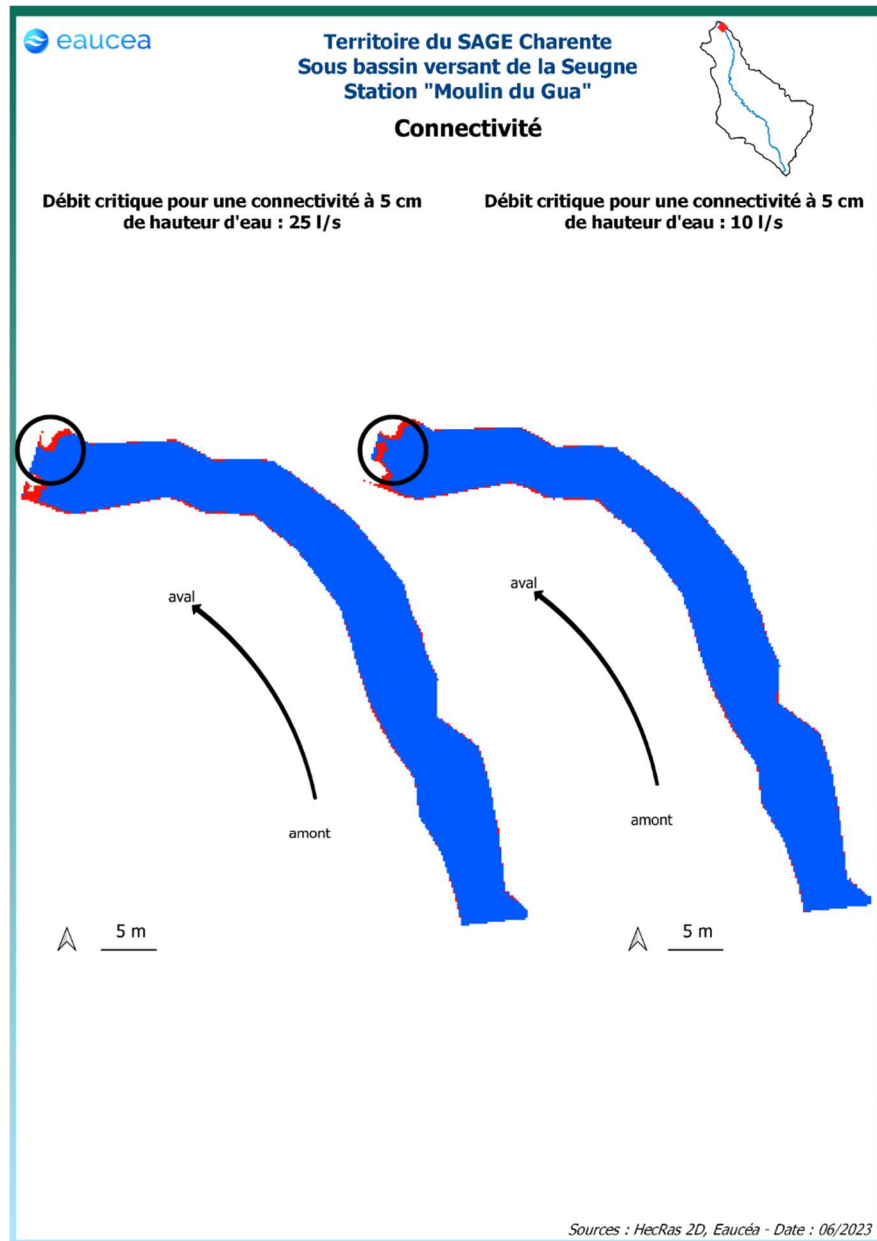


Figure 62: Connectivité de la station sur la Seugne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

6.6 Habitats piscicoles (tous débits)

6.6.1 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.

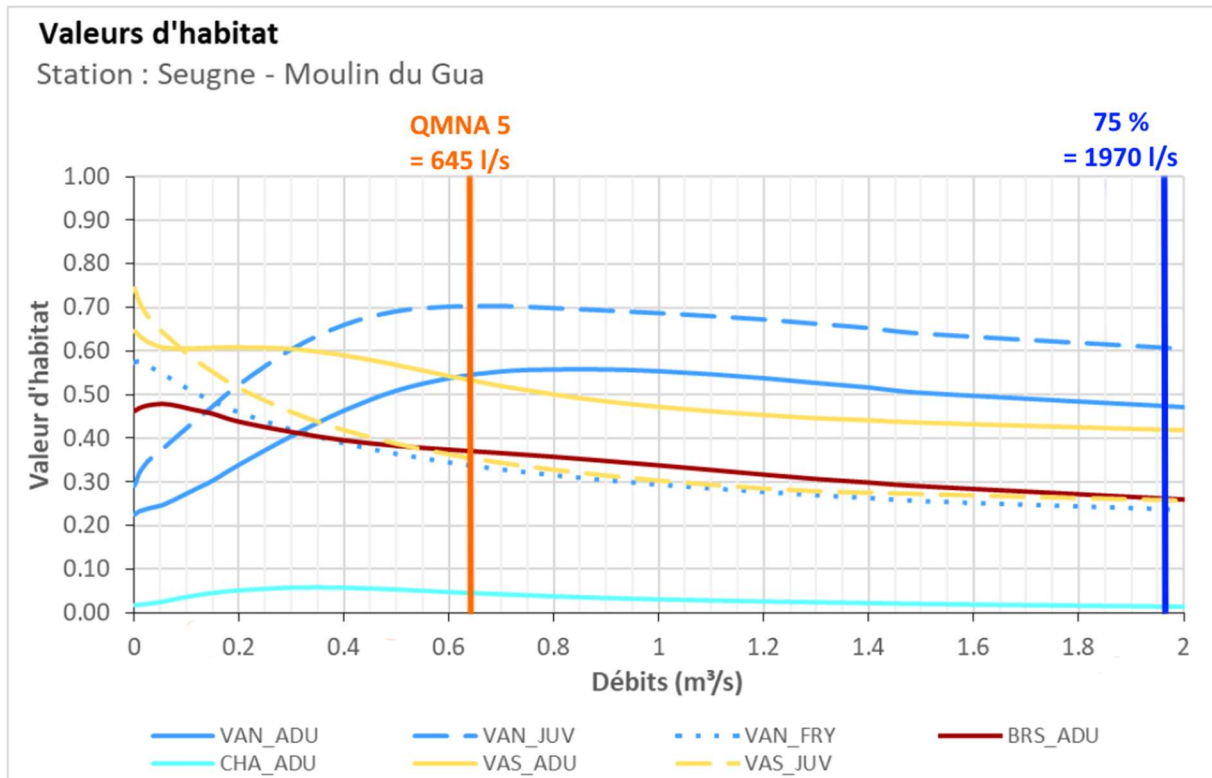


Figure 63: Valeurs d'habitat des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station du Moulin du Gua

A propos de la vandoise adulte, la valeur d'habitat est minimale à bas débit avec 0.25 et augmente à mesure que les débits s'élèvent avant d'atteindre un maximum de 0.7 (aux environs de 900 l/s) puis de redescendre légèrement jusqu'au débordement. Le juvénile présente les mêmes tendances avec une valeur minimale à bas débit, un maximum de 0.8 (aux environs de 800 l/s) puis une redescence jusqu'au débordement. L'alevin présente une valeur d'habitat de 0.6 environ à bas débit et cette valeur chute ensuite à mesure que le débit augmente pour atteindre 0.3.

La station est assez favorable pour le brochet à tous les débits. La valeur est de 0.45 à bas débit avant d'observer une descente douce jusqu'à la valeur d'habitat de 0.3 au débit de débordement.

La station semble favorable au vairon adulte, sa valeur d'habitat est d'environ 0.6 aux bas débits et chute avec le débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'environ 0.4. Pour le juvénile, la valeur est de 0.75 à bas débit et chute aux environs de 0.3.

La station est peu favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.06.

Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.16. 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'une part la granulométrie relevée pénalise beaucoup la valeur d'habitat comme observable sur le graphe ci-dessous.

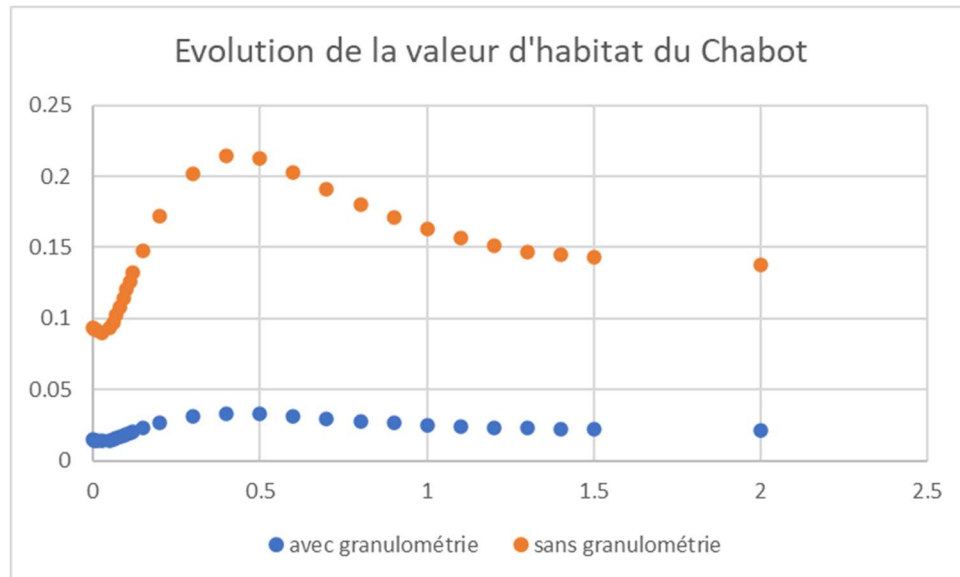


Figure 64 : Evolution de la valeur d'habitat du Chabot au Moulin du Gua

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 très peu le gain dû à l'augmentation des vitesses.

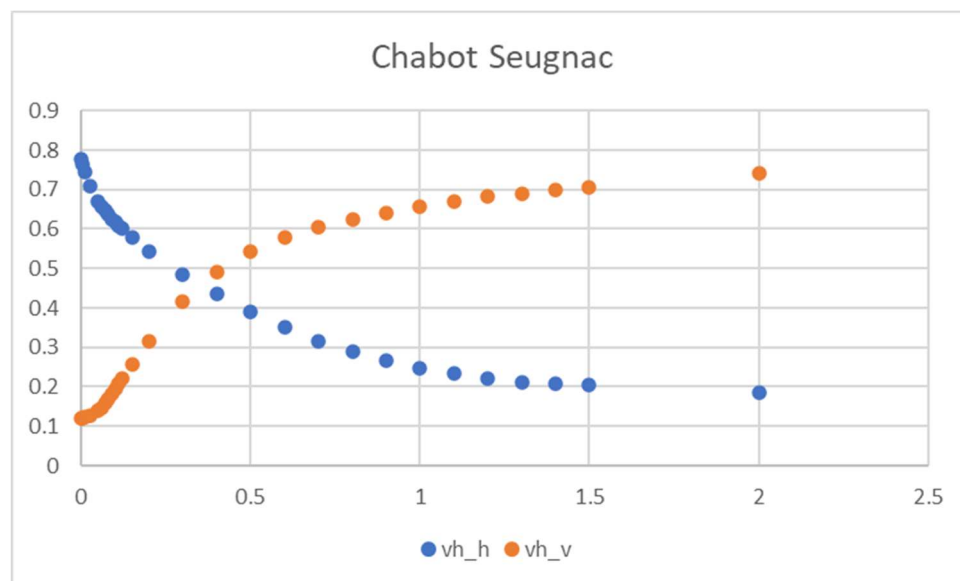


Figure 65 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

6.6.2 SPU en m^2 et en variations relatives

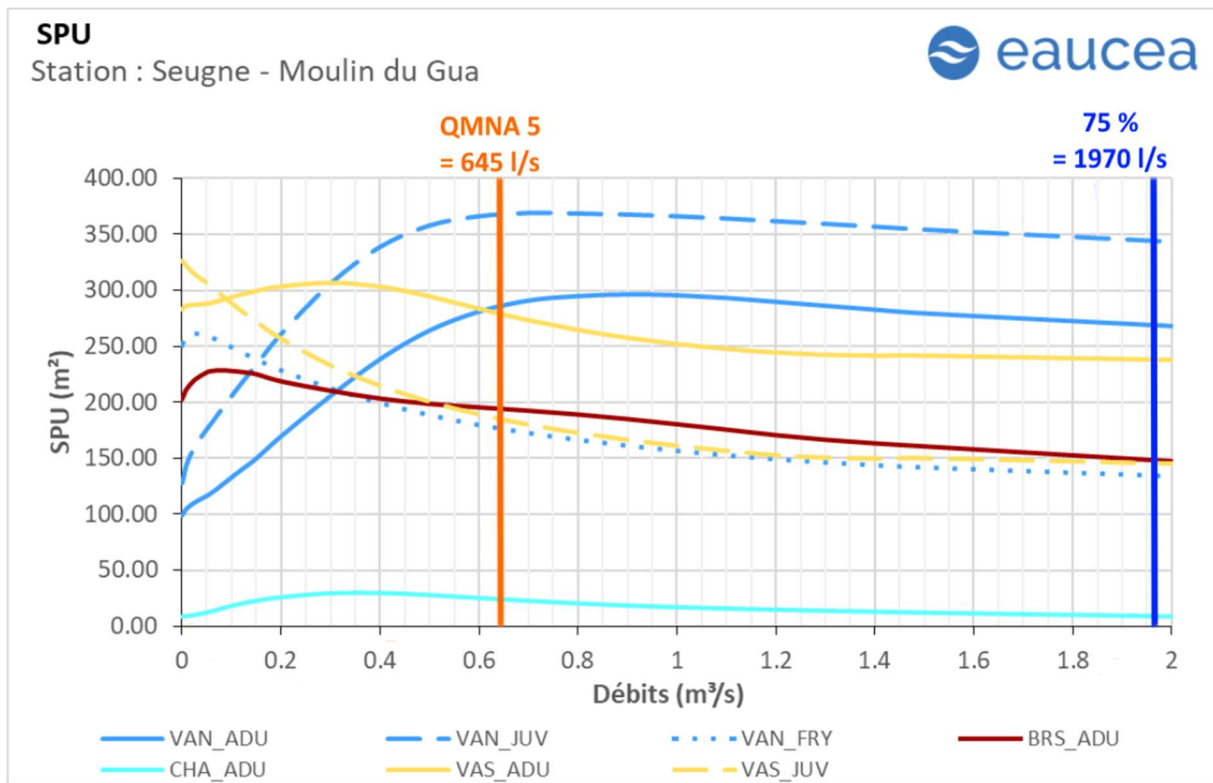


Figure 66: Surfaces pondérées utiles des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station du Moulin du Gua

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.

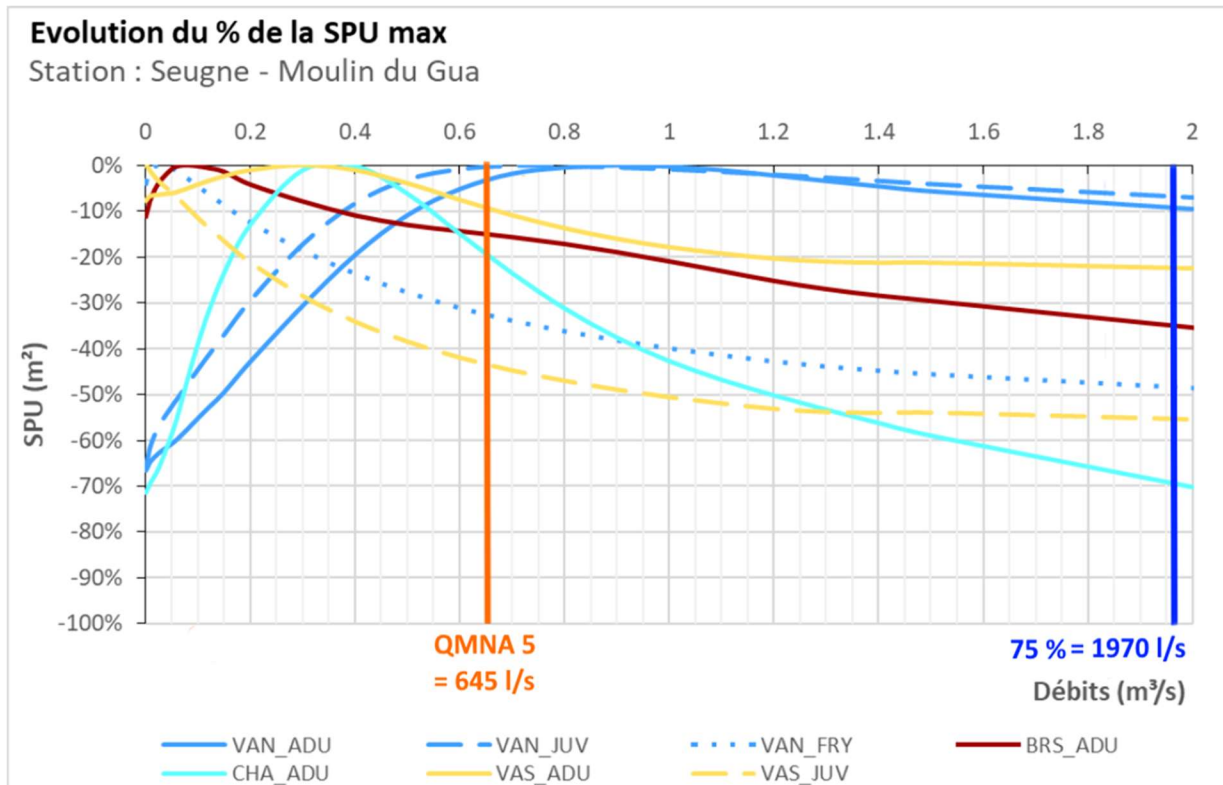


Figure 67: écart en % de la surface pondérée utile maximale des différents stades du brochet, du chabot, de la vandoise et du vairon de la station du Moulin du Gua

6.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 150 L/s et 650 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 la vandoise adulte, le maximum de surface d'habitat est atteint pour 900 L/s (débit dépassé 96 % du temps pour l'ensemble des bras de la Seugne cumulés) ce qui correspond aussi au passage de la courbe du brochet sous la barre des 80 %. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 900 L/s.**

En basse-eaux, le seuil de 80% pour la vandoise adulte est franchie à 400 L/s ce qui correspond aussi au maximum de surface pour le chabot. **Le débit de référence étiage peut être fixé à 400 L/s.**

6.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Moulin de Châtre (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 septembre, la vandoise et le chabot sont les espèces représentant le plus d'enjeu sur le secteur. Compte tenu des enjeux de partage de l'eau entre les différents biefs nous pouvons retenir la gamme des débits qui correspond pour le plancher à 80% de la SPU max pour la

vandoise juvénile soit environ 300L/s et pour le plafond à 80% de la SPU max de la vandoise adulte, soit 400L/s.

La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc entre 300 et 400 L/s.

Matrice		Moulin du Gua			Basses-eaux									
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade						Qref				
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.025	0.05	0.10	0.26	0.30	0.40	0.50	1.00	1.12	1.20
Principal		% des débits classés			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	94%	91%	89%
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-54%	-51%	-44%	-20%	-14%	238	11%	24%	23%	22%
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-53%	-48%	-39%	-15%	-10%	339	6%	8%	7%	7%
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	8%	11%	12%	5%	3%	204	-2%	-11%	-14%	-16%
Principal	Habitat	OHA_ADU	Chabot	Adulte	-66%	-59%	-39%	-6%	-1%	29	-6%	-43%	-47%	-50%
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-5%	-5%	-3%	1%	1%	303	-3%	-17%	-19%	-20%
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	46%	43%	34%	13%	8%	215	-7%	-25%	-27%	-29%
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	10%	14%
Principal	Surface mouillée	% du maximum			81%	83%	85%	89%	89%	90%	91%	94%	94%	95%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
		Petits poissons			oui	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 68 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre la reproduction des espèces présentes et la survie des jeunes stades. **Le débit de référence hiver est fixé à 900 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 520 L/s (débit dépassé 100 % du temps) mais se situant au-delà du QMNA 5 Irstea minimal.**

Concernant le débordement, nécessaire la reproduction du brochet, le débit de 1200 L/s est dépassé que 89 % du temps. La station du Moulin du Gua présente un beau potentiel de reproduction.

La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 520 L/s à 1200 L/s.

Matrice		Moulin du Gua			Hautes-eaux et transition						
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade				Qref			
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.40	0.52	0.65	0.90	1.00	1.12	1.20
Principal		% des débits classés			100%	100%	99%	96%	94%	91%	89%
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-20%	-10%	-4%	296	0%	-1%	-2%
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-8%	-2%	0%	368	0%	-1%	-2%
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	10%	7%	5%	185	-2%	-6%	-8%
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	60%	48%	29%	18	-8%	-16%	-20%
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	18%	14%	8%	258	-2%	-4%	-5%
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	29%	19%	11%	167	-3%	-6%	-8%
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0%	0%	0%	3%	6%	10%	14%
Principal	Surface mouillée	% du maximum			90%	91%	92%	94%	94%	94%	95%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
		Petits poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Synthèse indicateurs principaux											
Habitat	SPU										
Habitat	Habitats rapides										
Habitat	Surface mouillée										
Résultat											

Figure 69 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

7 Synthèse sur les débits biologiques étiage et hors étiage

7.1.1 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 (L/s/km²) au prorata de leur bassin versant.

		Hiver			Printemps			Eté			Automne		
		Janvi	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Nove	Déce
en L/s	Seugne	Hautes-eaux					Période de transition	Basses-eaux		Période de transition	Hautes-eaux		
Seugnac	DMB+	2000					1200		2000				
	DMB-	1250					600		1250				
Marraud	DMB+	3000					750		3000				
	DMB-	2680					650		2680				
Moulin du Gua	DMB+	1200					400		1200				
	DMB-	520					260		520				
en L/s/km2		Hautes-eaux					Période de transition	Basses-eaux		Période de transition	Hautes-eaux		
Seugnac	DMB+	2.6					1.5		2.6				
	DMB-	1.6					0.8		1.6				
Marraud	DMB+	3.1					0.8		3.1				
	DMB-	2.8					0.7		2.8				
Moulin du Gua	DMB+	1.2					0.4		1.2				
	DMB-	0.5					0.3		0.5				

7.1.2 Indicateurs associés

Hydrométrie

Pour la Seugne aval, le pilotage par les débits paraît suffisant à partir de la station « Le bras de Seugne à Pons et à Saint-Seurin-de-Palenne ». Le principe de passage de la station « débit biologique » à la station « hydrométrique » est la pondération par le rapport de bassin versant.

La traduction des seuils est arrêtée comme suit aux trois stations.

Secteur	Station	Novembre à Juillet		Août à Octobre		Seugne à Pons	
Seugne aval	Projection à Pons et Saint Seurin de Palenne sur la base de la station de débit biologique de	min	Max	min	max	QMNA 5 naturalisé (cf. tranche ferme)	Module (Hydroportail)
	Seugnac	1400L/s	2250 L/s	675 L/s	1 350 L/s	1290 L/s	6880 L/s
	Marraud	2470 L/s	2760 L/s	600 L/s	690 L/s		
	Moulin du Gua	475 L/s	1 100 L/s	240 L/s	365 L/s		
	Synthèse valeur arrondie sur la base des deux stations Seugne complète	2500 L/s	2800 L/s	675 L/s	1300 L/s		