

# Etude de la valeur des débits biologiques sur le bassin de l'Aume et de la Couture

**Territoire du SAGE Charente**

**ESTIMATION DES DEBITS  
BIOLOGIQUES**

**LOT 1**

**Tranche  
optionnelle 1.1**



## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>CHOIX DES DEBITS : FREQUENCE ET SAISONNALITE</b>	<b>13</b>
3.1	Méthode	13
3.2	Résultats	14
3.2.1	Couture	14
3.2.2	Aume	19
<b>4</b>	<b>ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA COUTURE AU GOUFFRE DES LOGES</b>	<b>25</b>
4.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	25
4.1.1	Description de la station	25
4.1.2	Modélisation hydraulique de la station	27
4.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	32
4.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	32
4.2.1	Surface mouillée	32
	Granulométrie de la station	34
4.2.2	Profondeur	35
4.2.3	Vitesse d'écoulement	36
4.3	Habitat benthique	37
4.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	39
4.4.1	Colmatage	39
4.4.2	Entretien des frayères	39
4.4.3	Synthèse	39
4.5	Connectivité longitudinale	42
4.6	Habitats piscicoles (tous débits)	45
4.6.1	Valeurs d'habitat	45
4.6.2	SPU en m <sup>2</sup> et en variations relatives	47
4.6.3	Interprétation	48
4.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station du Gouffre des Loges (matrice)	49
<b>5</b>	<b>ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME A CHANTEMERLE</b>	<b>52</b>
5.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	52
5.1.1	Description de la station	52
5.1.2	Modélisation hydraulique de la station	55
5.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	57
5.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	58
5.2.1	Surface mouillée	58
	Granulométrie de la station	59
5.2.2	Profondeur	60
5.2.3	Vitesse d'écoulement	61
5.3	Habitat benthique	62
5.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	64
5.4.1	Colmatage	64
5.4.2	Entretien des frayères	64
5.4.3	Synthèse	64
5.5	Connectivité longitudinale	68
5.6	Habitats piscicoles (tous débits)	71
5.6.1	Valeurs d'habitat	71
5.6.2	SPU en m <sup>2</sup> et en variations relatives	73
5.6.3	Interprétation	74
5.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Chantemerle (matrice)	75

<b>6</b>	<b>ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME – STATION « BIEF »</b>	<b>78</b>
6.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	78
6.1.1	Description de la station	78
6.1.2	Modélisation hydraulique de la station	80
6.1.3	Exploitation des résultats	83
6.2	Oxygénation de la station	83
6.2.1	Points de qualités réalisés	83
6.2.2	Analyse des profils verticaux de l'oxygène et relation avec le débit	84
<b>7</b>	<b>ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME AUX GOYAUDS</b>	<b>86</b>
7.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	86
7.1.1	Description de la station	86
7.1.2	Modélisation hydraulique de la station	88
7.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	91
7.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	92
7.2.1	Surface mouillée	92
7.2.2	Granulométrie de la station	93
7.2.3	Profondeur	94
7.2.4	Vitesse d'écoulement	96
7.3	Habitat benthique	98
7.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	100
7.4.1	Colmatage	100
7.4.2	Entretien des frayères	100
7.4.3	Synthèse	100
7.5	Connectivité longitudinale	106
7.6	Habitats piscicoles (tous débits)	108
7.6.1	Valeurs d'habitat	108
7.6.2	SPU en m <sup>2</sup> et en variations relatives	110
7.6.3	Interprétation	111
7.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station des Goyauds (matrice)	112
<b>8</b>	<b>ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME AUX MARAIS</b>	<b>115</b>
8.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	115
8.1.1	Description de la station	115
8.1.2	Modélisation hydraulique de la station	117
8.1.3	Exploitation des résultats et présentation cartographique	119
8.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	120
8.2.1	Surface mouillée	120
	Granulométrie de la station	121
8.2.2	Profondeur	122
8.2.3	Vitesse d'écoulement	123
8.3	Habitat benthique	124
8.4	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison des hautes-eaux)	126
8.4.1	Colmatage	126
8.4.2	Entretien des frayères	126
8.4.3	Synthèse	126
8.5	Connectivité longitudinale	132
8.6	Habitats piscicoles (tous débits)	134
8.6.1	Valeurs d'habitat	134
8.6.2	SPU en m <sup>2</sup> et en variations relatives	136
8.6.3	Interprétation	137
8.7	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Chantemerle (matrice)	138
<b>9</b>	<b>SYNTHESE SUR LES DEBITS BIOLOGIQUES ETIAGE ET HORS ETIAGE ET PIEZOMETRIE ASSOCIEE</b>	<b>141</b>
9.1.1	Débits biologiques des stations	141
9.1.2	Indicateurs associés	141





## Table des figures

Figure 1 : Positionnement de la station débit biologique "du Gouffre des Loges " sur la Couture .....	10
Figure 2 : Profil en long de la Couture.....	10
Figure 3 : Positionnement des stations "débit biologique" sur l'Aume .....	11
Figure 4 : Profil en long de l'Aume .....	11
Figure 8 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de la Couture .....	14
Figure 9: Courbe des débits journaliers classés de la Couture à Oradour. ....	15
Figure 13 : Débits mensuels statistiques et débits classés de la Couture à Gouffre des Loges (station débit biologique) .....	17
Figure 11: Saisons hydrologiques de la Couture au Gouffre des Loges. ....	18
Figure 8 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de l'Aume.....	19
Figure 9: Courbe des débits journaliers classés de l'Aume à Oradour (Moulin de Gouge).....	20
Figure 10 : Courbe des débits journaliers reconstitués et classés de l'Aume à l'aval de la confluence avec la Couture .....	20
Figure 14 : Débits mensuels statistiques et débits classés de l'Aume à Chantemerle (station débit biologique) ..	22
Figure 11: Saisons hydrologiques de l'Aume à Chantemerle .....	22
Figure 15 : Débits mensuels statistiques et débits classés de l'Aume en aval de la confluence avec la Couture (station reconstituée).....	23
Figure 16 : Position des transects de mesure de la station de la Couture .....	26
Figure 17 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	29
Figure 18 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	30
Figure 19 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré .....	31
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée au Gouffre des Loges .....	33
Figure 21 : Carte des substrats de la station du Gouffre des Loges .....	34
Figure 22: Evolution des profondeurs sur la station du Gouffre des Loges à différents débits .....	35
Figure 23: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station du Gouffre des Loges à différents débits .....	36
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station du Gouffre des Loges .....	37
Figure 25 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	38
Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station du Gouffre des Loges.....	40
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station du Gouffre des Loges .....	42
Figure 48: Connectivité de la station du Gouffre des Loges pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau .....	43
Figure 49: Connectivité de la station sur la Couture pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau .....	44
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges .....	45
Figure 26 : 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 .....	46
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges .....	47
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges.....	48
Figure 27 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges.....	49
Figure 55 : Matrice période de basses-eaux .....	50
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux .....	51
Figure 37 : Position des transects de mesure de la station DMB.....	53
Figure 38 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	55
Figure 39 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	56
Figure 40 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré .....	57
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée à Chantemerle.....	58
Figure 42 : Carte des substrats de la station de Chantemerle .....	59
Figure 43: Evolution des profondeurs sur la station de Chantemerle à différents débits .....	60
Figure 44: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Chantemerle à différents débits .....	61
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station de Chantemerle.....	62
Figure 46 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	63
Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Chantemerle .....	66
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Chantemerle .....	67

Figure 48: Connectivité de la station de Chantemerle pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau.....	69
Figure 49: Connectivité de la station sur l'Aume pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau .....	70
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle.....	71
Figure 26 : 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 .....	72
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle.....	73
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle.....	74
Figure 27 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle .....	75
Figure 55 : Matrice période de basses-eaux .....	76
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux .....	77
Figure 58 : Position des transects de mesure de la station d'Aume « bief » .....	79
Figure 59 : Discrétisation topographique de la station modélisée .....	81
Figure 60 : Profils réalisés aux Goyauds pour un débit de 163 l/s .....	83
Figure 61 : Profil en long à un débit proche de la situation le jour de la venue sur site.....	85
Figure 62 : Coefficient de cisaillement des différents transects en fonction du débit (en rouge : cisaillement nul, en jaune cisaillement entre 0.001 N/m <sup>2</sup> et 0.002 N/m <sup>2</sup> et vert cisaillement supérieur ou égal à 0.002 N/m <sup>2</sup> ).....	85
Figure 63 : Position des transects de mesure de la station DMB.....	87
Figure 64 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	89
Figure 65 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	90
Figure 66 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré .....	91
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée aux Goyauds.....	92
Figure 42 : Carte des substrats de la station des Goyauds.....	93
Figure 43: Evolution des profondeurs sur la station des Goyauds à différents débits .....	94
Figure 44: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station des Goyauds à différents débits.....	96
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station des Goyauds .....	98
Figure 46 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	99
Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station des Goyauds .....	103
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station des Gayauds.....	105
Figure 48: Connectivité de la station des Goyauds pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau .....	106
Figure 49: Connectivité de la station sur l'Aume pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau .....	107
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds.....	108
Figure 26 : 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 .....	109
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds .....	110
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds .....	111
Figure 27 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds .....	112
Figure 55 : Matrice période de basses-eaux .....	113
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux .....	114
Figure 63 : Position des transects de mesure de la station DMB.....	116
Figure 64 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée.....	118
Figure 65 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) .	118
Figure 66 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré .....	119
Figure 41 : Evolution de la surface mouillée aux Marais.....	120
Figure 42 : Carte des substrats de la station des Marais.....	121
Figure 43: Evolution des profondeurs sur la station des Marais à différents débits .....	122
Figure 44: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station des Marais à différents débits.....	123
Figure 45: Evolution des milieux courants sur la station des Marais .....	124
Figure 46 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	125

Figure 47 : Mise en mouvement des particules fines sur la station des Marais .....	129
Figure 21 Mise en mouvement des particules grossières sur la station des Marais.....	131
Figure 48: Connectivité de la station des Marais pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau .....	132
Figure 49: Connectivité de la station sur l'Aume pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau .....	133
Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais .....	134
Figure 98 : Evolution sans granulométrie (en orange) et avec granulométrie (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit .....	135
Figure 26 : 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 .....	135
Figure 51: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais .....	136
Figure 51: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais .....	137
Figure 27 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais .....	138
Figure 55 : Matrice période de basses-eaux .....	139
Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux .....	140

## 1 POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »

Le choix des stations a été arrêté en Copil. L'Aume et la Couture sont étudiées au niveau de une station pour la Couture et trois stations de débit biologique pour l'Aume :

- La station sur la Couture dite « du Gouffre des Loges » ;
- La station sur l'Aume amont dite « de Chantemerle » ;
- La station sur l'Aume chenalisée dite « des Goyauds » avec l'étude complémentaire dite « Oxymétrie » d'un bief de l'Aume proche de cette station ;
- La station sur la Vieille Aume dite « des Marais ».

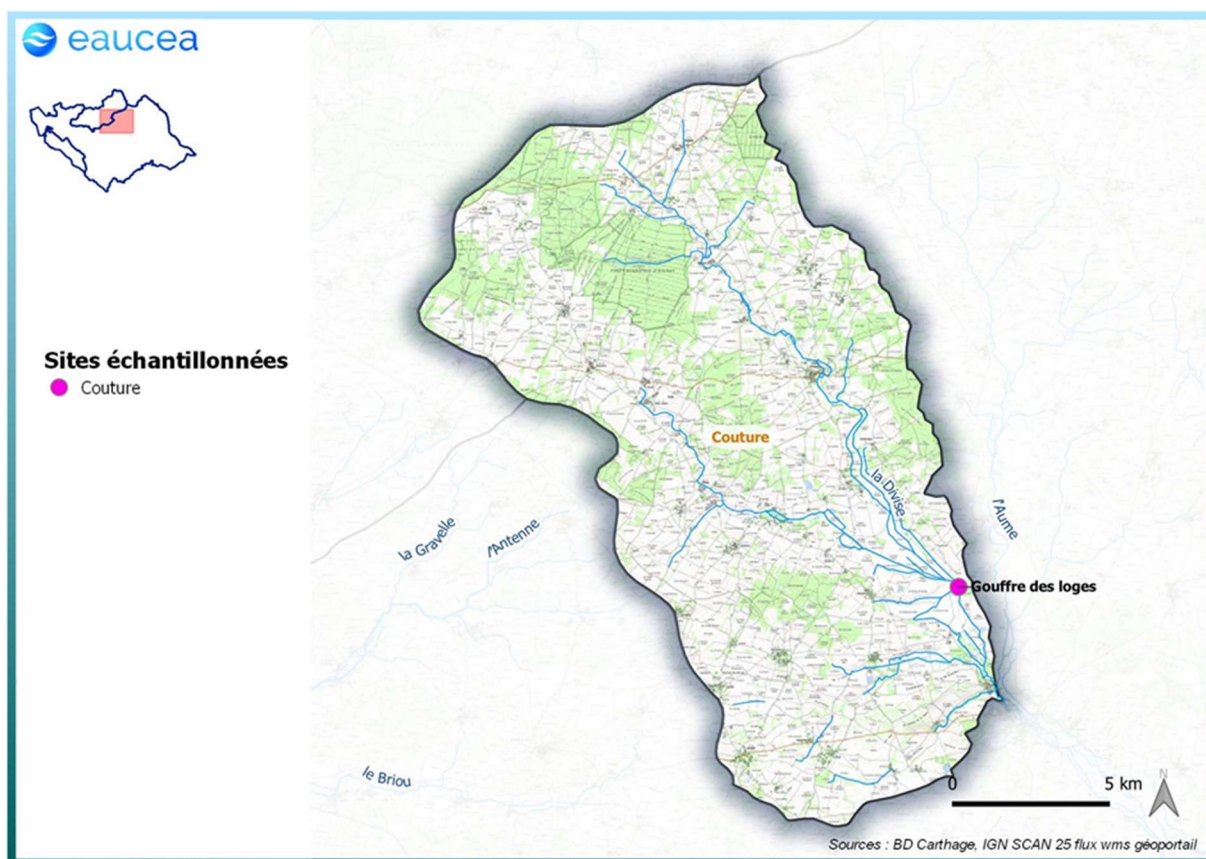


Figure 1 : Positionnement de la station débit biologique "du Gouffre des Loges " sur la Couture

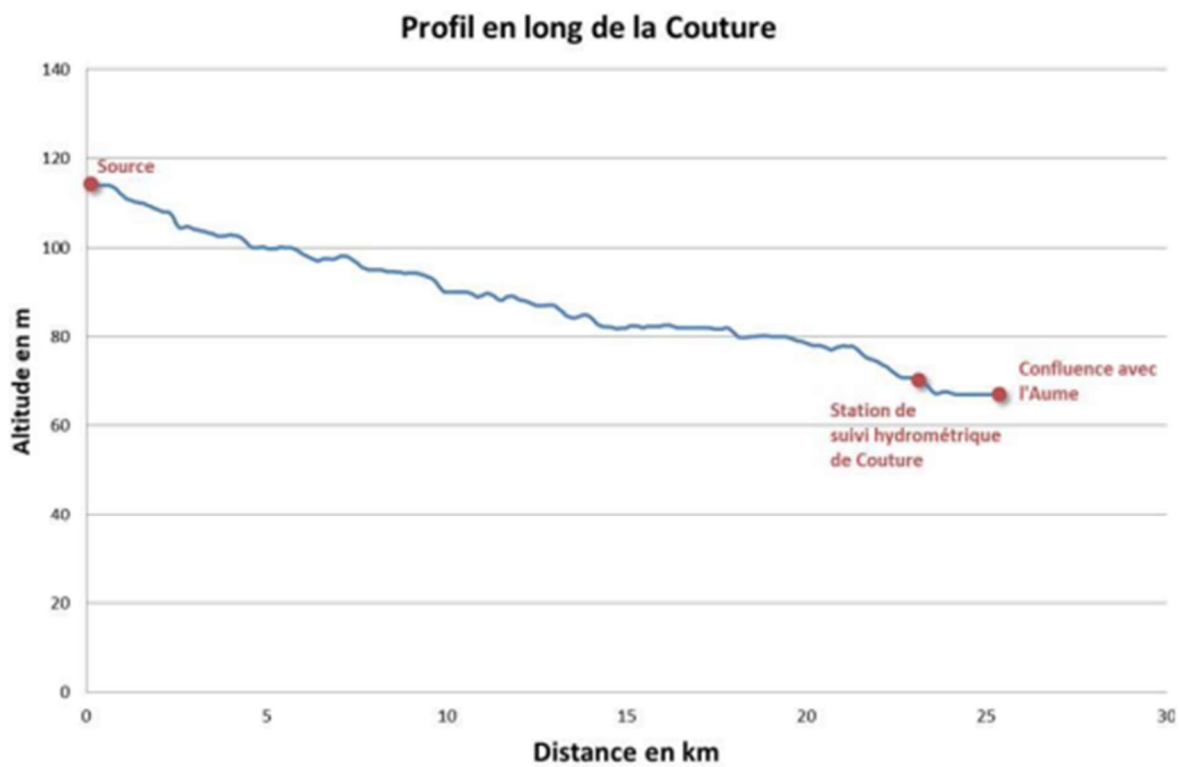
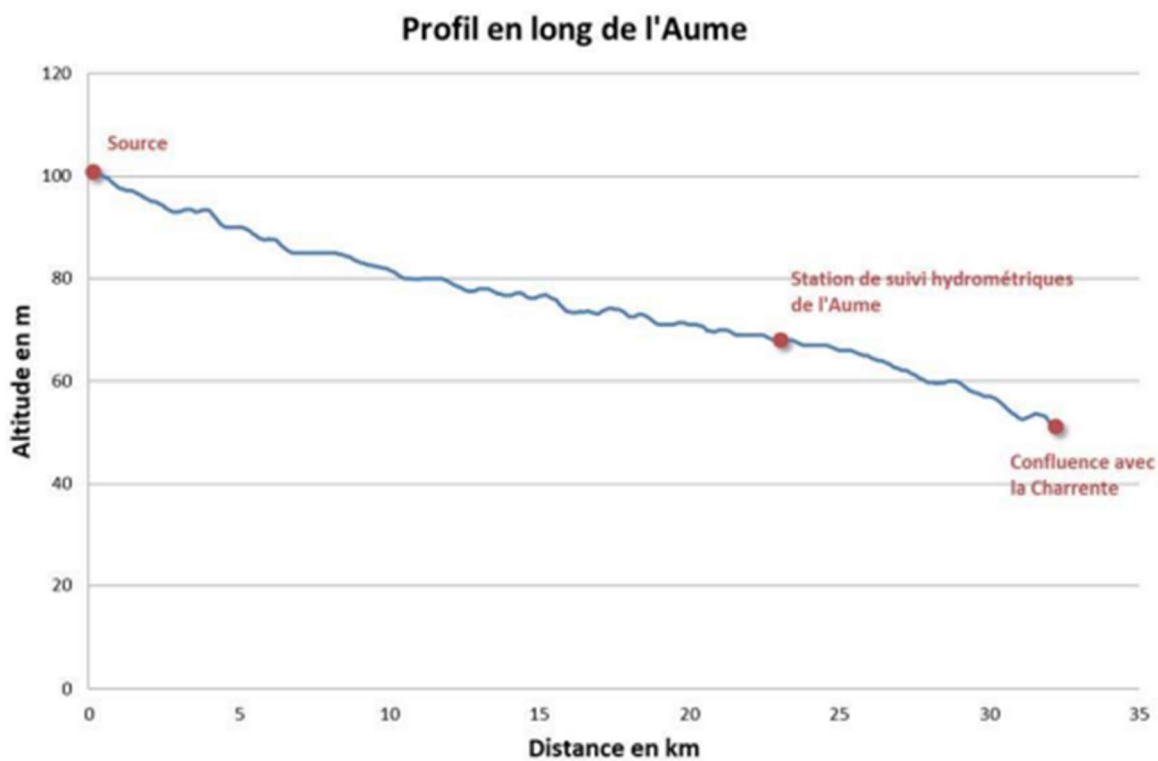
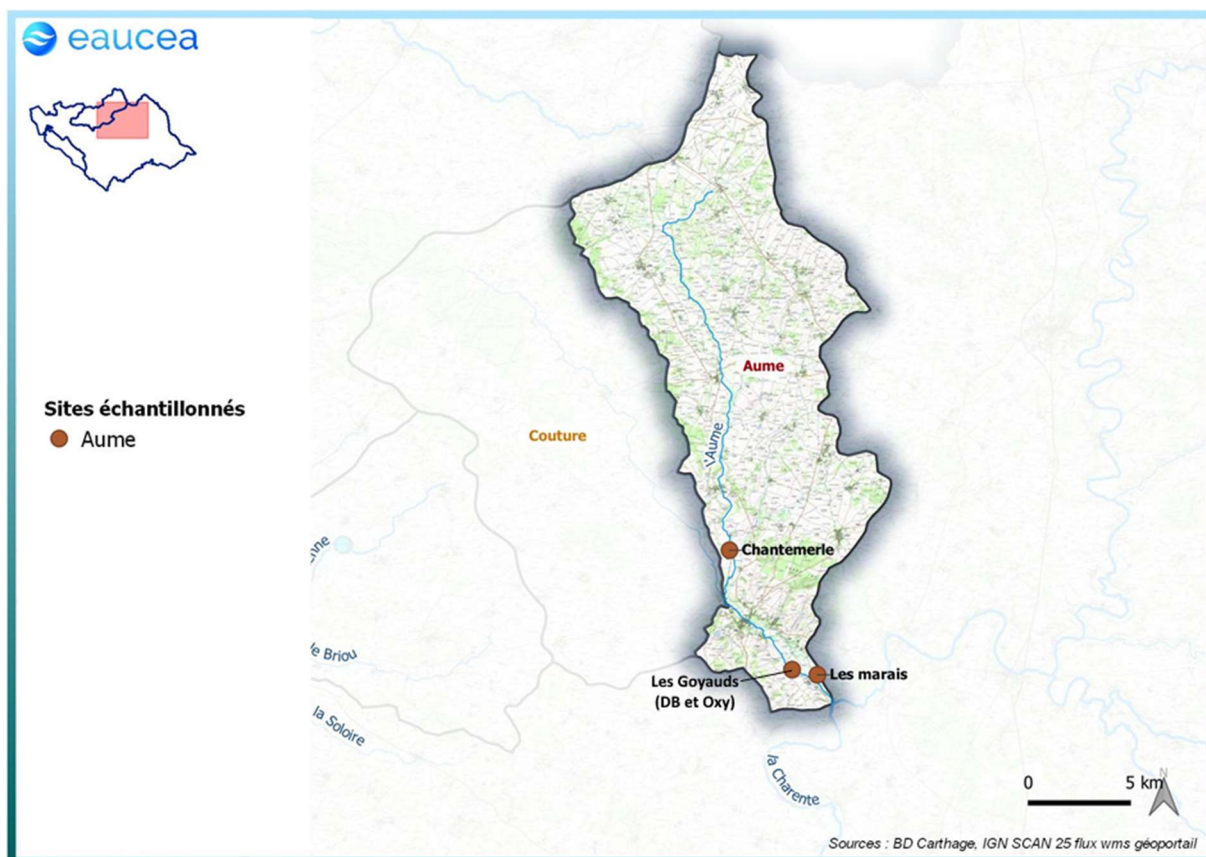


Figure 2 : Profil en long de la Couture





## 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 Couture sont calculés sur la base des observations réalisées à la station d'Oradour (R21110030 – La Couture à Oradour (Le Maine)).

Les débits caractéristiques des stations d'étude biologique sur l'Aume amont (station DB de Chantemerle) sont calculés sur la base des observations réalisées à la station d'Oradour (L'Aume à Oradour (Moulin de Gouge)).

Les débits caractéristiques des stations d'étude biologique sur l'Aume aval (station DB des Goyauds et des Marais) sont calculés sur la base des observations réalisées sur les deux stations susmentionnées.

## 3.2 Résultats

### 3.2.1 Couture

#### Couture : hydrologie aux stations de débit biologiques

		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
La Couture à Oradour (Le Maine)	Débits (m <sup>3</sup> /s)	1.79	4.27	2.66	1.36	1.16	0.77	0.40	0.23	0.16	0.22	1.26	2.27	1.50
190 km <sup>2</sup>	l/s/km <sup>2</sup>	9.4	22.5	14.0	7.1	6.1	4.1	2.1	1.2	0.8	1.2	6.6	11.9	7.9
Couture (station DB)	Reconstitué	1.72	4.09	2.55	1.30	1.11	0.74	0.38	0.22	0.15	0.21	1.21	2.17	1.44
182 km <sup>2</sup>	l/s/km <sup>2</sup>	9.4	22.5	14.0	7.1	6.1	4.1	2.1	1.2	0.8	1.2	6.6	11.9	7.9

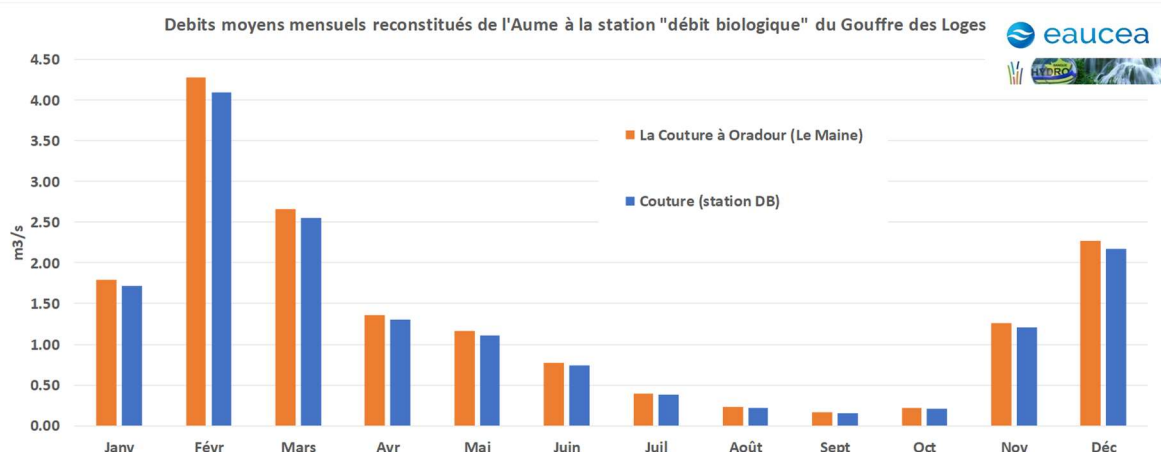


Figure 5 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de la Couture

La reconstitution des débits classés a été effectuée sur la base des enregistrements réalisés à Oradour. 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% (basse eau), 50% (médiane), 25% (hautes eaux et valeur proche du module) ont été estimées.

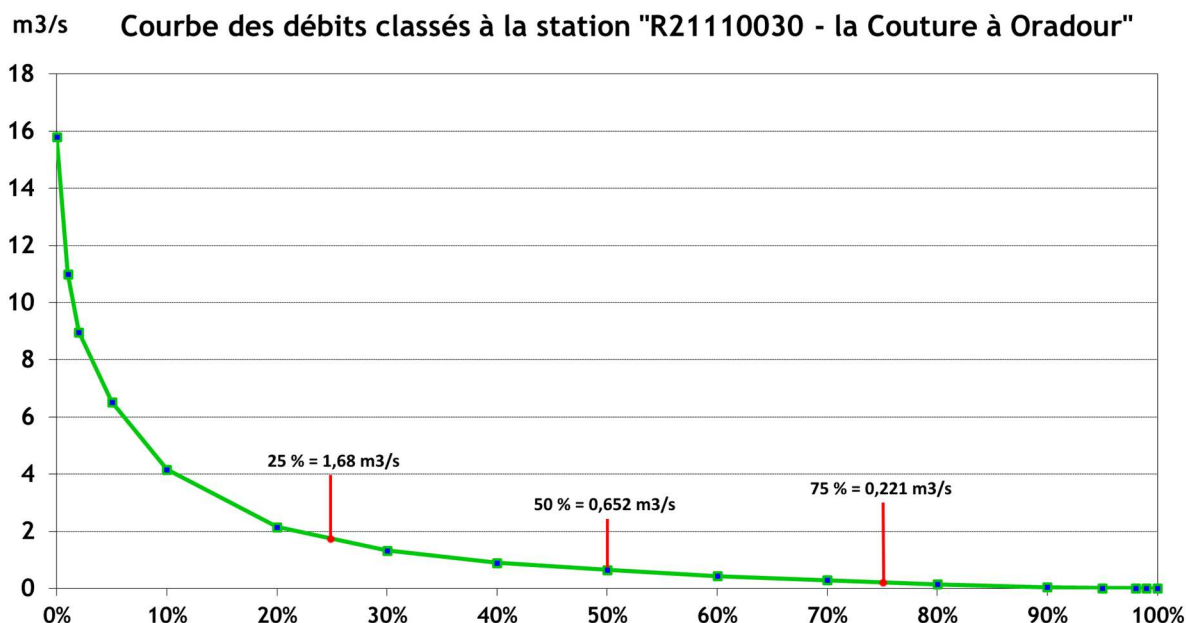


Figure 6: Courbe des débits journaliers classés de la Couture à Oradour.

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.

	Couture	
	Oradour (station hydro) (en m <sup>3</sup> /s)	Gouffre des Loges (station DB) (en m <sup>3</sup> /s)
Occurrence 75% (seuil de basses eaux et de transition)	0,22	0,21
Occurrence 50% (seuils des eaux moyennes et de transition)	0,65	0,62
Occurrence 25% (seuils des débits de hautes débits eaux)	1,68	1,61

Calendriers hydrologiques et hydrobiologiques de la Couture

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 d'Oradour. 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.

**Au Gouffre des Loges, sur la Couture,** la saison de basses-eaux correspond à celle où les débits se situe en dessous de la valeur de débit classé 75 % (dépassée 75% du temps) soit 212 l/s. En hydrologie médiane, cette période s'étend d'août à octobre compris. Les saisons de transition (entre 75% et 50%) sont très réduites avec une augmentation rapide des débits en novembre, période de transition automnale. La saison d'eaux moyennes et de hautes eaux (débit dépassé 50% du temps) s'observe de décembre à juin compris. Enfin, la saison de transition printanière est réduite au mois de juillet, bien que le mois de juin se partage entre transition et hautes eaux.

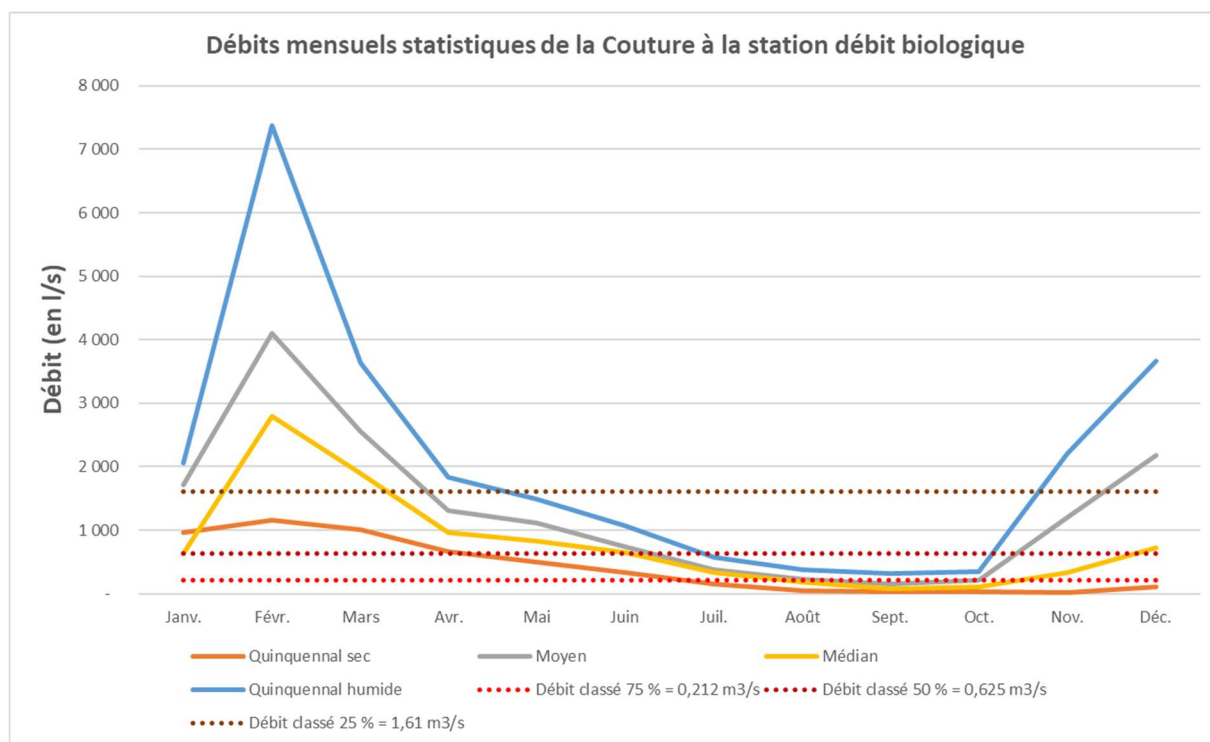


Figure 7 : Débits mensuels statistiques et débits classés de la Couture à Gouffre des Loges (station débit biologique)

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

Couture au Gouffre des Loges	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	0.263	0.963	1.717	0.625	2.059	3.985
Févr.	0.733	1.161	4.093	2.797	7.382	9.343
Mars	0.831	1.002	2.548	1.892	3.632	5.257
Avr.	0.564	0.657	1.301	0.957	1.833	2.378
Mai	0.399	0.499	1.110	0.823	1.492	1.991
Juin	0.209	0.328	0.742	0.647	1.063	1.342
Juil.	0.077	0.151	0.380	0.337	0.567	0.737
Août	0.027	0.046	0.221	0.183	0.369	0.459
Sept.	0.019	0.034	0.154	0.081	0.309	0.385
Oct.	0.014	0.029	0.211	0.106	0.341	0.416
Nov.	0.011	0.023	1.205	0.334	2.201	4.450
Déc.	0.016	0.106	2.172	0.726	3.673	7.059

  Basses-eaux
   Transition
   Hautes-eaux

Figure 8: Saisons hydrologiques de la Couture au Gouffre des Loges.

Le calendrier des différentes périodes d'analyse hydrologiques est donc :

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

#### Calendriers hydrobiologiques de la Couture

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

Espèce	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
Chabot ( <i>Cottus gobio</i> )	Reproduction			Emergence		Maturation						
Truite fario ( <i>Salmo trutta fario</i> )	Reproduction	Incubation	Eclosion	Maturation								Reproduction
Vairon ( <i>Phoxinus phoxinus</i> )					Reproduction							

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 période de reproduction et d'émergence du chabot ;
- La majorité des étapes du cycle de la truite fario ;
- Le début de la reproduction du vairon.

La période de transition printanière correspond à :

- la maturation du chabot ;
- la fin de la période de reproduction du vairon.

### 3.2.2 Aume

#### Aume : hydrologie aux stations de débit biologique

		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
L'Aume à Oradour (Moulin de Gouge)	Débits (m³/s)	4.32	4.19	2.99	1.66	1.22	0.63	0.27	0.16	0.17	0.40	1.94	3.36	1.78
195 km²	l/s/km²	22.2	21.5	15.3	8.5	6.2	3.2	1.4	0.8	0.9	2.0	9.9	17.3	9.2
Chantemerle (station DB)	Reconstitués	3.33	3.22	2.30	1.28	0.94	0.48	0.20	0.12	0.13	0.30	1.49	2.59	1.37
150 km²	l/s/km²	22.2	21.5	15.3	8.5	6.2	3.2	1.4	0.8	0.9	2.0	9.9	17.3	9.2
L'Aume Aval (L'Aume à Oradour + La Couture à Oradour)	Reconstitués	4.34	9.44	5.54	2.84	2.35	1.56	0.67	0.41	0.36	0.67	3.35	5.74	3.40
440 km²	l/s/km²	9.9	21.4	12.6	6.4	5.3	3.5	1.5	0.9	0.8	1.5	7.6	13.0	7.7
Les Goyauds (station DB)	Reconstitués	4.44	9.65	5.66	2.90	2.41	1.59	0.68	0.42	0.37	0.69	3.42	5.87	3.47
450 km²	l/s/km²	9.9	21.4	12.6	6.4	5.3	3.5	1.5	0.9	0.8	1.5	7.6	13.0	7.7
Les Marais (station DB)	Reconstitués	4.54	9.87	5.79	2.97	2.46	1.63	0.70	0.42	0.38	0.70	3.50	6.00	3.55
460 km²	l/s/km²	9.9	21.4	12.6	6.4	5.3	3.5	1.5	0.9	0.8	1.5	7.6	13.0	7.7

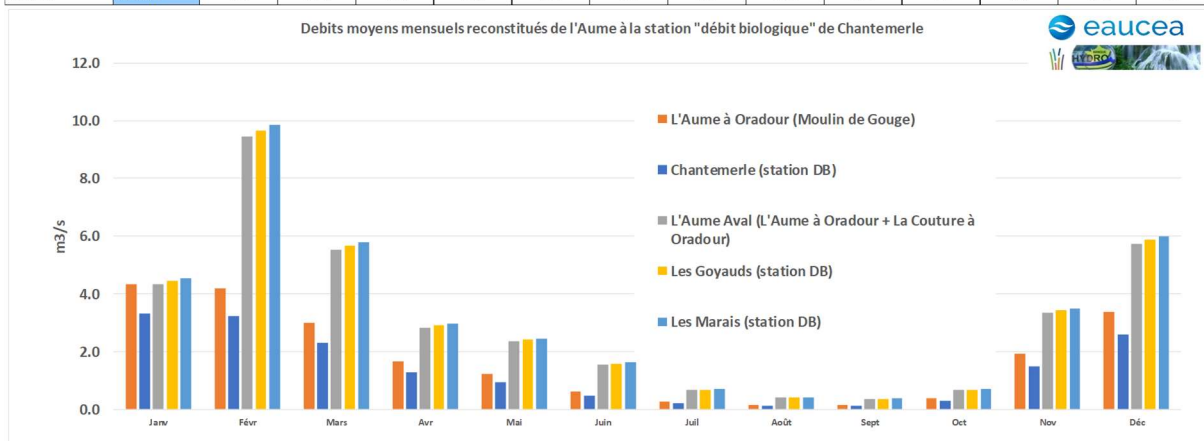


Figure 9 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de l'Aume

Pour la station de Chantemerle, située en amont de la confluence avec la Couture, la reconstitution des débits classés a été effectuée sur la base des enregistrements réalisés au Moulin de Gouge uniquement.

Pour les stations situées en aval de cette confluence, les débits sont reconstitués par addition des enregistrements de l'Aume au Moulin de Gouge et des enregistrements de la Couture à Oradour. 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.

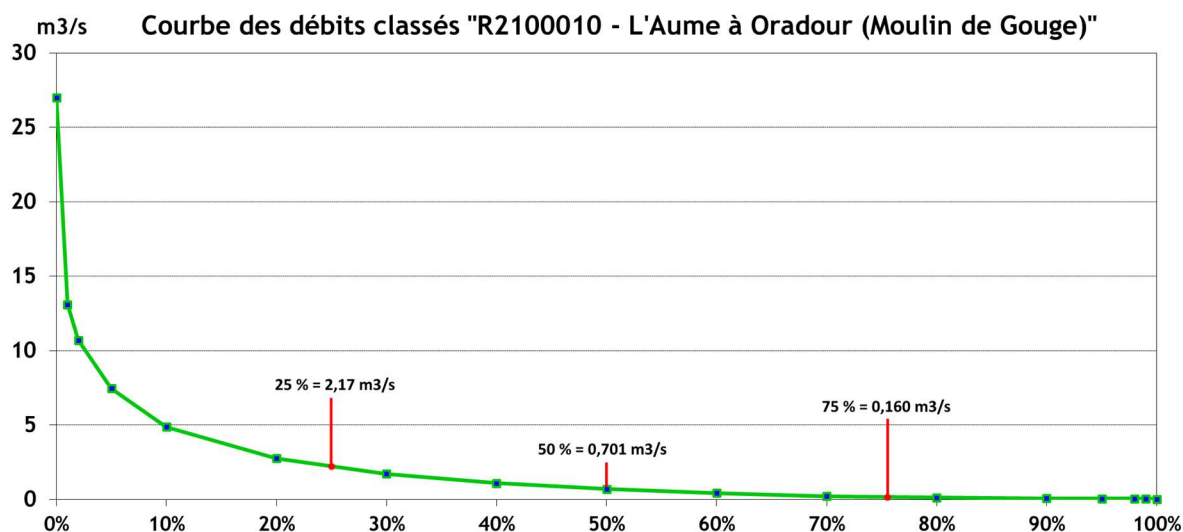


Figure 10: Courbe des débits journaliers classés de l'Aume à Oradour (Moulin de Gouge)

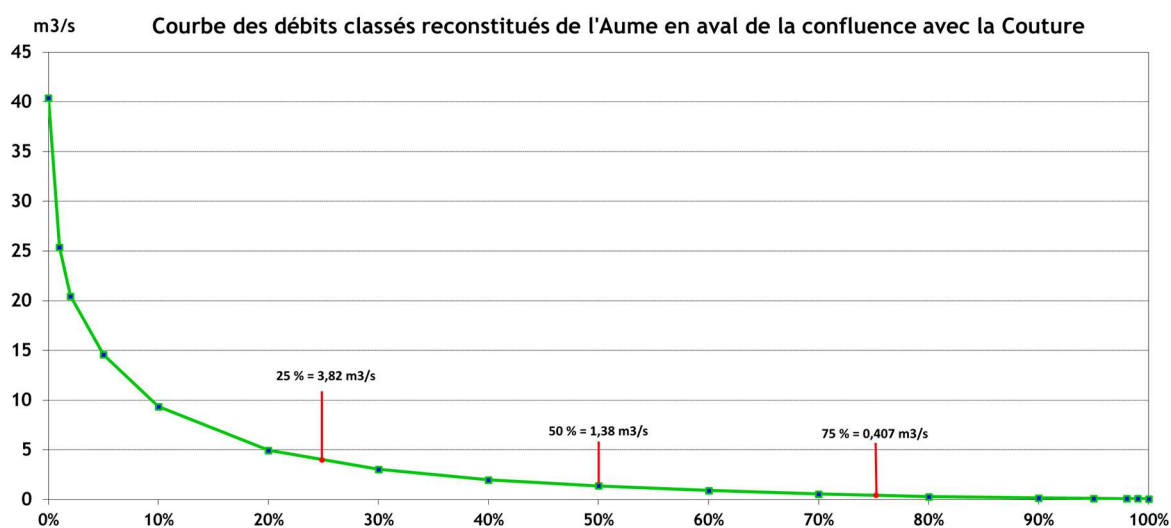


Figure 11 : Courbe des débits journaliers reconstitués et classés de l'Aume à l'aval de la confluence avec la Couture

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.

	Amont		Aval		
	Oradour (station hydro) (en m <sup>3</sup> /s)	Chantemerle (station DB) (en m <sup>3</sup> /s)	Confluence Aume/Couture (reconstitué) (en m <sup>3</sup> /s)	Les Goyauds (station DB) (en m <sup>3</sup> /s)	Les Marais (station DB) (en m <sup>3</sup> /s)
Occurrence 75% (seuil de basses eaux et de transition)	0,160	0,123	0,407	0,416	0,426
Occurrence 50% (seuils des eaux moyennes et de transition)	0,701	0,539	1,38	1,41	1,44
Occurrence 25% (seuils des débits de hautes débits eaux)	2,17	1,67	3,82	3,91	3,99

#### Calendriers hydrologiques et hydrobiologiques de l'Aume

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 d'Oradour ou de la confluence. 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 Chantemerle, Aume amont**, 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 123 l/s. En hydrologie médiane, cette période s'étend de juillet à octobre compris. Les saisons de transition (entre 75% et 50%) sont très réduites avec une augmentation rapide des débits en novembre, période de transition automnale. La saison de transition printanière est réduite au mois de juin. La saison d'eaux moyennes et de hautes eaux (débit dépassé 50% du temps) s'observe de décembre à mai compris.

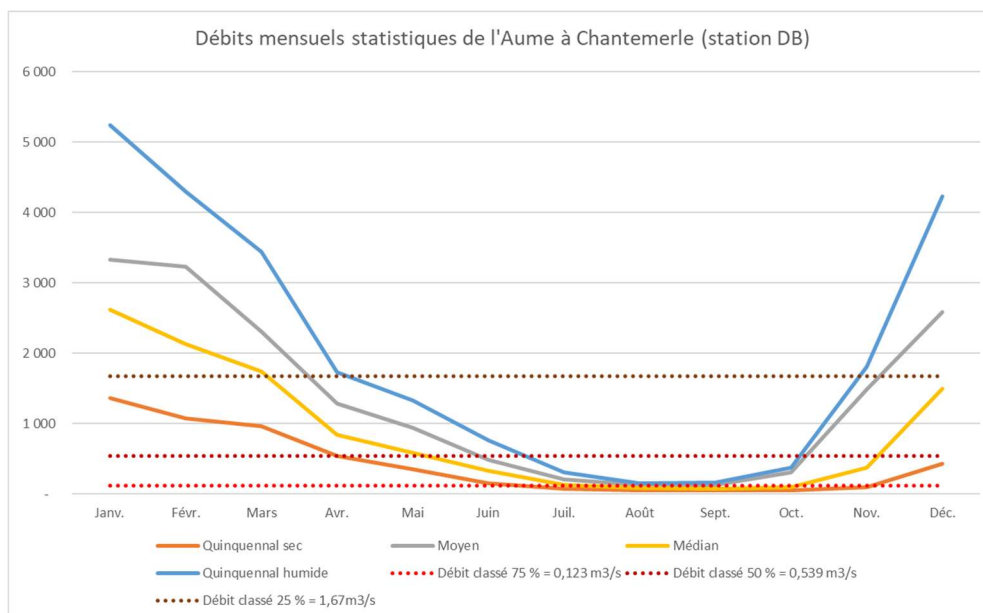


Figure 12 : Débits mensuels statistiques et débits classés de l'Aume à Chantemerle (station débit biologique)

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

Aume à Chantemerle	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	0.822	1.357	3.327	2.615	5.240	8.788
Févr.	0.908	1.077	3.223	2.123	4.300	9.440
Mars	0.732	0.962	2.302	1.738	3.445	6.169
Avr.	0.440	0.540	1.279	0.838	1.734	3.390
Mai	0.237	0.356	0.935	0.585	1.331	2.604
Juin	0.107	0.148	0.485	0.335	0.765	1.288
Juil.	0.060	0.075	0.204	0.128	0.312	0.540
Août	0.044	0.051	0.124	0.079	0.148	0.295
Sept.	0.042	0.048	0.131	0.075	0.159	0.308
Oct.	0.044	0.050	0.304	0.091	0.376	0.809
Nov.	0.063	0.099	1.489	0.376	1.803	6.956
Déc.	0.172	0.429	2.588	1.496	4.231	8.679

  Basses-eaux      Transition      Hautes-eaux

Figure 13: Saisons hydrologiques de l'Aume à Chantemerle

**Sur l'Aume aval** le régime hydrologique des trois stations aval se déduit de l'hydrologie reconstituée Aume + Couture. Le découpage mensuel entre l'étiage, les eaux de transition de les eaux moyennes à hautes est le même que pour l'Aume amont.

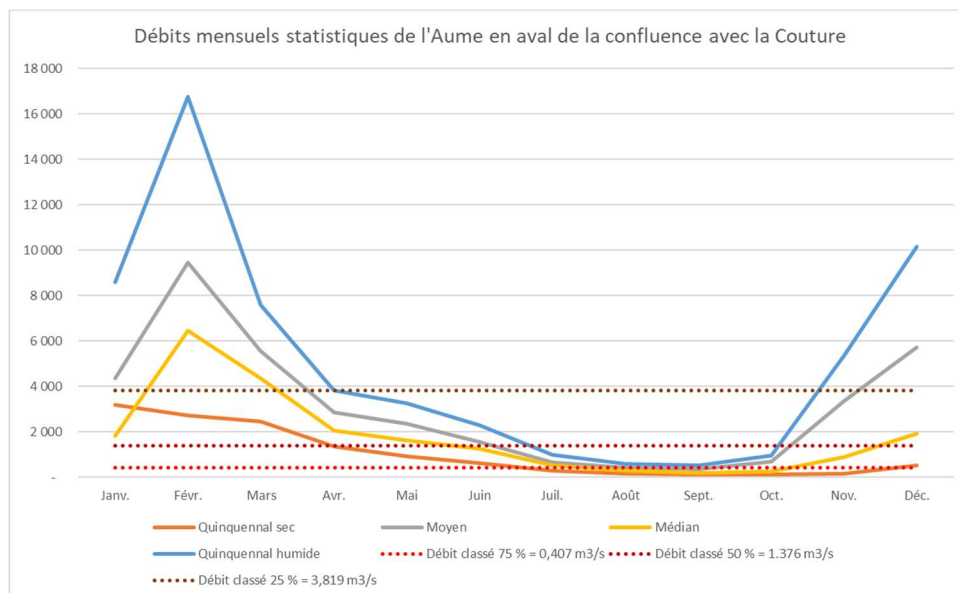


Figure 14 : Débits mensuels statistiques et débits classés de l'Aume en aval de la confluence avec la Couture (station reconstituée)

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
Aume	Hautes-eaux					Période de transition	Basses-eaux			Période de transition	Hautes-eaux	

#### Calendriers hydrobiologiques de l'Aume

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

Espèce	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novembr	Décembr
Chabot ( <i>Cottus gobio</i> )			Reproduction			Emergence	Maturation					
Truite fario ( <i>Salmo trutta fario</i> )	Incubation	Ecllosion	Maturation								Reproduction	
Vairon ( <i>Phoxinus phoxinus</i> )				Reproduction								
Goujon ( <i>Gobio gobio</i> )				Reproduction								

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 période de reproduction et d'émergence du chabot ;
- La majorité des étapes du cycle de la truite fario ;
- Le début de la reproduction du vairon.

La période de transition printanière correspond à :

- la maturation du chabot ;
- la fin de la période de reproduction du vairon.

## 4 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA COUTURE AU GOUFFRE DES LOGES

### 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 la Couture est située environ 4 km en amont de la confluence avec la Charente (en rive droite) au village d'Aigre.

Elle s'étend sur environ 60 m de long dans un secteur assez rectiligne, bien que présentant une légère courbure à droite au droit du linéaire choisi.

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

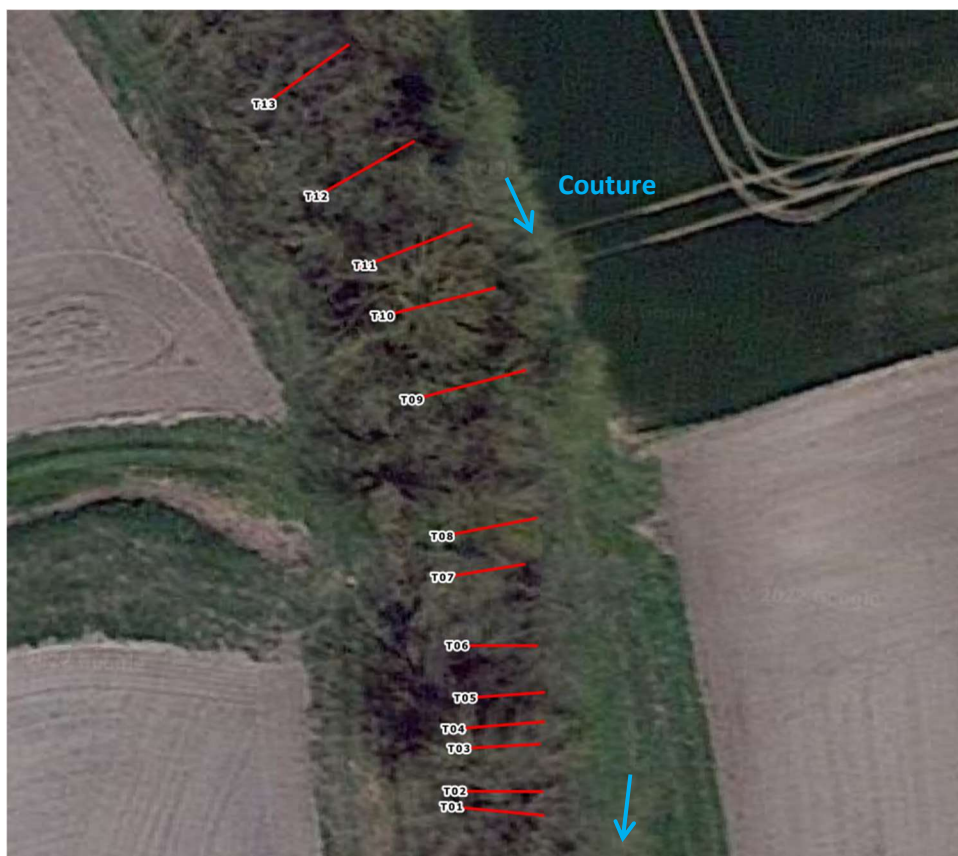


Figure 15 : Position des transects de mesure de la station de la Couture

#### Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 16/07/2021. La venue sur site a permis la prise des mesures suivantes le long de la station :

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

Le débit le jour des mesures a été mesuré en 3 transects distincts, aboutissant à une valeur moyenne de 193 l/s.

#### 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 globalement lent. La pente générale est faible.

L'amont de la station présente un profil profond s'échelonnant de la mouille au plat courant en T11 où le fond est moins profond. S'ensuit une zone progressivement plus profonde aboutissant à une petite

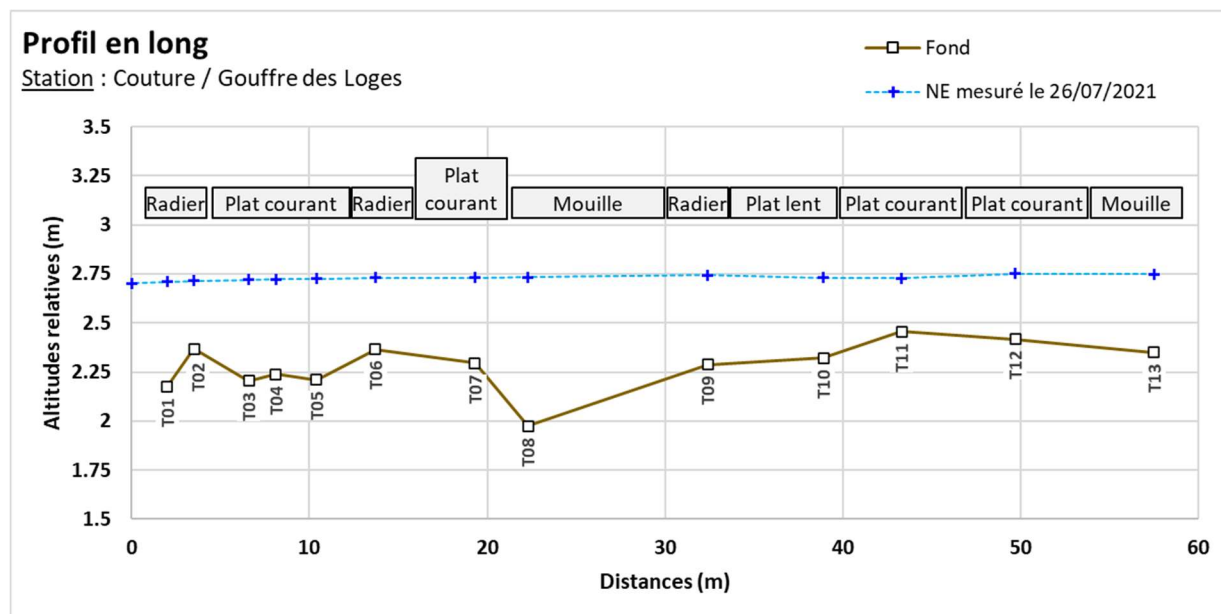
mouille au droit du transect 08. La profondeur diminue alors plus brusquement jusqu'au transect 6 ou un effet de radier est constaté. La partie terminale montre un léger linéaire profond sans toutefois être une mouille, puis un radier terminal plus marqué que les précédent, se caractérisant par une pente de fond importante.

Les zones profondes se situent alternativement en rive gauche et droite. En plusieurs transects, la rive gauche montre un profil moins pentu qu'à droite.

- **Typologie des berges**

Les berges sont globalement peu hautes. Elles ne s'élèvent pas à plus de 50 cm au-dessus de la limite de niveau d'eau d'étiage. Elles sont largement enherbées ou embroussaillées en haut. Le pied de berge est souvent constitué de pierres fines à grossières, ou de racines au niveau d'arbres riverains. La connectivité est bonne sur l'ensemble du linéaire de la station.

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.



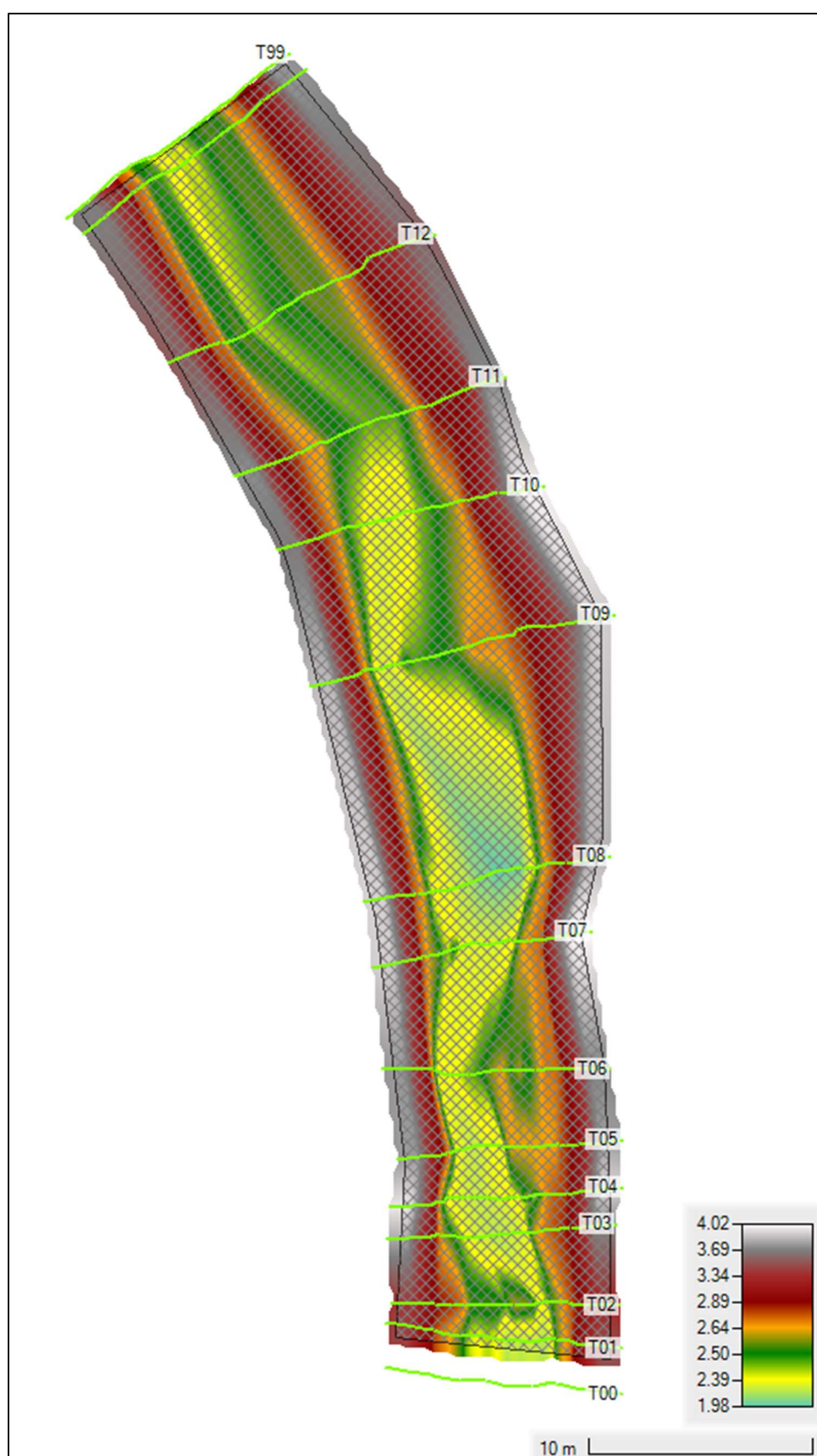


Figure 16 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

### 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 193 l/s.

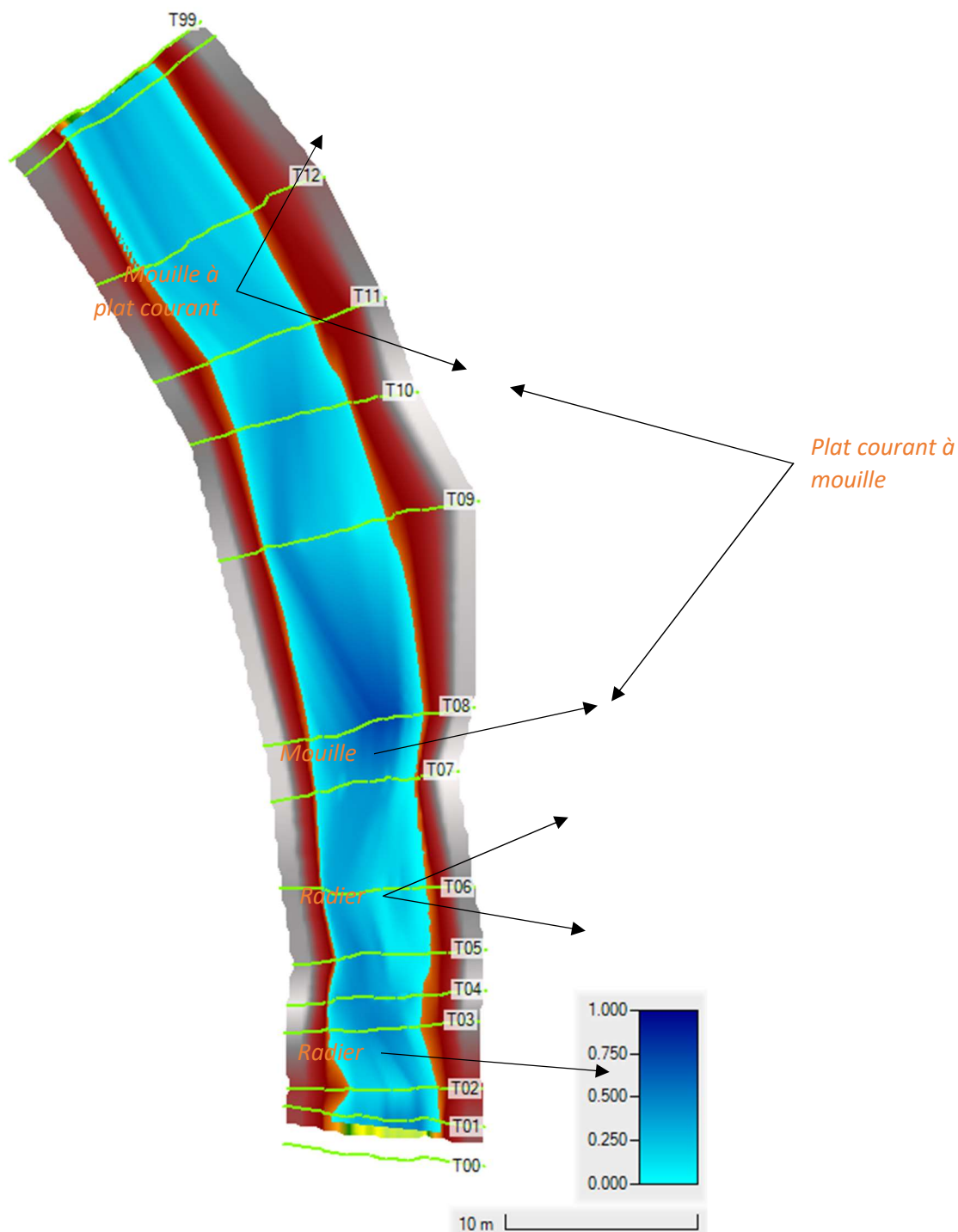


Figure 17 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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 :

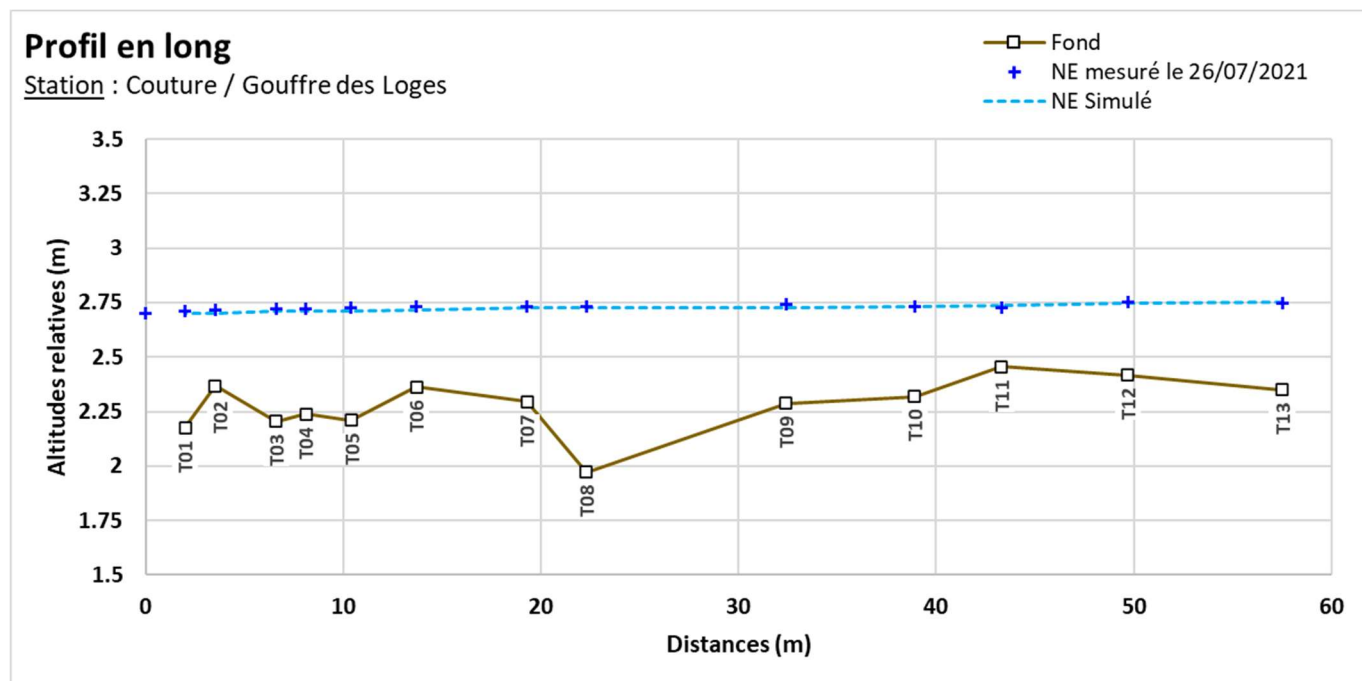


Figure 18 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

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. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de la Couture à cette station.

#### 4.1.3 Exploitation des résultats et présentation cartographique

Les résultats en termes de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement sont obtenus de manière spatialisée sur l'emprise de la station modélisée pour chacun des débits simulés. Les résultats sont présentés sous forme de courbe, de tableaux et de cartes. Pour les cartes, conformément aux recommandations du comité scientifique, les valeurs de débit représentées sont le QMNA5 minimum, QMNA5 moyen, 25 % du module, module et débit de débordement soit 5 cartographies. Notons que le QMNA5 extrapolé de la valeur naturelle calculée en tranche ferme serait plutôt de 97 l/s et le module plutôt de 1900 l/s.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	17
QMNA5 moyen (modélisation Irstea)	106
50 % du module Irstea	802
Module Irstea	1604
Débit de débordement Eaucea	1800

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

## 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 50 l/s. Son évolution est ralentie mais encore forte jusqu'à 200 l/s. Au-delà, le lit mineur se remplit de manière régulière. Au-delà de 1800 l/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

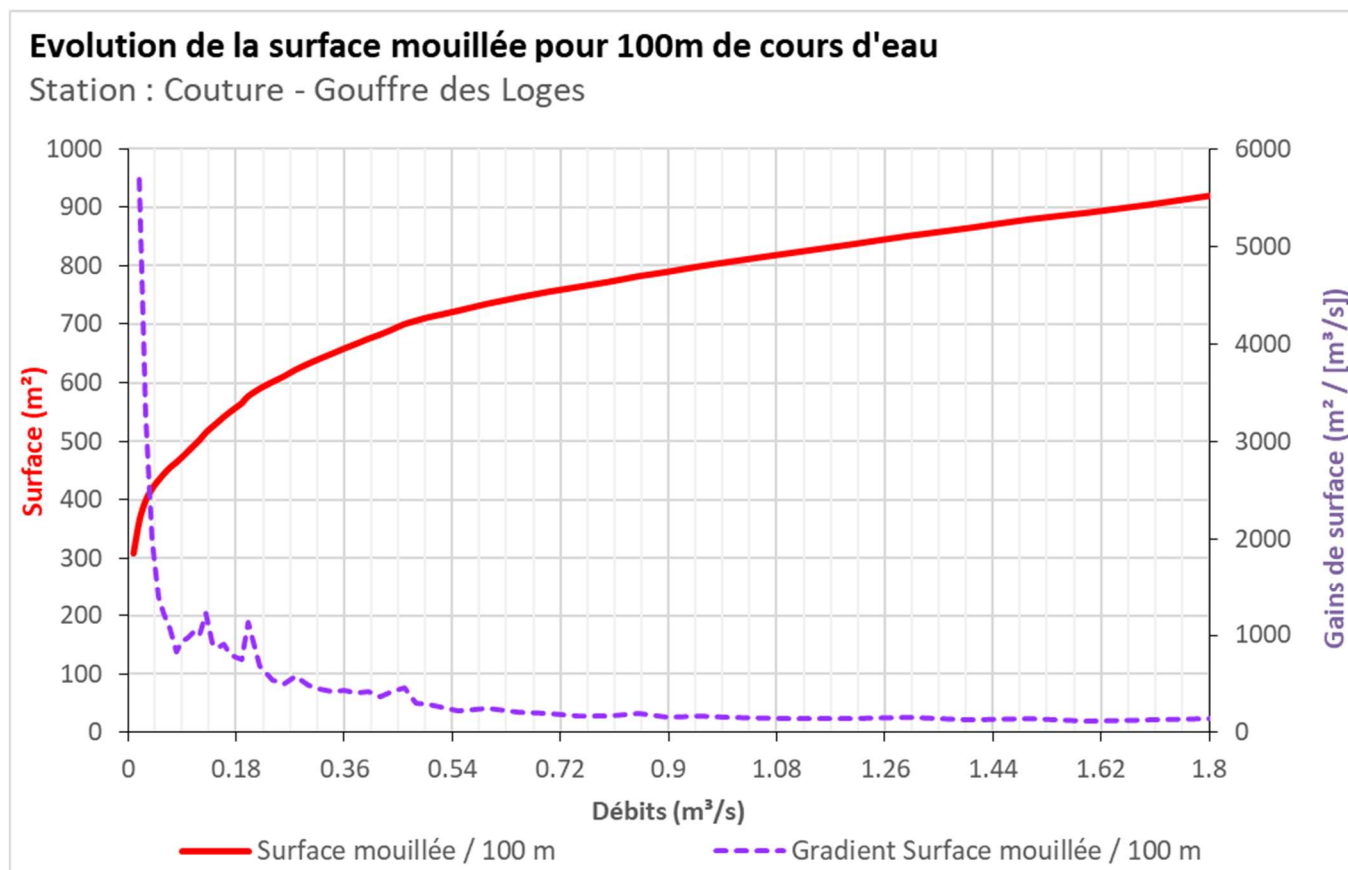


Figure 19 : Evolution de la surface mouillée au Gouffre des Loges

Granulométrie de la station

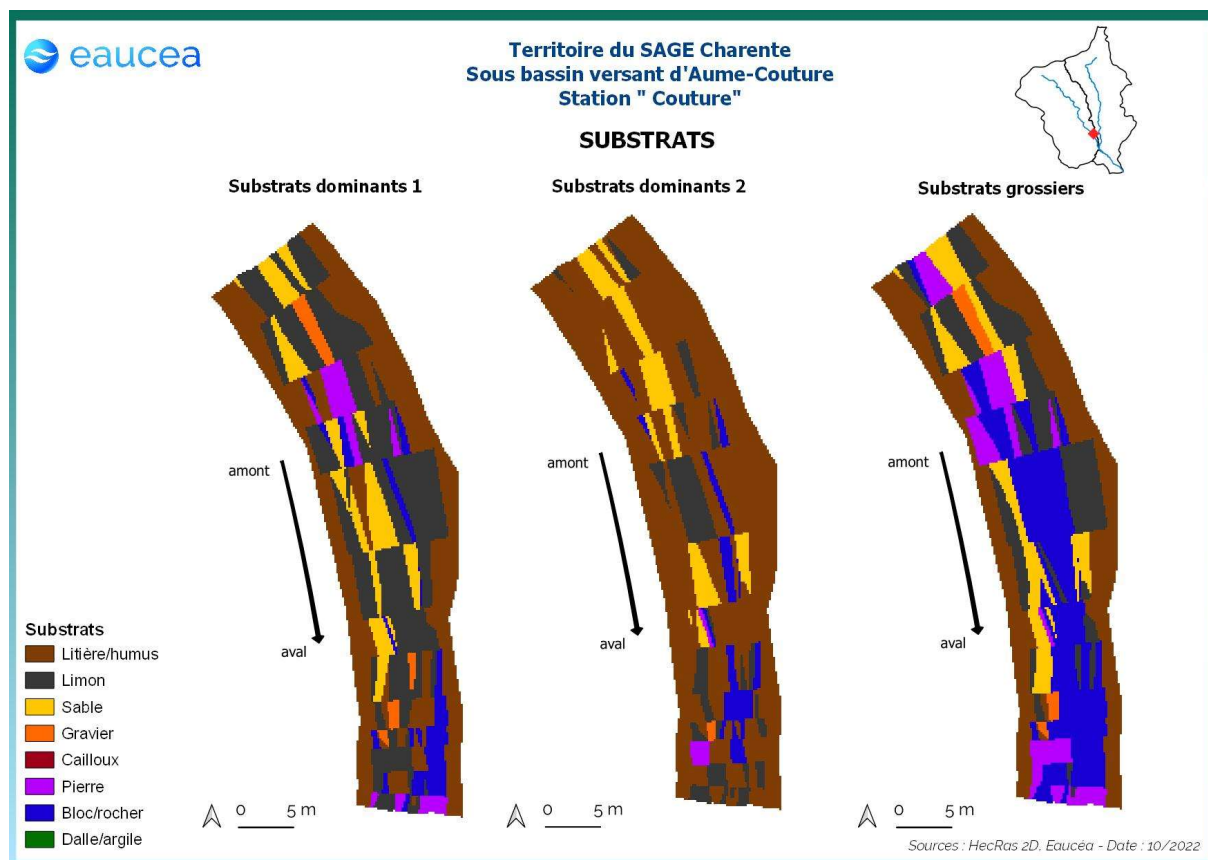


Figure 20 : Carte des substrats de la station du Gouffre des Loges

La station présente des substrats dominés par la litière en berge mais avec un chenal central alternant sables et zones limoneuses. Le substrat grossier est constitué essentiellement de blocs.

#### 4.2.2 Profondeur

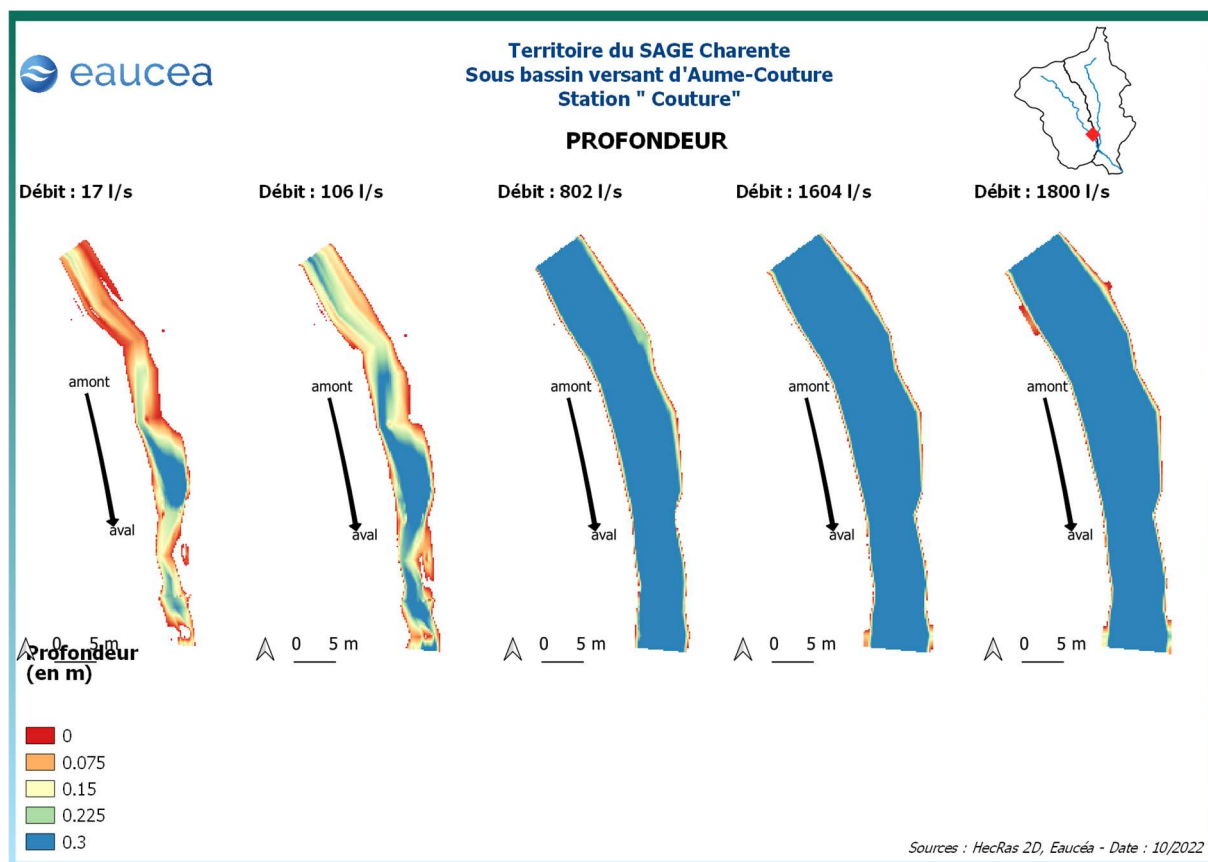


Figure 21: Evolution des profondeurs sur la station du Gouffre des Loges à différents débits

La station est assez profonde en son centre avec la présence d'une fosse d'une trentaine de 30 cm y compris en débit d'étiage. La partie aval de la station est sensiblement plus profonde que le secteur amont.



#### 4.2.3 Vitesse d'écoulement

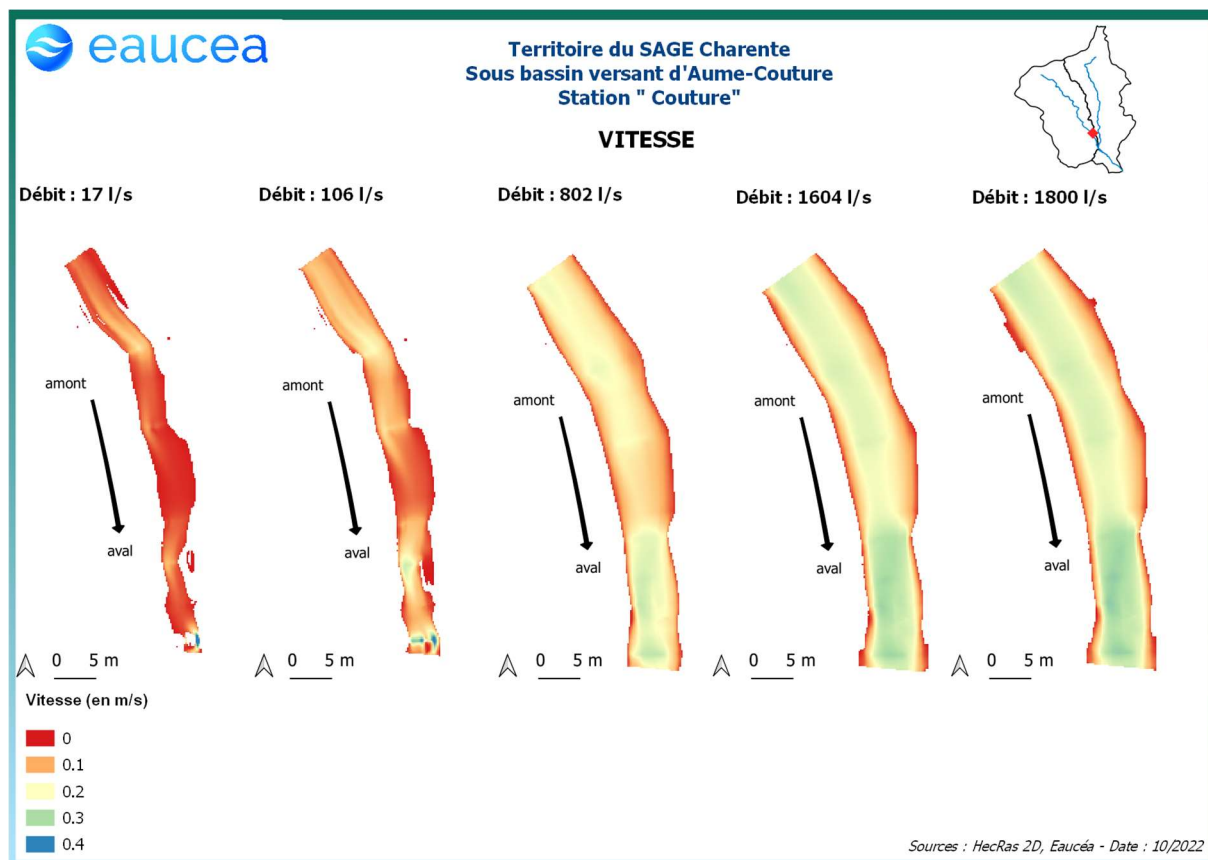


Figure 22: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station du Gouffre des Loges à différents débits

Cette station ne présente que des vitesses d'écoulement faibles à bas débit et l'évolution des débits n'entraîne pas une augmentation importante de celles-ci y compris dans les zones d'accélération où les vitesses n'excèdent pas les 30 cm/s même au débit de débordement.

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



### 4.3 Habitat benthique

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

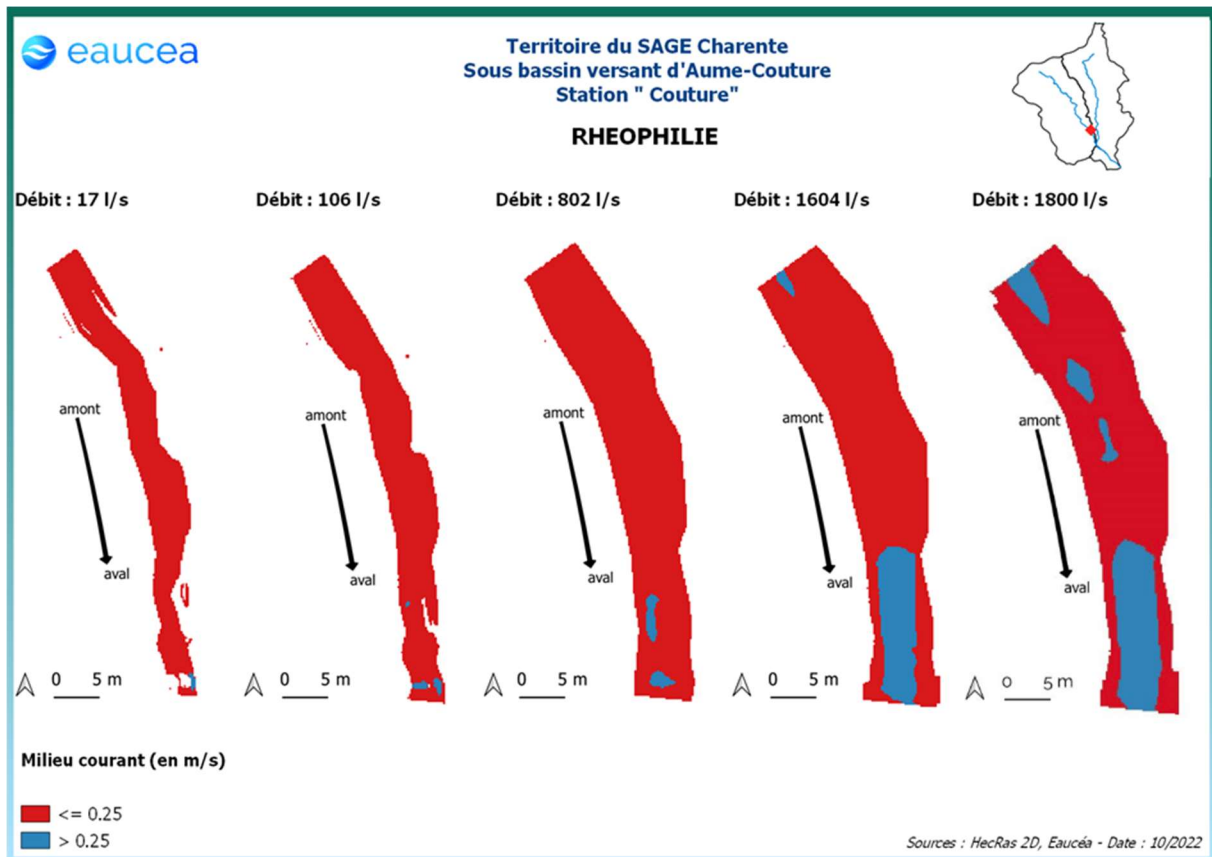


Figure 23: Evolution des milieux courants sur la station du Gouffre des Loges

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles est quasi nulle en dessous de 800 l/s. L'accélération des vitesses d'écoulements dans le secteur aval est prononcée à 1604 l/s. A des débits plus importants, la partie amont de la station subit aussi une accélération.

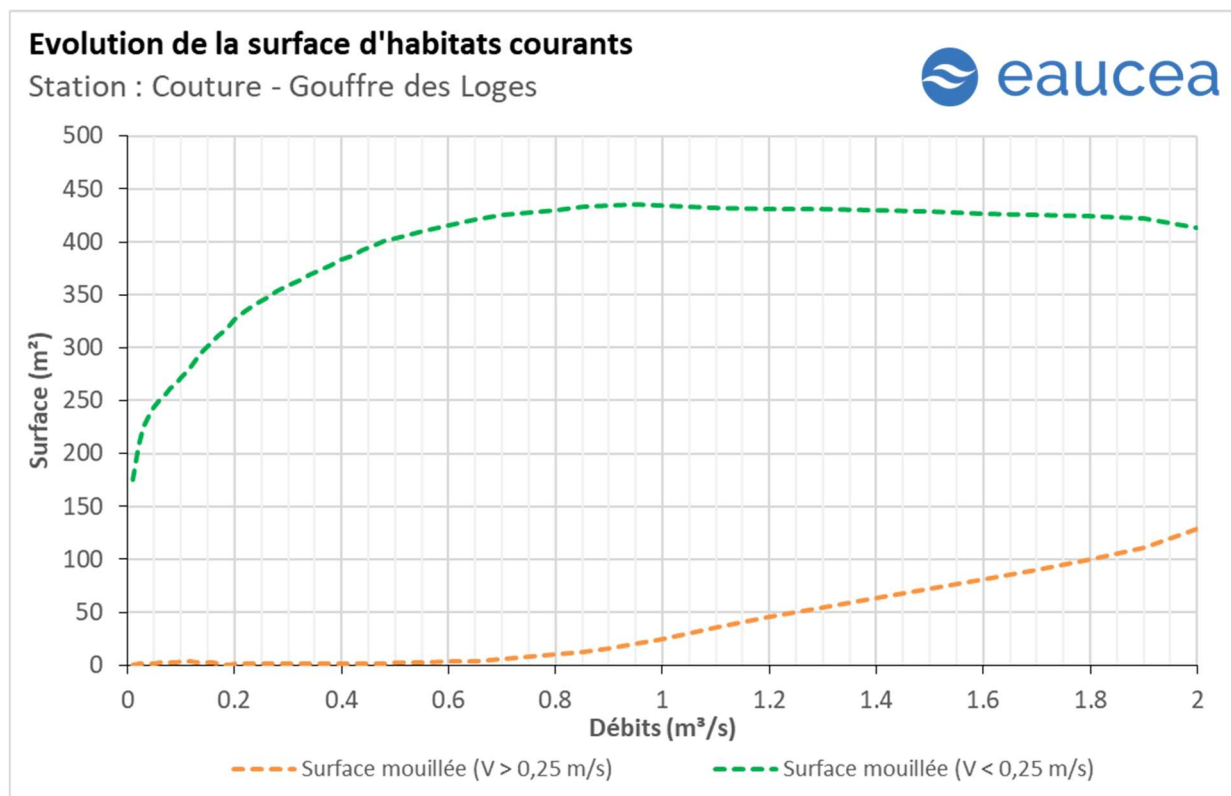


Figure 24 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert)

Les courbes ci-dessus traduisent que la station est très majoritairement lentique à tous les débits testés. Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 1300 l/s et 20 % pour les périodes de hautes eaux, ratio jamais atteint avant le débit de débordement.

**En étiage, soit en dessous de 212 L/s, les surfaces rapides sont inférieures à 1%. Cet objectif ne peut pas être retenu pour le débit biologique d'étiage.**

**Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 1200 l/s (correspondant à un débit dépassé 33 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est atteint pour un débit de 1850 L/s (débit dépassé 23 % du temps).**

**En conséquence, il est recommandé à titre conservatoire, de viser uniquement en période de transition et de hautes eaux un seuil de 10% soit 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  $\tau^{*1}$  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

Au Gouffre des Loges, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 100 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.

La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Concernant les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre, seul le radier aval entre en mouvement lorsque le débit dépasse 900 l/s soit la moitié du module.

Concernant les particules de 10 millimètres, aucune mise en mouvement n'est observable, peu importe le débit.

##### 4.4.2 Entretien des frayères

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

##### 4.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 106 L/s en étiage.

Des périodes de débit supérieur à 900L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juillet) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.

---

<sup>1</sup> Paramètre de Shields (cf note méthodologique)

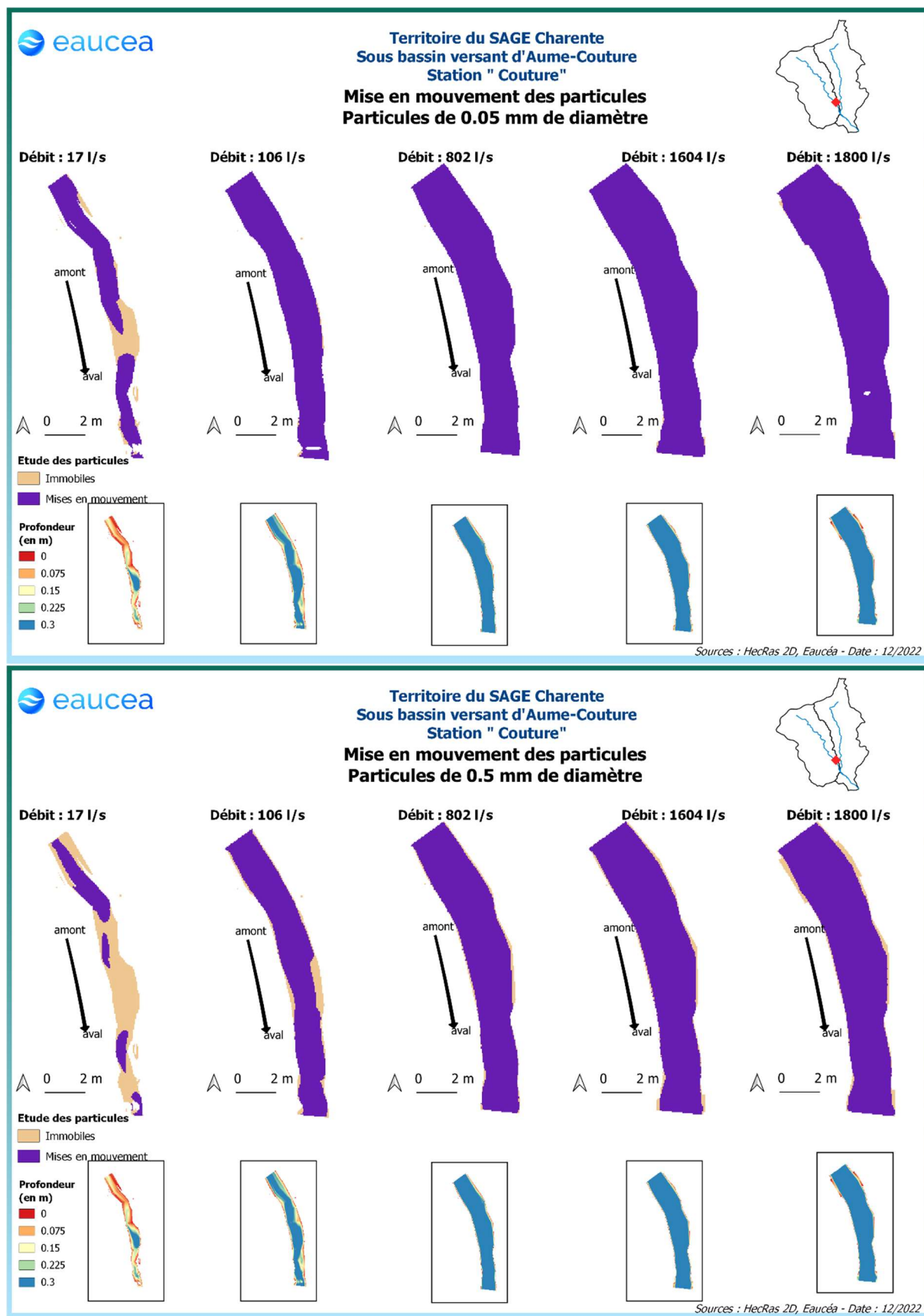
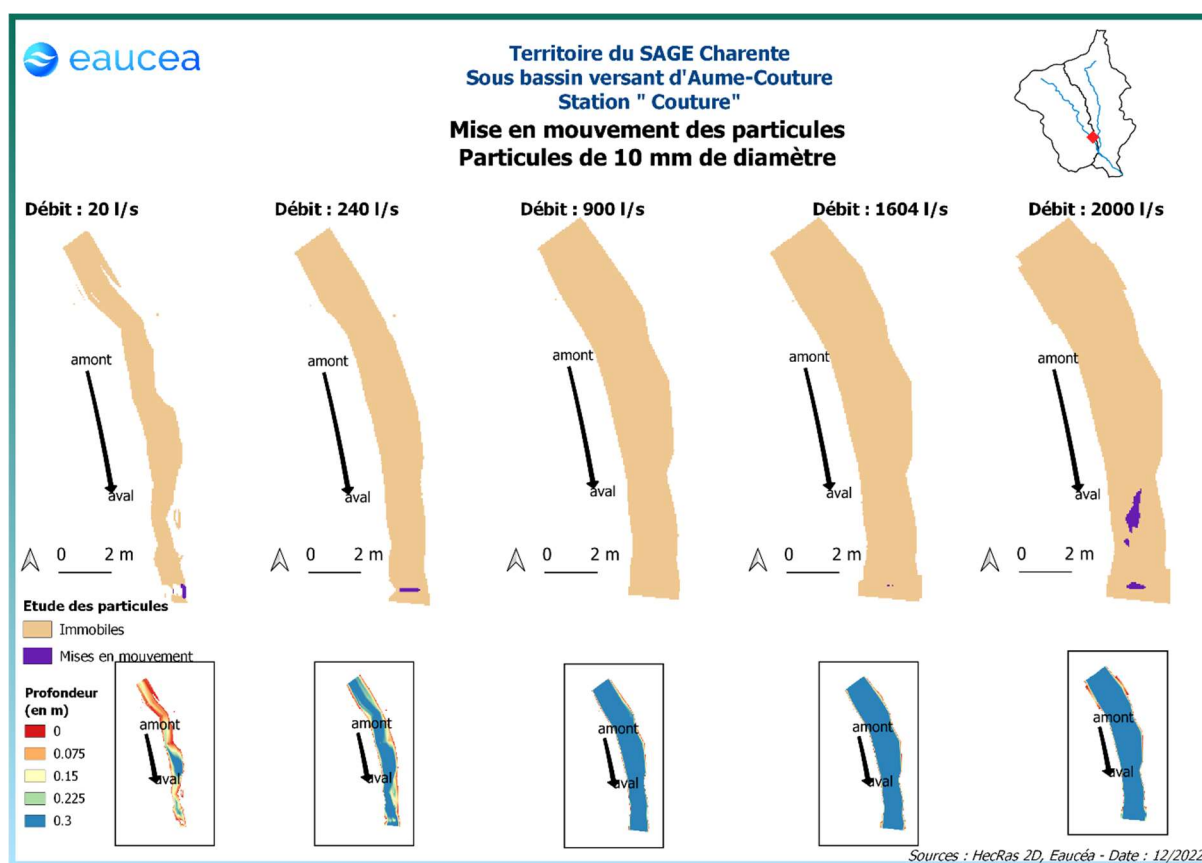
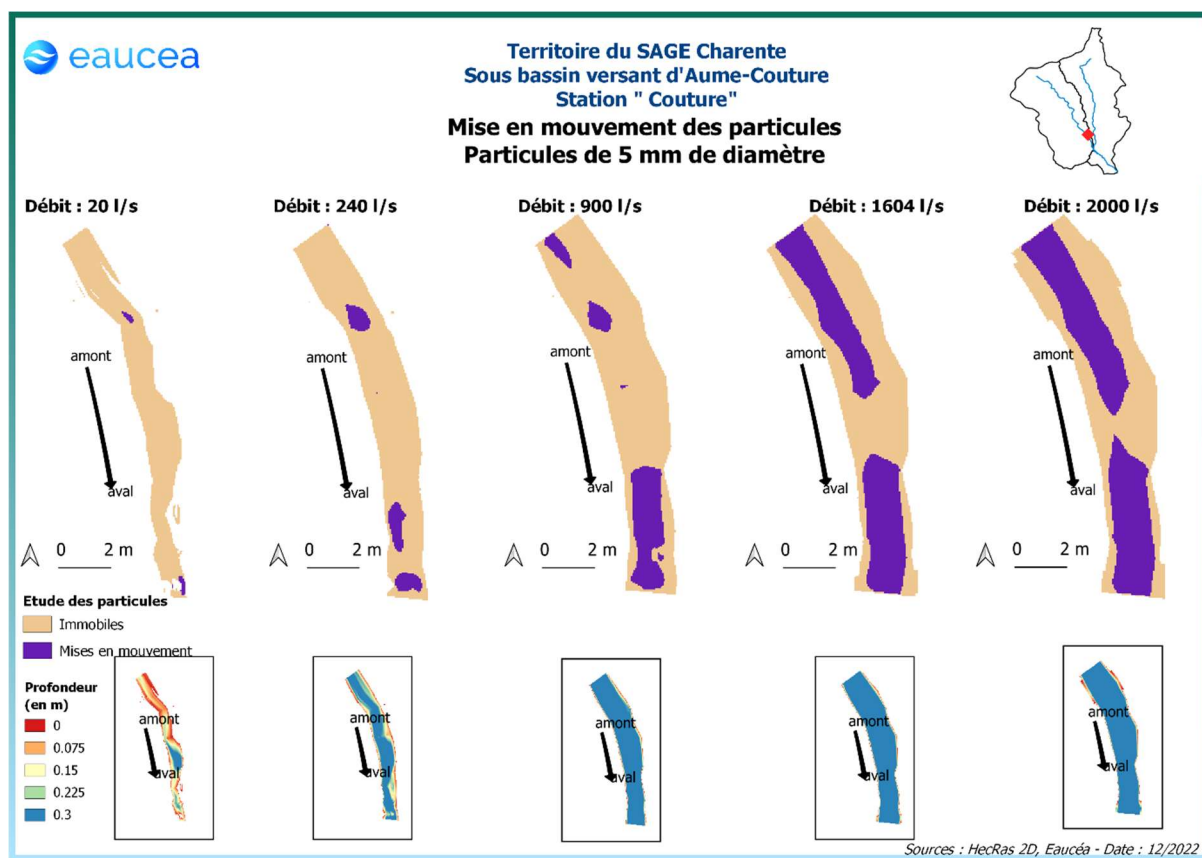


Figure 25 : Mise en mouvement des particules fines sur la station du Gouffre des Loges



*Figure 26 Mise en mouvement des particules grossières sur la station du Gouffre des Loges*

#### 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 Couture est aisée pour les petites espèces à un débit de 20 l/s. Elle ne l'est plus pour 10 l/s.

La connectivité de la station est encore garantie pour les grandes espèces à un débit de 40 l/s. Elle ne l'est plus à 30 l/s.

**La valeur de 40L/s est recommandée en toute saison.**

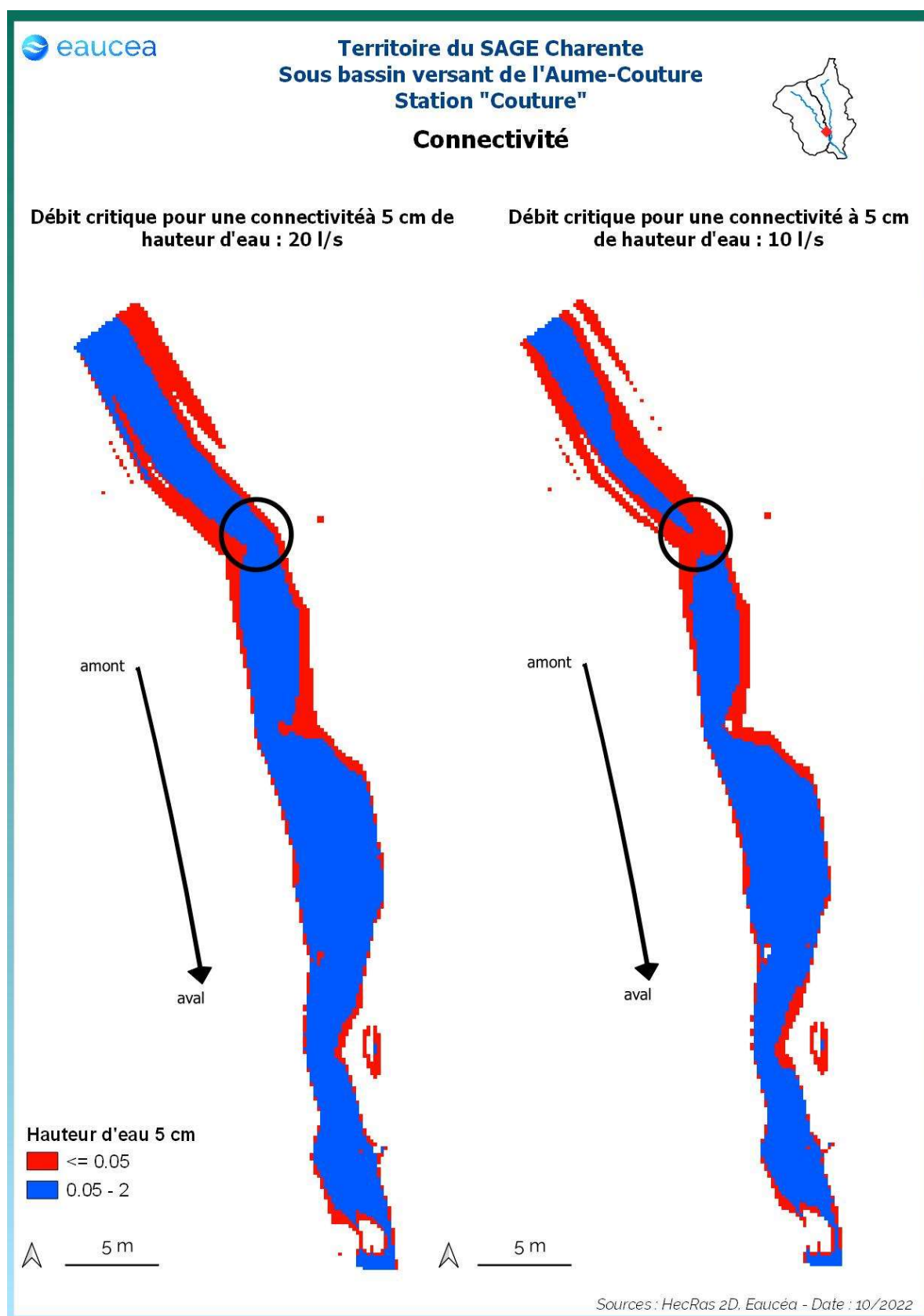


Figure 27: Connectivité de la station du Gouffre des Loges pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau



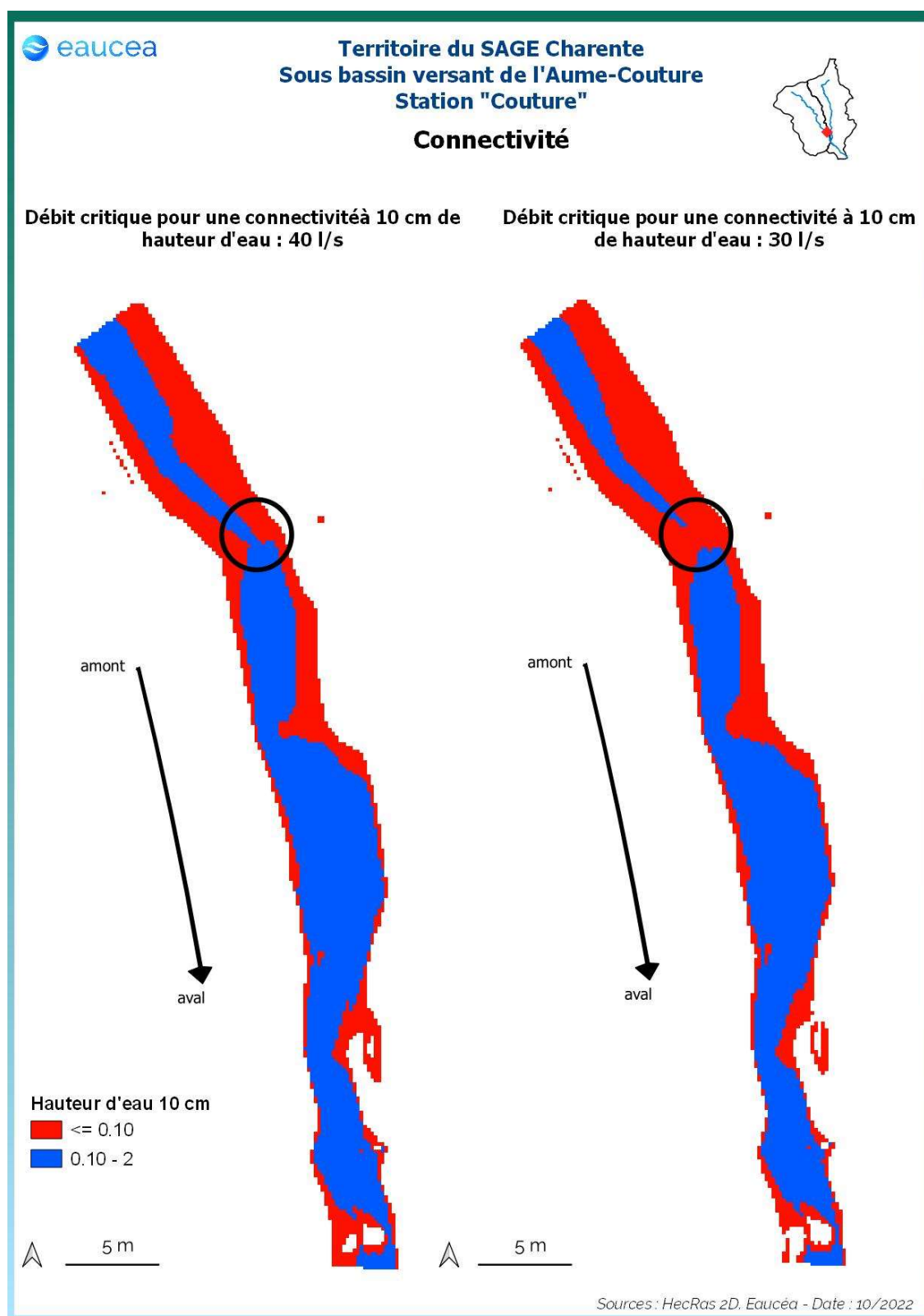


Figure 28: Connectivité de la station sur la Couture pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau



## 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.

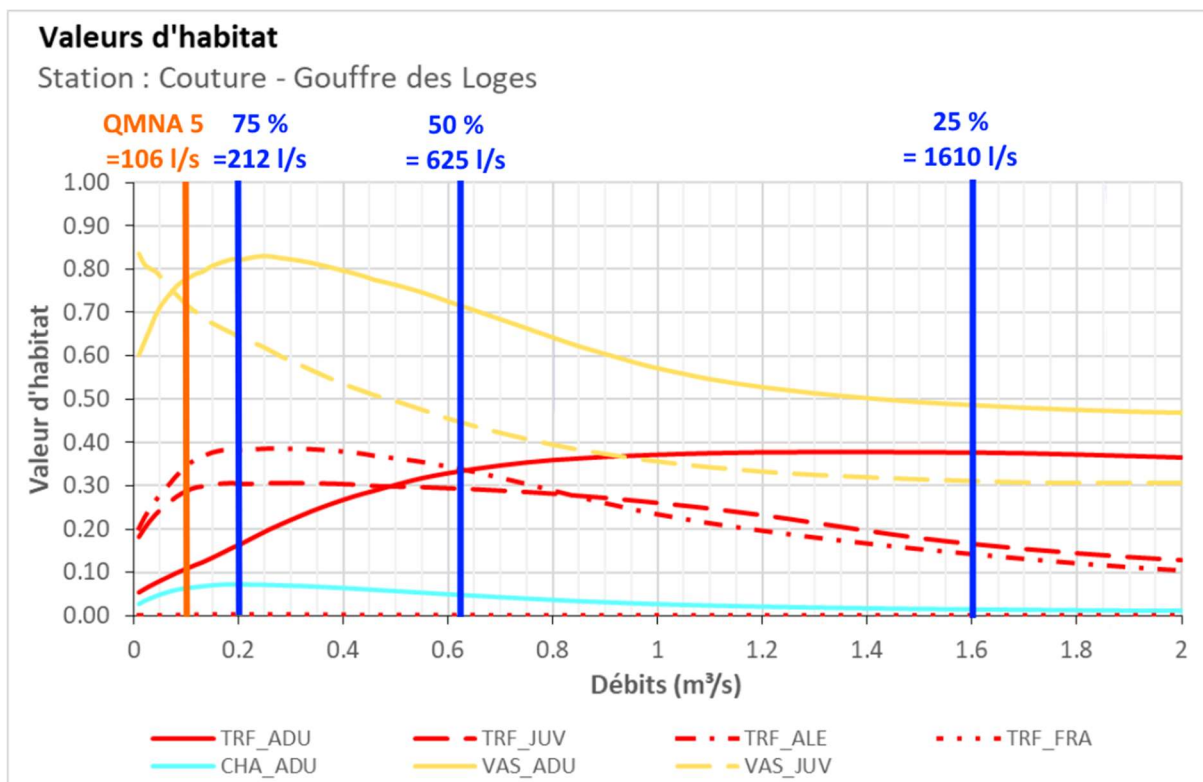


Figure 29: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

La station ne semble très favorable qu'au vairon adulte, sa valeur d'habitat est de plus de 0.8 aux bas débits et chute avec le débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'un peu moins de 0.5. Le vairon juvénile bénéficie d'une valeur d'habitat de 0.85 à bas débit puis cette valeur chute avec l'augmentation de débit jusqu'à atteindre 0.3.

La station est peu favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.08. Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.09. Il convient de modérer ce constat par le fait que le chabot se contente de petite placette de l'ordre du mètre carré dans les abris hydrauliques. Le potentiel est donc faible mais pas nul y compris en étiage.

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

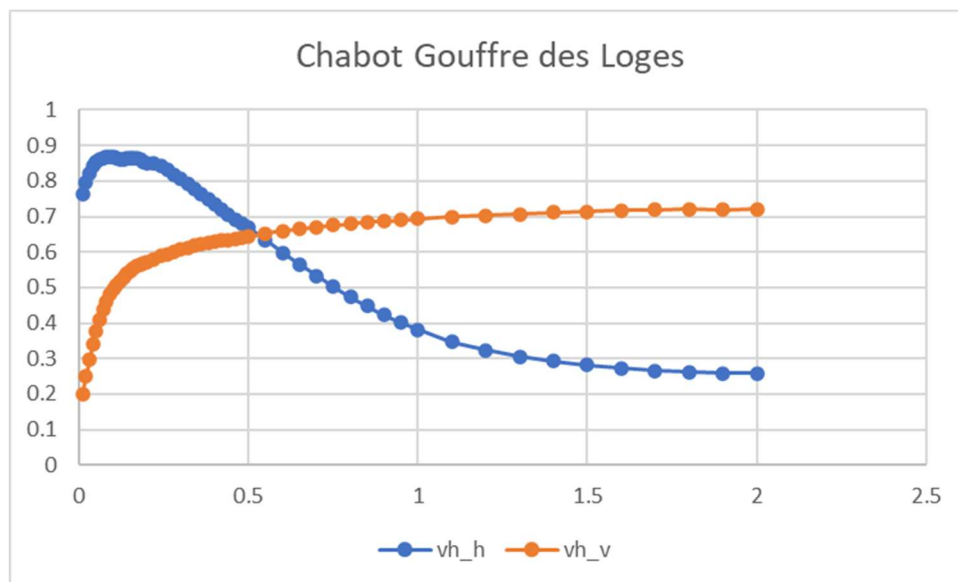


Figure 30 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

A propos de la truite, aussi bien les stades adulte, juvénile et alevin présentent des valeurs d'habitat assez élevées mais dont les tendances sont inverses : la valeur d'habitat de la truite adulte augmente avec le débit jusqu'à atteindre un plancher aux environs de 0.4 tandis que le juvénile et l'alevin voit leur maxima à bas débits (0.3 pour le juvénile et 0.4 pour l'alevin) avant de baisser aux environs de 0.1. La valeur d'habitat des frayères est très basse et suggère un potentiel assez bas sur la station.

#### 4.6.2 SPU en $m^2$ et en variations relatives

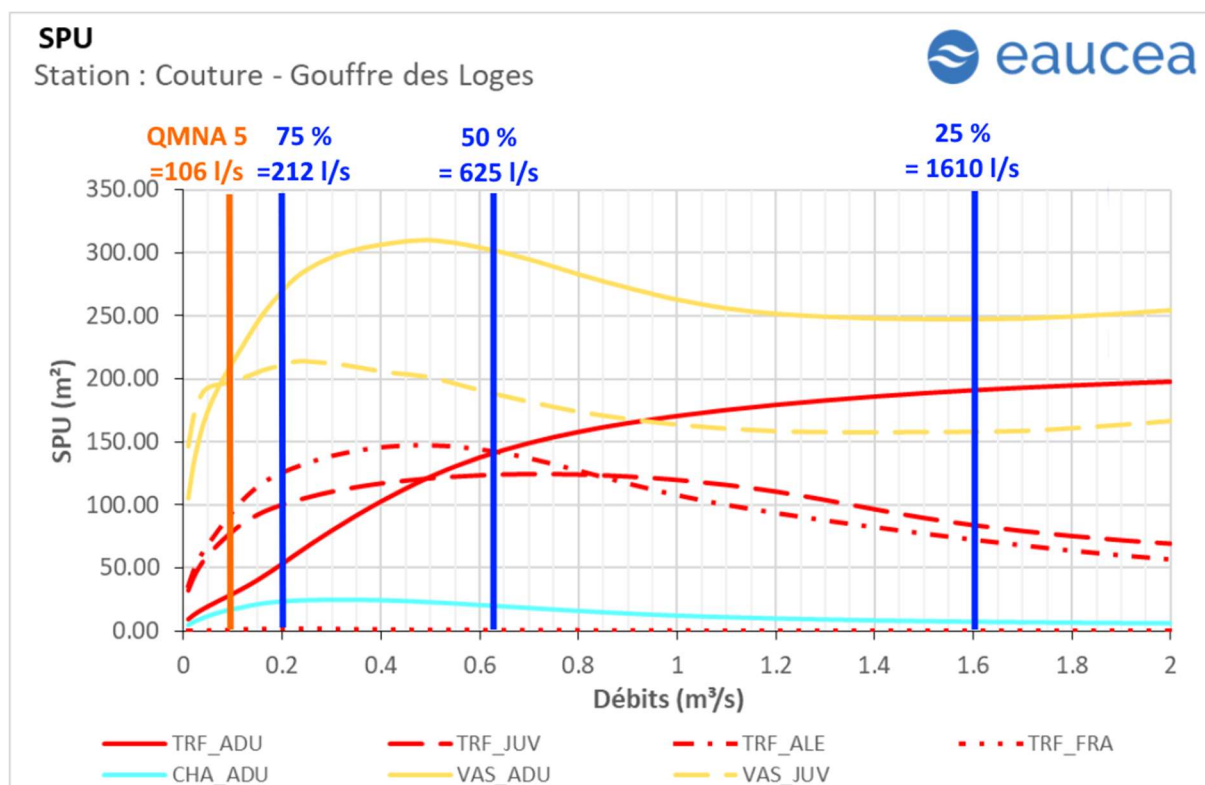


Figure 31: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges

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.

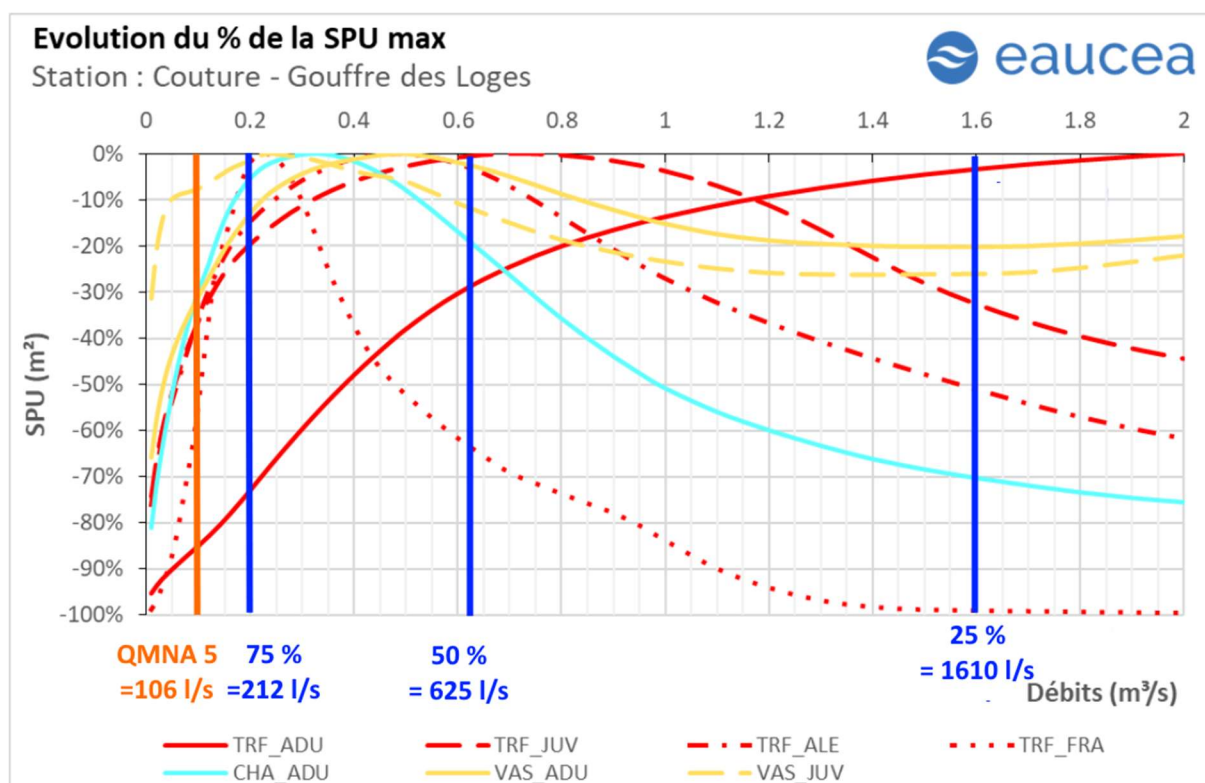


Figure 32: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

#### 4.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 200 L/s et 600 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présentent un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU. Les cibles biologiques à fortes valeurs patrimoniales (directrices) sont la truite adulte et le chabot.

Pour la truite adulte, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 800 L/s (valeur dépassée 62% du temps), valeur située entre le débit de transition et le débit de hautes-eaux. Il pourra être conservé comme plancher de débit biologique entre novembre et juin, période couvrant la reproduction des truites. Cependant, pour la fraie, le potentiel maximal est atteint à 200 L/s. Ce potentiel apparaît donc pour cette station mal valorisée par l'hydrologie hivernale (ce qui ne préjuge pas de la fonctionnalité de frayères situées ailleurs). Ce critère ne sera pas retenu pour le débit biologique hivernal. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 800 L/s.**

En étiage, le milieu est moins favorable truites sauf pour les stades juvéniles. Le graphique ci-dessous montre que le potentiel pour les juvéniles de truites franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 200 L/s. Pour le chabot ce seuil de 80% correspond à 130 L/s. La situation se dégrade plus rapidement à partir de 80 L/s (fort gradient de baisse). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 200 L/s.**

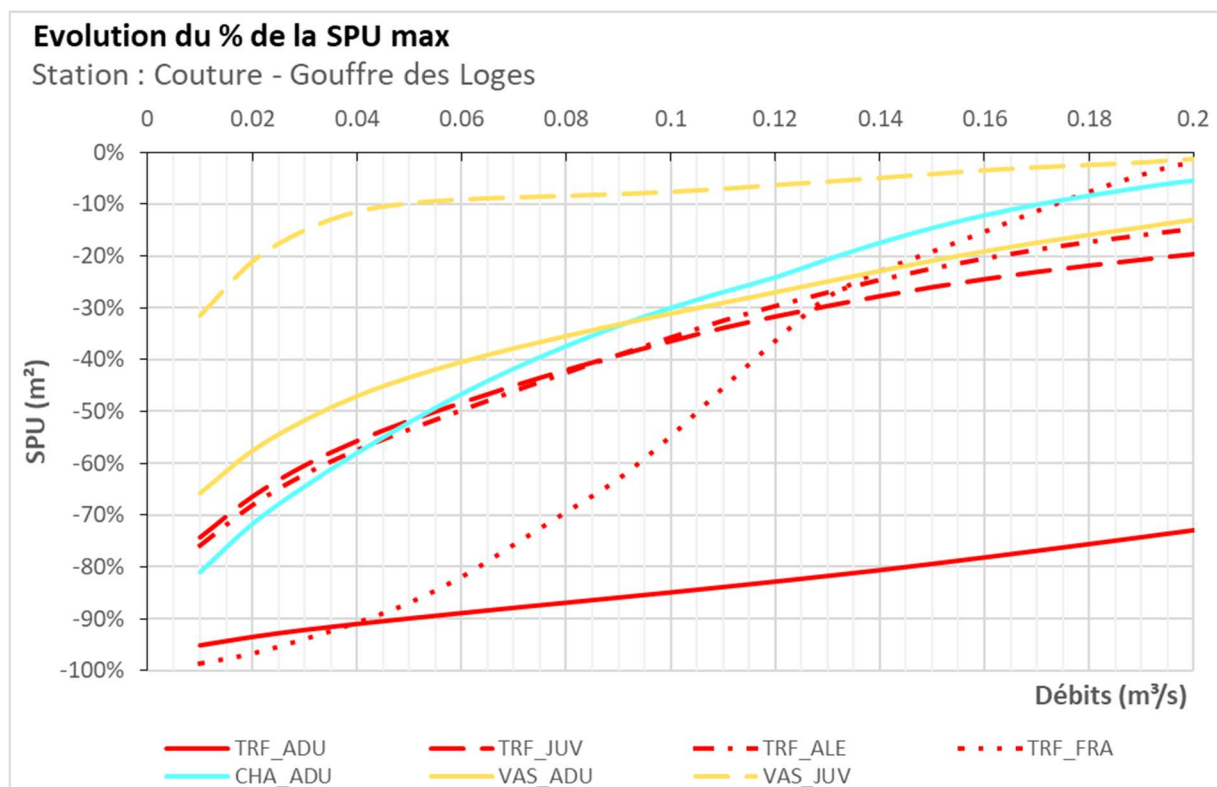


Figure 33 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station du Gouffre des Loges

#### 4.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station du Gouffre des Loges (matrice)

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

En étiage estival, d'août à octobre, le chabot est l'espèce qui pilote le choix de la valeur basse de la plage de débit biologique fixée à 130 L/s. En tolérant une perte de 20% de surface pour cette espèce, qui peut tolérer temporairement des habitats réduits en termes de surface, vis-à-vis de cette valeur de référence, le débit plancher s'établit à 80 L/s, valeurs atteinte ou dépassée 86 % du temps. En deçà la dégradation de l'habitat est rapide. Pour cette valeur, la connectivité est garantie pour toute taille et la surface mouillée est juste supérieure à 54% du maximum.

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

**La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc de 80 L/s à 200 L/s.**

Matrice					Gouffre des Loges													Basses-eaux			
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade						Qref											
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.02	0.03	0.04	0.08	0.13	0.20	0.25	0.30	0.90	1.20	1.50	1.85	2.00				
Principal		% des débits classés			95%	93%	91%	86%	81%	76%	73%	69%	40%	33%	28%	23%	22%				
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-76%	-71%	-67%	-52%	-33%	53	25%	49%	209%	236%	253%	266%	270%				
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-58%	-51%	-45%	-28%	-12%	100	6%	10%	23%	11%	-10%	-26%	-31%				
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	-63%	-56%	-50%	-33%	-14%	125	6%	10%	-7%	-26%	-39%	-51%	-55%				
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-70%	-62%	-56%	-34%	-16%	24	4%	6%	-41%	-58%	-67%	-73%	-74%				
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-51%	-45%	-39%	-26%	-14%	269	6%	10%	1%	-7%	-8%	-7%	-6%				
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	-20%	-14%	-10%	-7%	-4%	211	1%	0%	-20%	-25%	-25%	-23%	-21%				
Principal	Surface mouillée	% du maximum			38%	42%	44%	49%	54%	61%	64%	66%	83%	88%	92%	98%	100%				
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	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	oui				
Synthèse indicateurs principaux																					
Habitat	SPU																				
Habitat	Habitats rapides																				
Habitat	Surface mouillée																				
Habitat	Connectivité	Longitudinale																			
Résultat																					

Figure 34 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre l'accès aux frayères et la présence de truites adultes sur le secteur. **Le débit de référence hiver est fixé à 800 L/s. Pour la truite 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 640 L/s.**

Concernant le décolmatage des frayères, le débit de 900 L/s a été proposé. Il se situe au-delà de la gamme minimale proposé mais est réalisé 40 % du temps ce qui garantit son occurrence sur au moins une partie de la période automnale.

**La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 640 L/s à 900 L/s.**

Matrice															Gouffre des Loges															Hautes-eaux et transition																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade						Qref																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Figure 35 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

## 5 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME A CHANTEMERLE

### 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 Chantemerle est située sur l'Aume en amont d'Aigre. Elle s'étend sur environ 75 m de long.

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

##### Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 29/07/2020. La venue sur site 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 au transect 6, aboutissant à une valeur de 88 l/s.





Figure 36 : 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**

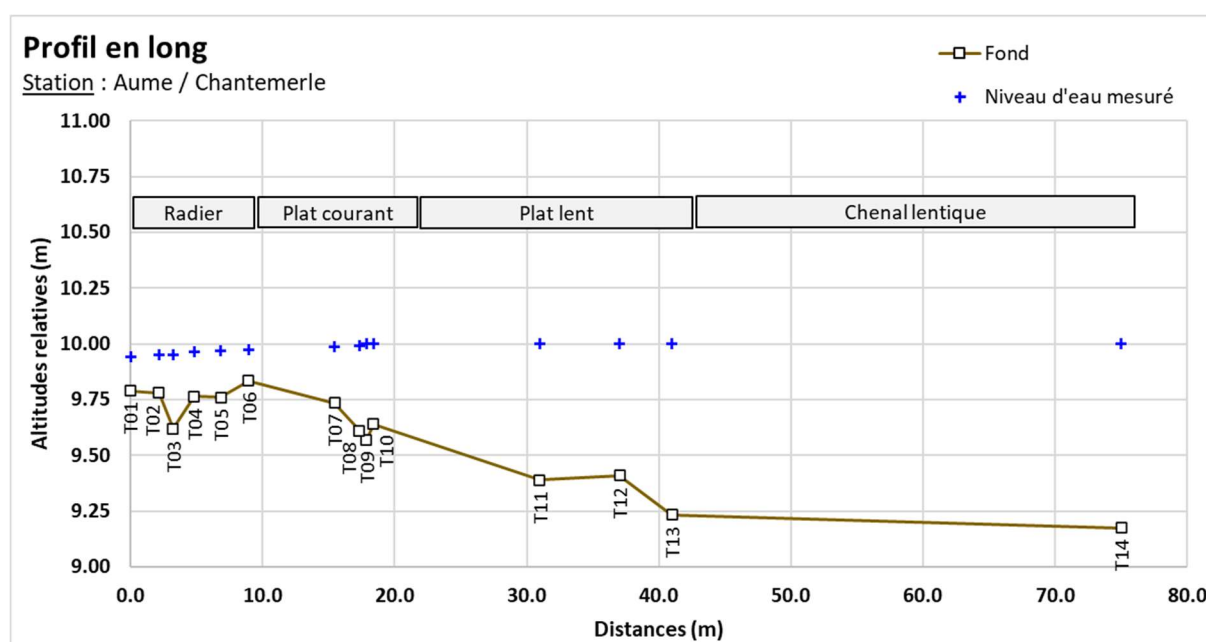
Le linéaire parcouru est divisé en 2 grandes zones, l'amont, présentant un profil lent allant du chenal lentique au plat lent, puis l'aval présentant un profil plus rapide composé de plat courant et de petits radiers. La séparation se fait au droit d'un très gros rocher implanté au centre du lit de l'Aume faisant obstacle et divisant l'écoulement en 2 veines de part et d'autre. 2 autres rochers sont présents sur la partie aval, jouant aussi rôle d'obstacle aux écoulements.

- **Type de berges**

Le bas de berge était hors d'eau sur la partie aval le jour des mesures. Leur profil est peu pentu sur ce linéaire formant de petites plages peu élevées. Au-delà, la berge reprend un profil abrupt et végétalisé, comme observé sur la partie amont de la station. Le haut de berge n'est pas très élevé par rapport au lit mouillé.

- **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.

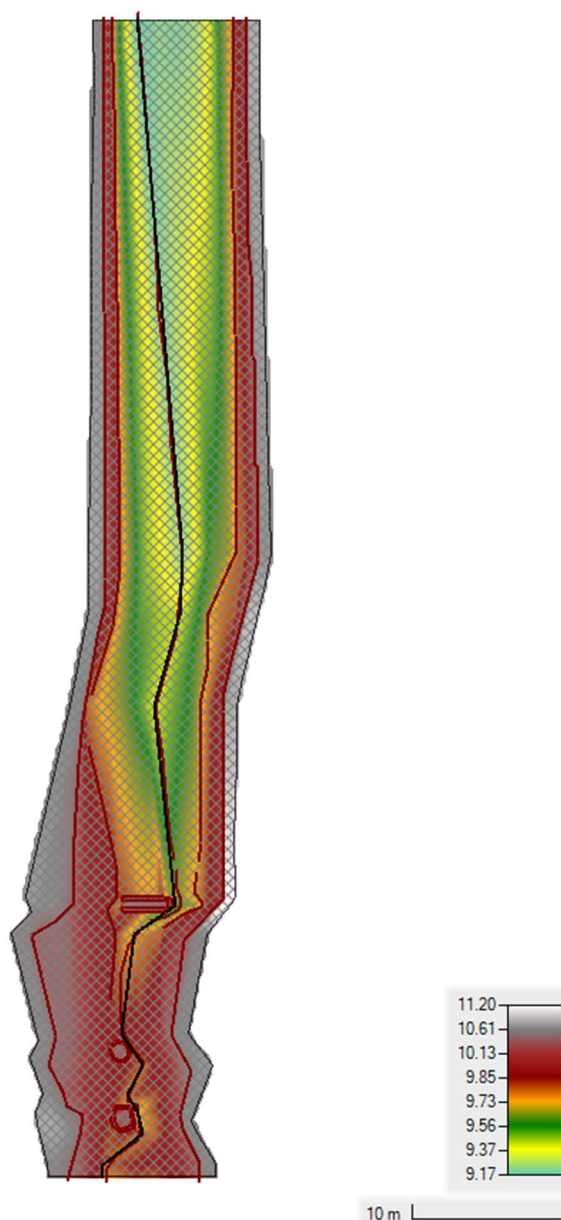


Figure 37 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

### 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 88 l/s.

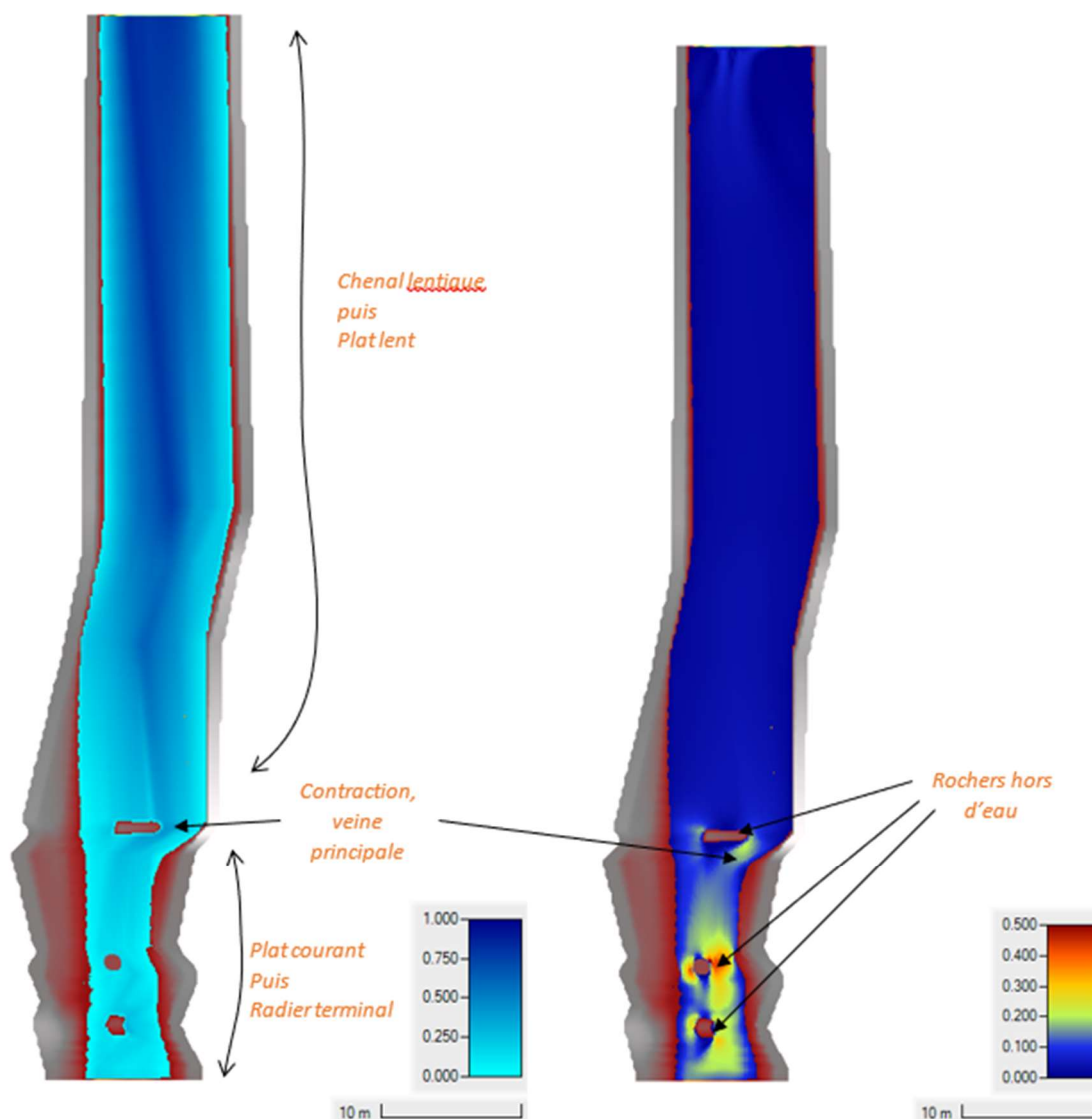


Figure 38 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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.

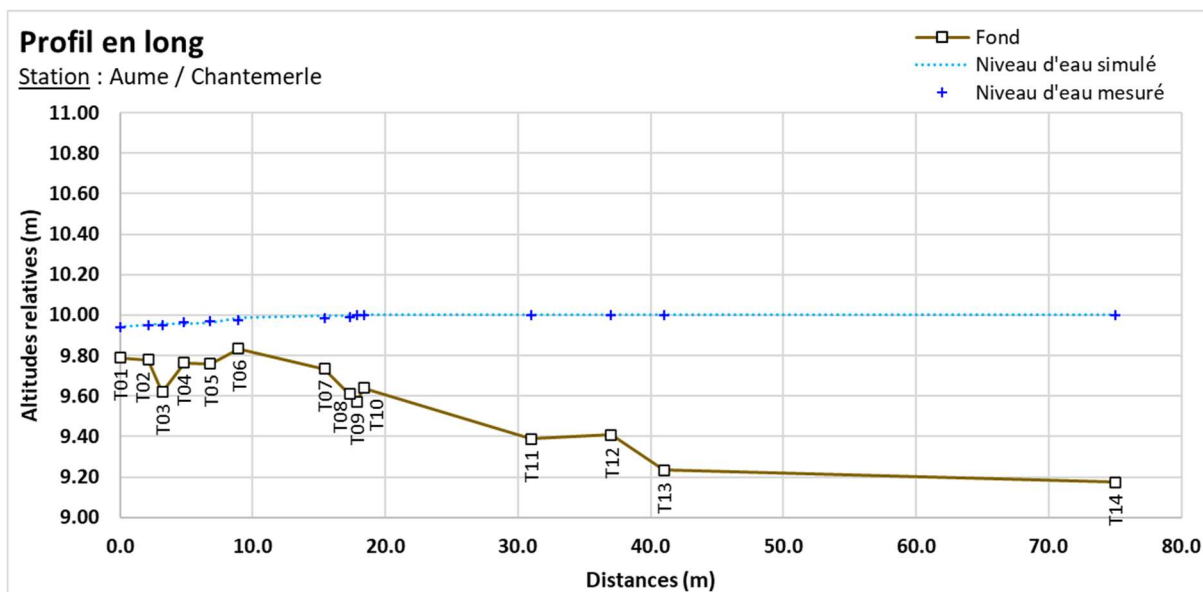


Figure 39 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

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 1 l/s à 1800 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 l'Aume 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 les valeurs issues du travail de l'Irstea (cf. Rapport méthodologique) QMNA5 minimum (borne basse de l'intervalle de confiance), QMNA5 moyen, 25 % du module, module et débit de débordement calculé par Eaucéa sur chaque station de débit biologique soit 5 cartographies.

Notons que le QMNA5 extrapolé de la valeur naturelle calculée (QMNA 5 nat) en tranche ferme serait plutôt de 97 L/s et le module plutôt de 1600 L/s.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	7
QMNA5 moyen (modélisation Irstea)	66
50 % du module Irstea	635
Module moyen Irstea	1270
Débit de débordement eauce	1800



## 5.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

### 5.2.1 Surface mouillée

La surface mouillée évolue de manière croissante avec le débit et importante jusqu'au environ de 100 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 1800 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

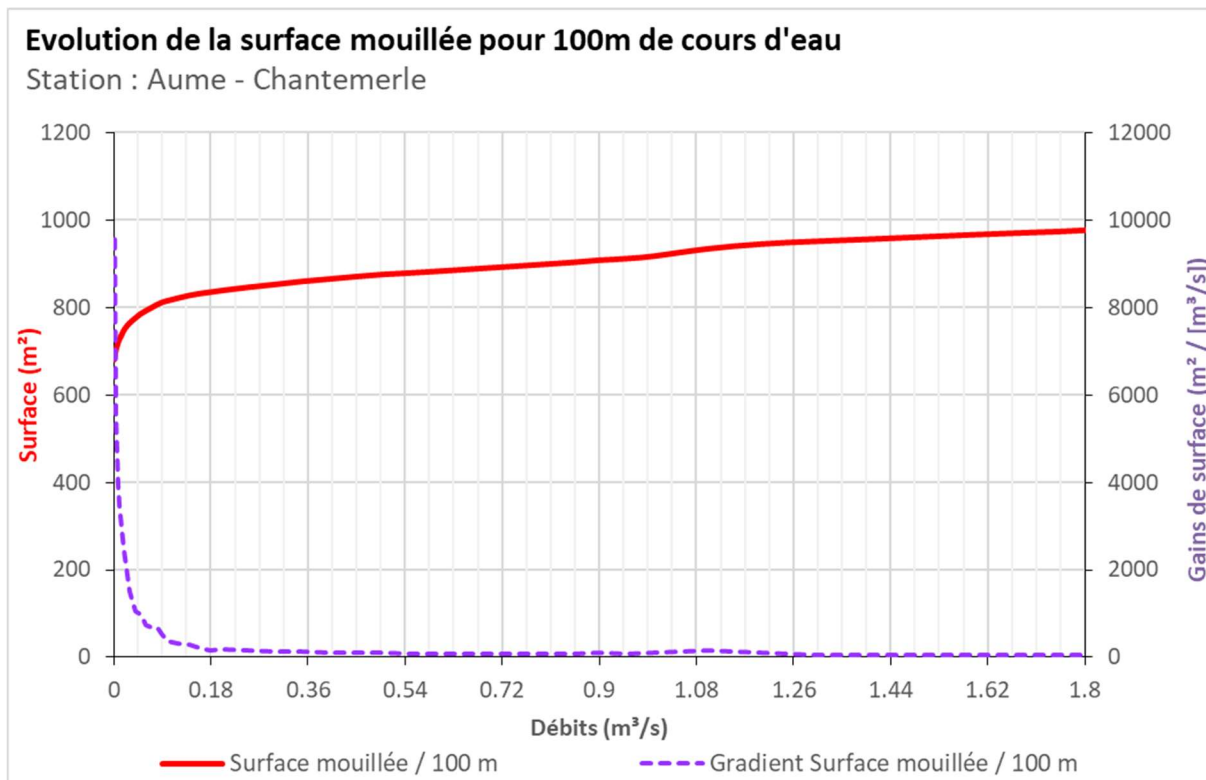


Figure 40 : Evolution de la surface mouillée à Chantemerle

## Granulométrie de la station

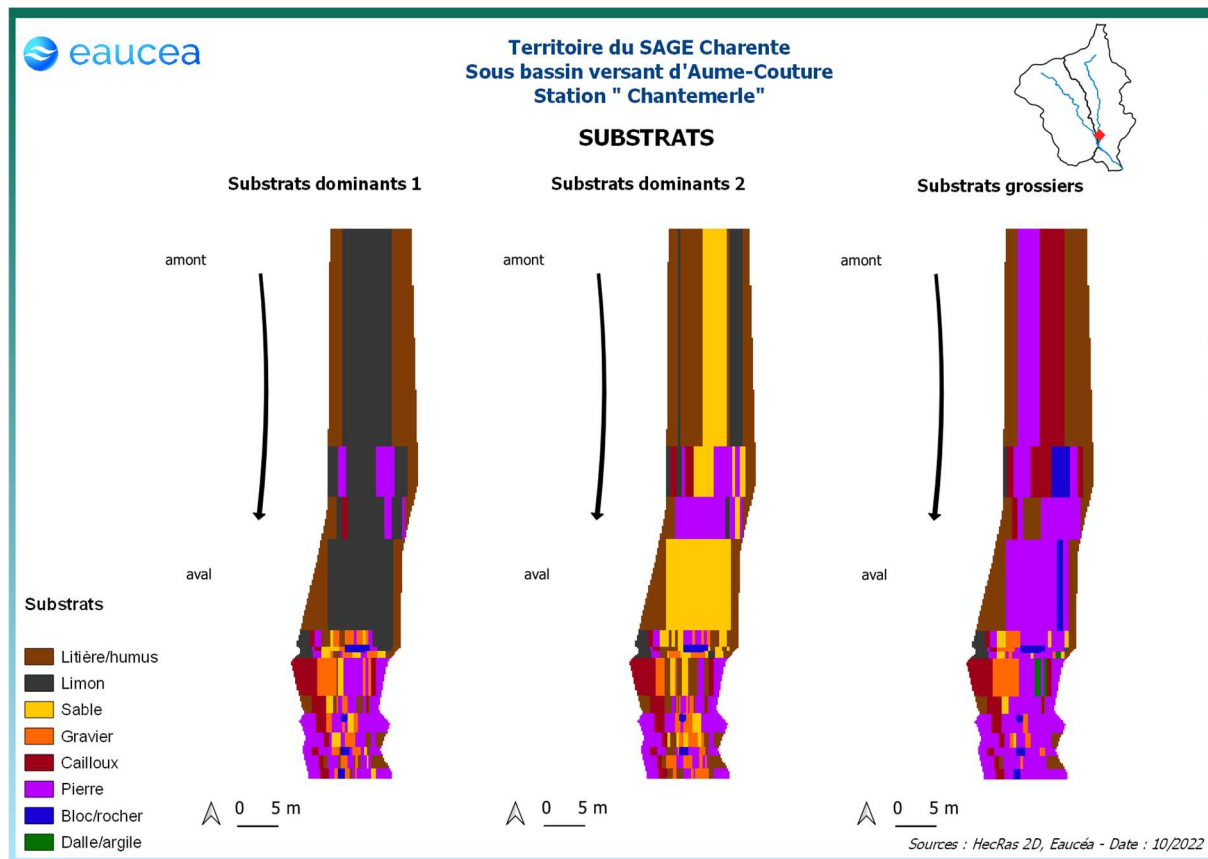


Figure 41 : Carte des substrats de la station de Chantemerle

La station est divisée en deux secteurs de nature très différentes :

- Les  $\frac{3}{4}$  amont dont les berges sont dominées par la litière et dont le chenal central est occupé par les limons et les sables avec un substrat grossier fait de pierres et de cailloux ;
- Le dernier  $\frac{1}{4}$  aval dominé par un mélange de sables, de graviers et de pierres.

A noter que dans ce dernier  $\frac{1}{4}$  de la station, trois gros blocs rocheux sont présents et modifient la dynamique des écoulements en aval de leurs emplacements. Ils seront signalés dans les cartes suivantes par des rectangles ou des cercles.

### 5.2.2 Profondeur

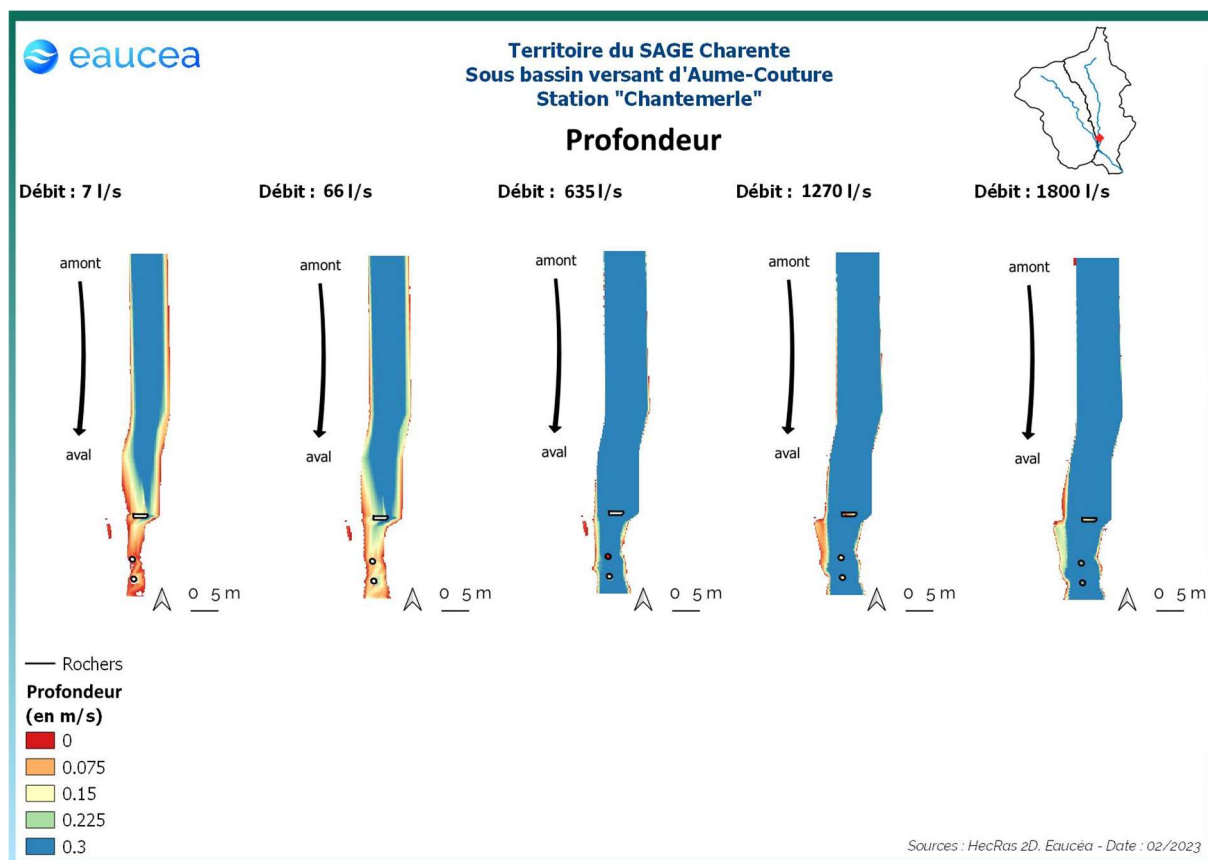


Figure 42: Evolution des profondeurs sur la station de Chantemerle à différents débits

La station présente un radier aval très marqué en débit d'étiage qui s'efface lorsque la moitié du module est dépassée. La partie amont de la station est un secteur de type plat courant d'une trentaine de centimètres même en débit d'étiage.



### 5.2.3 Vitesse d'écoulement

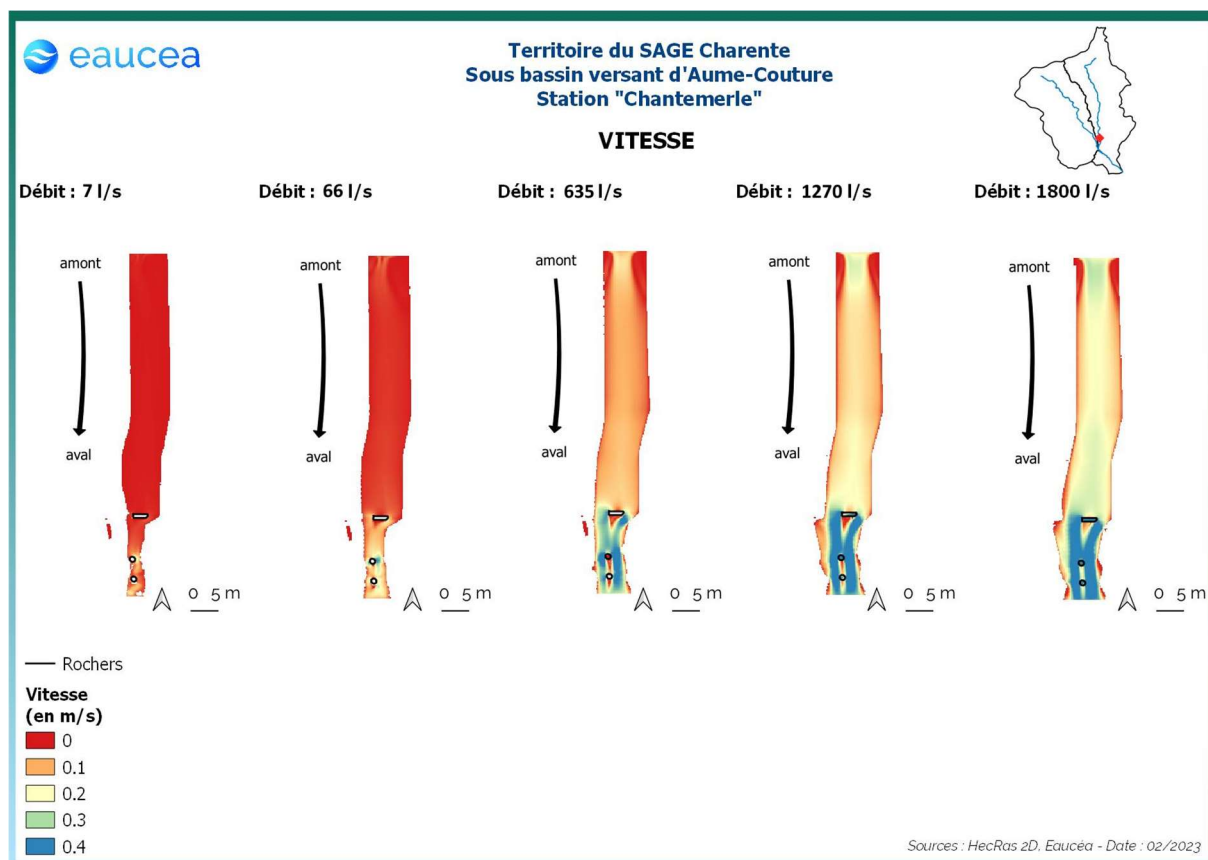


Figure 43: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Chantemerle à différents débits

Cette station sur l'Aume ne présente que des vitesses d'écoulement faibles à bas débit et l'évolution des débits entraîne une augmentation importante de ces vitesses dans le radier aval ainsi que dans un rétrécissement en amont de la station. Le radier en aval dépasse les 20 cm/s dès 66 l/s, à 635 l/s ces deux zones rapides sont clairement visibles (en bleu/vert). La modélisation des vitesses nous permet ainsi d'identifier les habitats courants favorables aux espèces rhéophiles comme la vandoise et la truite 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 lenticques présente en effet une forte valeur descriptive de l'habitat des invertébrés inventoriés dans le bassin charentais.

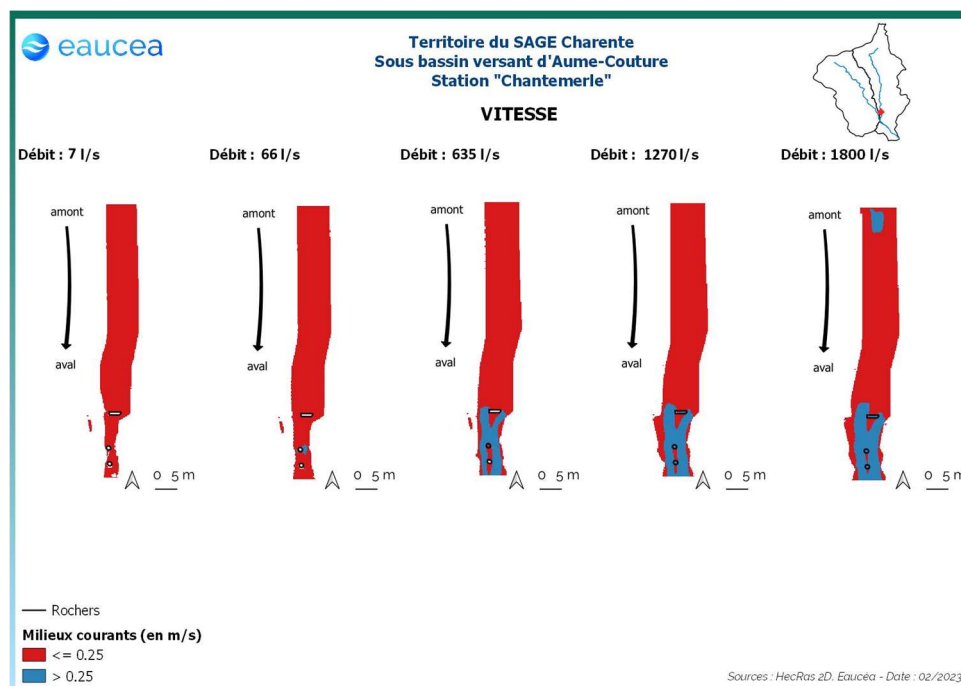


Figure 44: Evolution des milieux courants sur la station de Chantemerle

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles est quasi nulle en débit d'étiage. L'accélération des vitesses d'écoulements au niveau du radier aval est effective à la moitié du module (635 l/s). A des débits plus importants, la situation n'évolue pas. Les effets des trois blocs rocheux dans l'aval de la station sont ici clairement visibles avec la création d'abris hydrauliques, bénéfiques pour le chabot et les stades juvéniles des autres espèces.

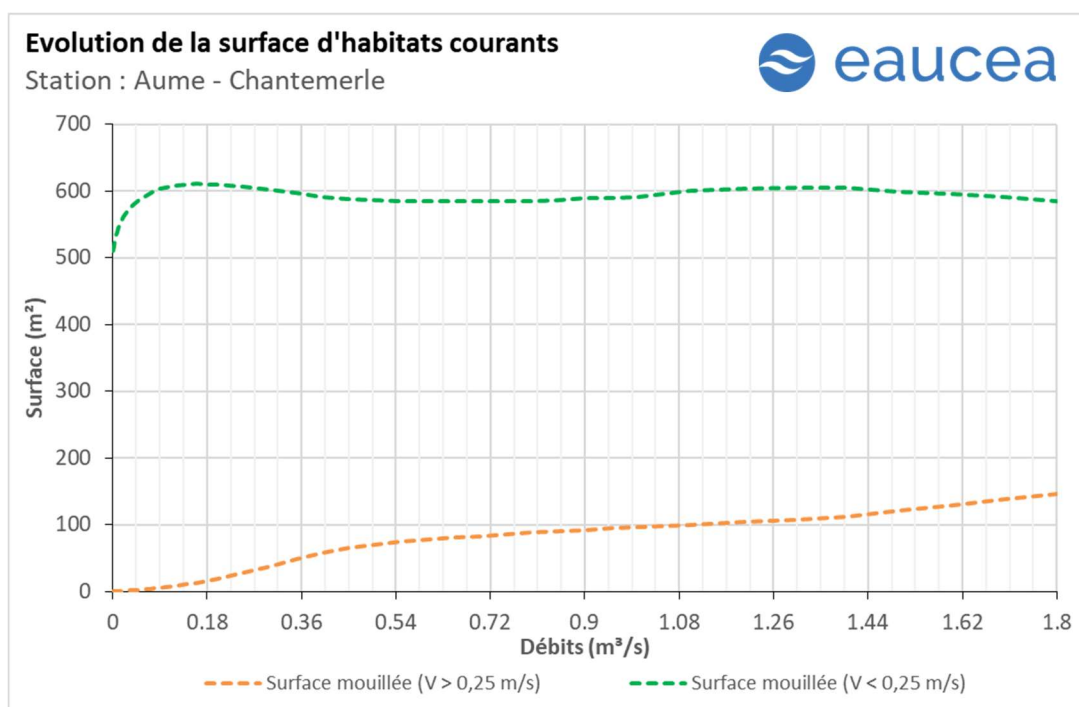


Figure 45 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert)

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

**En étiage, soit en dessous de 123 L/s, les surfaces rapides sont inférieures à 1%. Cet objectif ne peut pas être retenu pour le débit biologique d'étiage.**

**Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 450 l/s (correspondant à un débit dépassé 59 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est atteint pour environ 1800 L/s (débit de débordement dépassé 29 % du temps). Il est trop élevé pour la station.**

**En conséquence, il est recommandé à titre conservatoire, de viser uniquement en période de transition et de hautes eaux un seuil de 10% soit 450 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  $\tau^{*2}$  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 Chantemerle, la mise en mouvement des particules fines dans le radier aval se fait dès que le débit dépasse 7 l/s et 66 l/s dans le secteur central de la station. Ces débits sont atteints la majorité de l'année et correspondent à un débit d'étiage minimal et moyen sur ce secteur. Lors de la saison des hautes eaux, des particules plus volumineuses peuvent être mise en mouvement. La station n'est donc pas vulnérable au colmatage.

### 5.4.2 Entretien des frayères

La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Concernant les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre, seul le radier aval entre en mouvement lorsque le débit dépasse 650 l/s soit la moitié du module.

Concernant les particules de 10 millimètres, aucune mise en mouvement n'est observable, peu importe le débit.

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

### 5.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 66L/s en étiage.

---

<sup>2</sup> Paramètre de Shields (cf note méthodologique)

Des périodes de débit supérieur à 650L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juin) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.

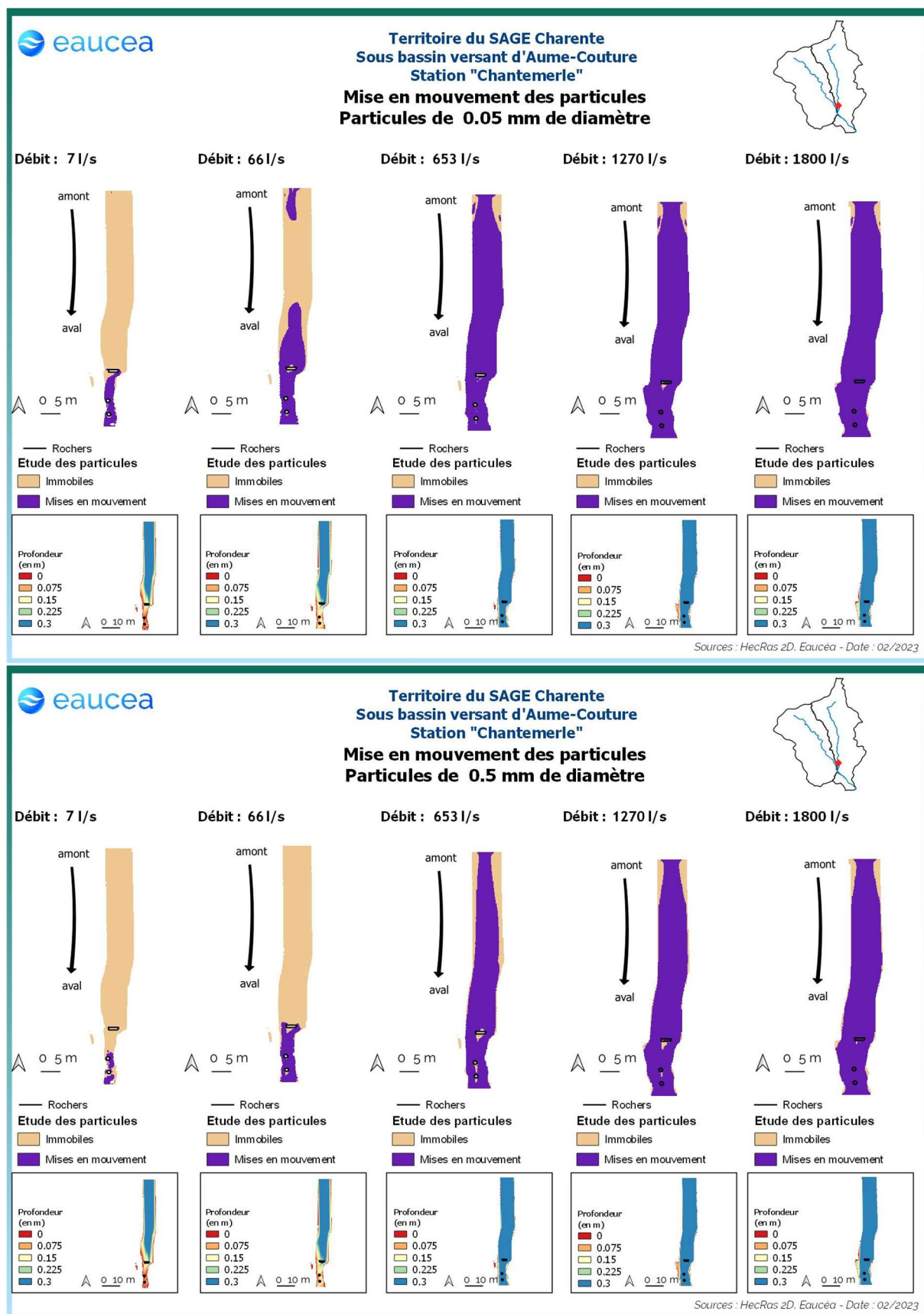


Figure 46 : Mise en mouvement des particules fines sur la station de Chantemerle

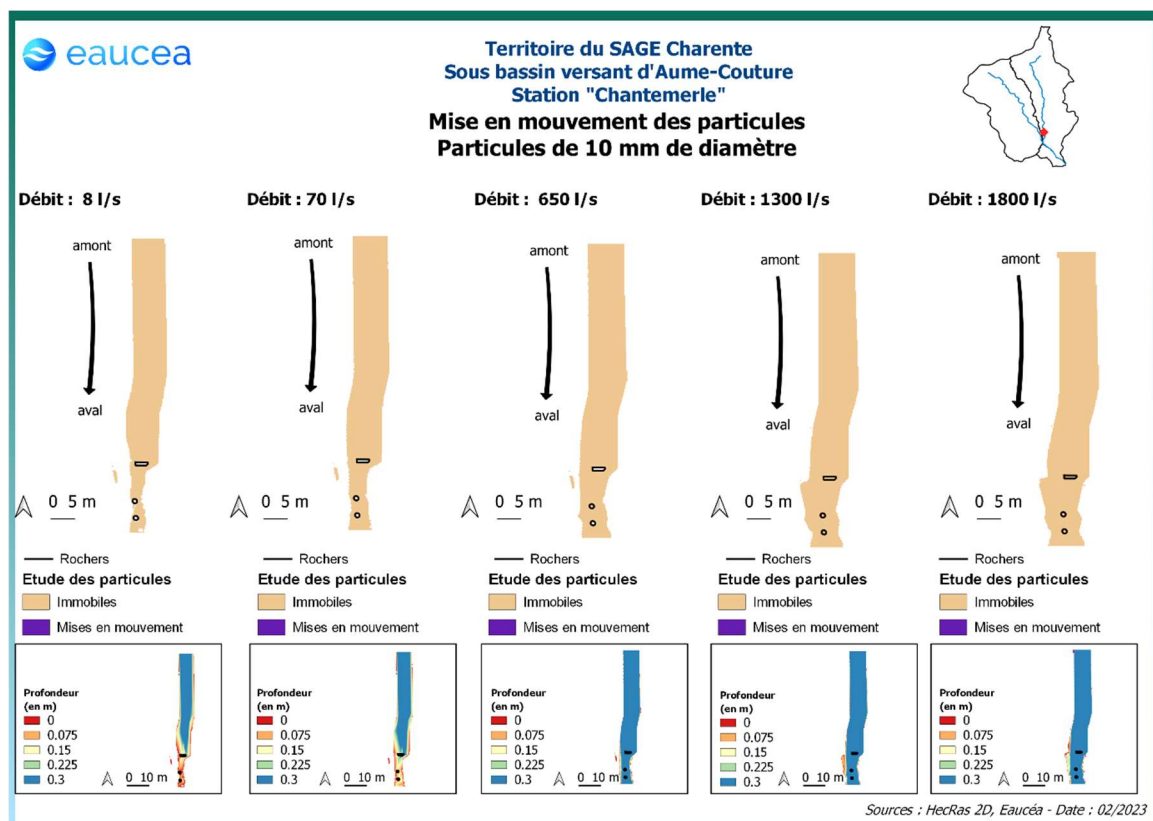
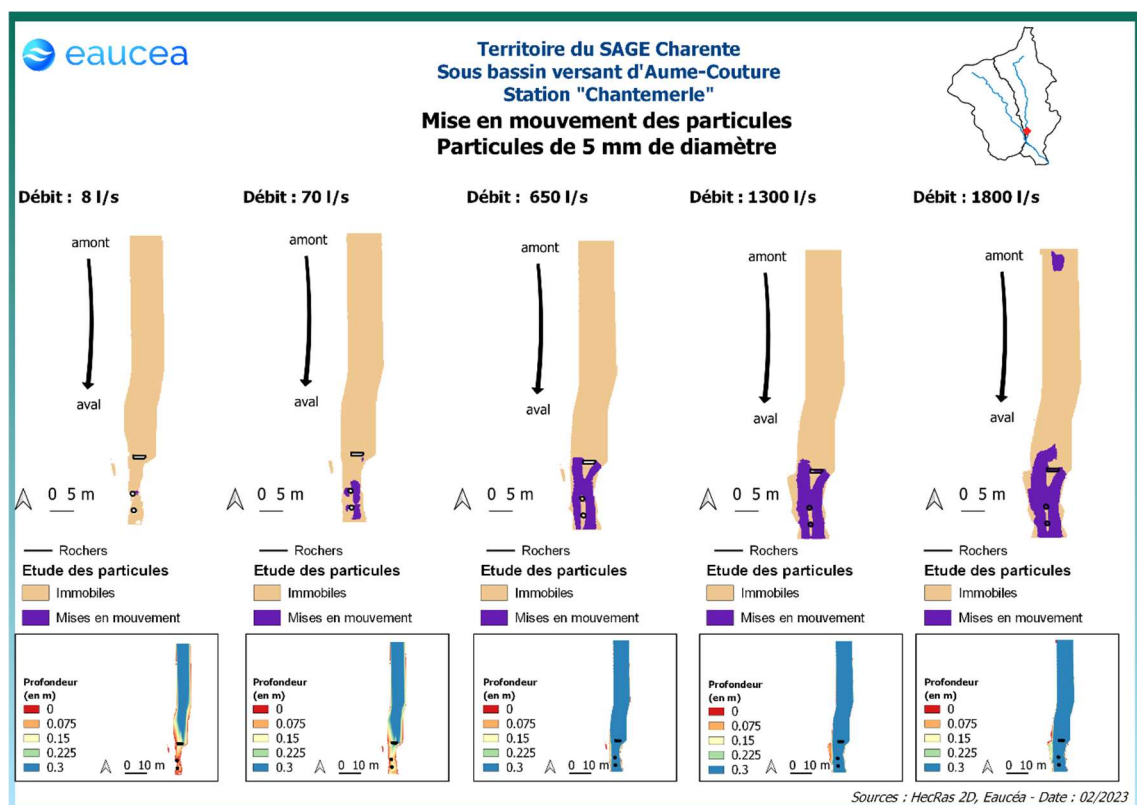


Figure 47 Mise en mouvement des particules grossières sur la station de Chantemerle

## 5.5 Connectivité longitudinale

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

La connectivité de cette station sur l'Aume est aisée pour les petites espèces à un débit de 30 l/s. Elle ne l'est plus pour 20 l/s.

La connectivité de la station est encore garantie pour les grandes espèces à un débit de 60 l/s. Elle ne l'est plus à 50 l/s.

**La valeur de 60L/s est recommandée en toute saison.**



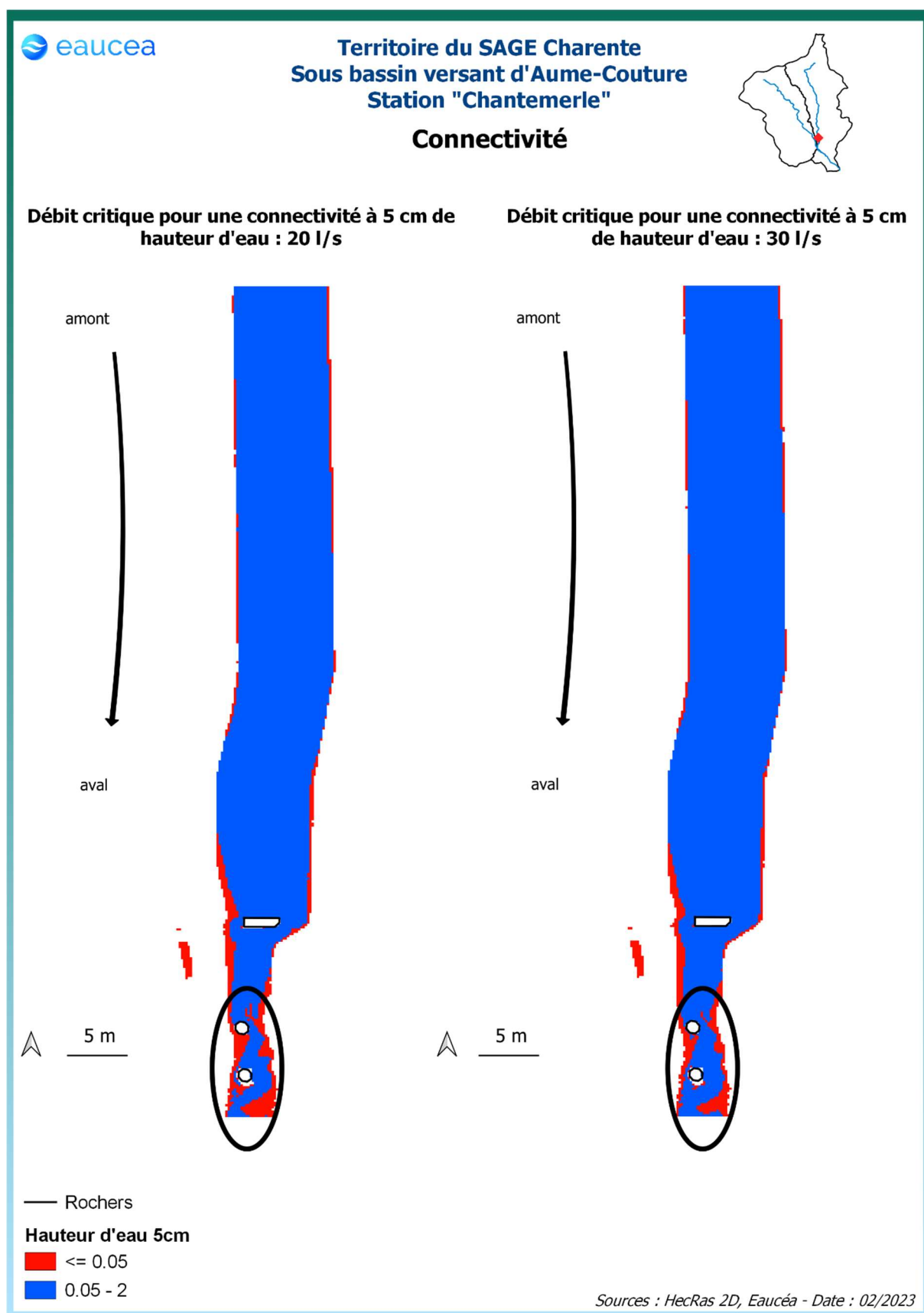


Figure 48: Connectivité de la station de Chantemerle pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

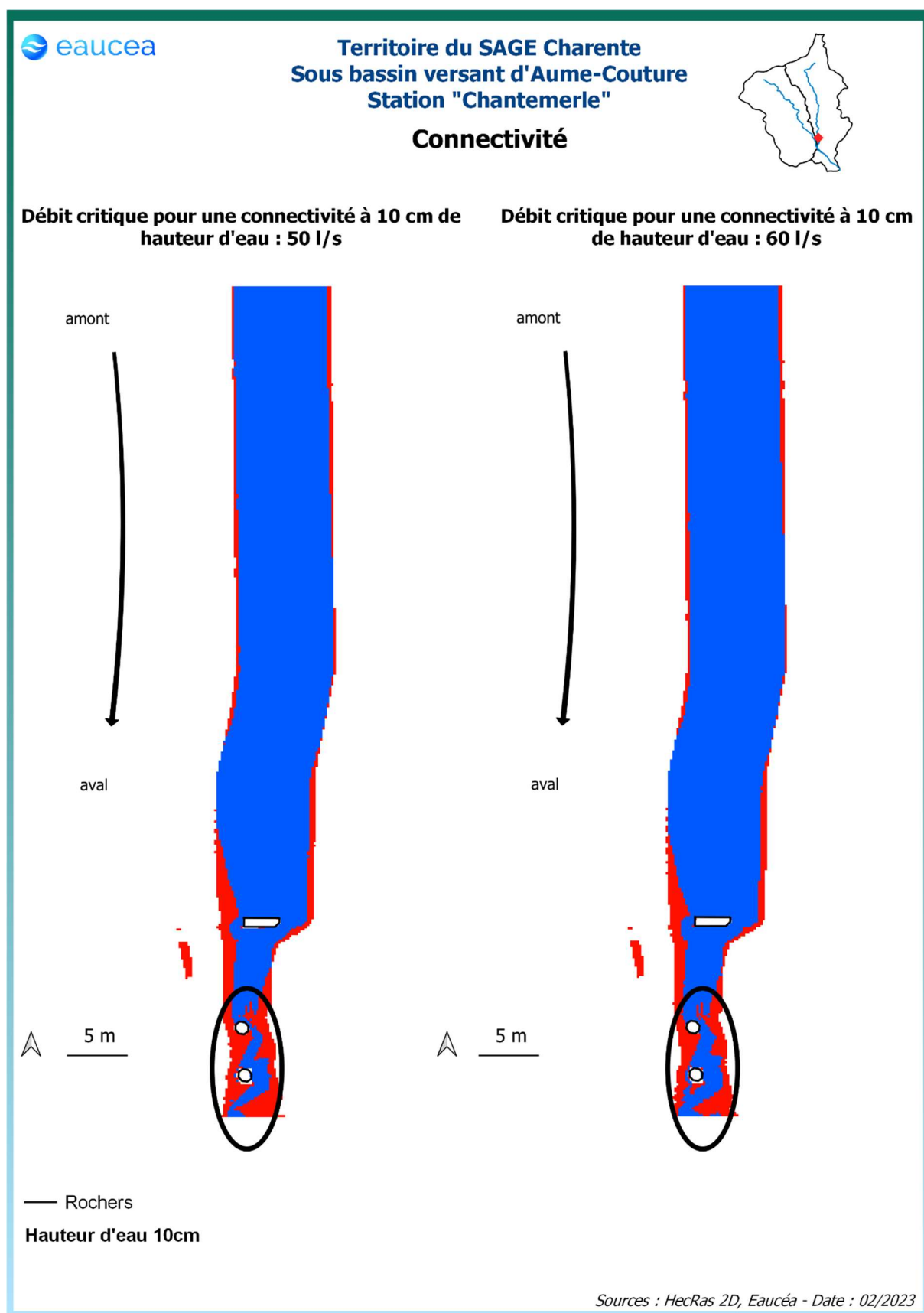


Figure 49: Connectivité de la station sur l'Aume pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

## 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.

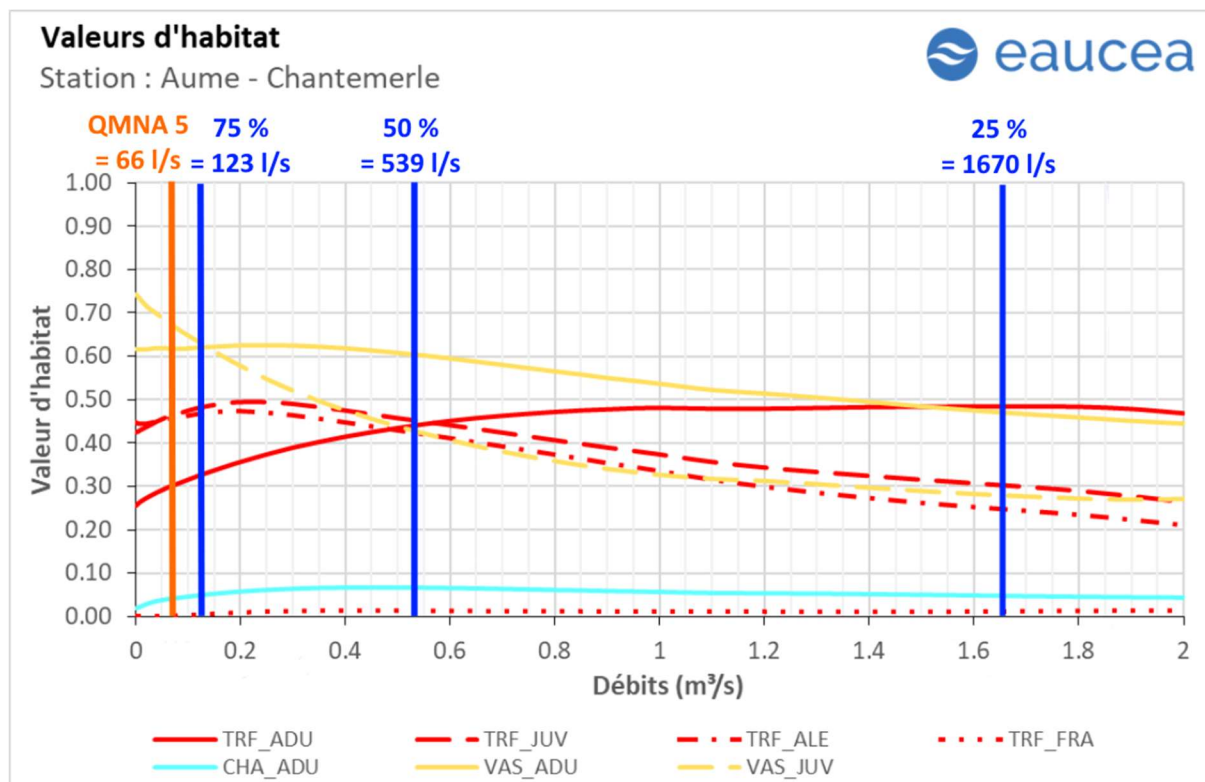


Figure 50: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle

La station est favorable au vairon adulte, sa valeur d'habitat est d'environ 0.60 aux bas débits et chute avec l'élévation du débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'un peu plus de 0.45. Pour le juvénile, la valeur est de 0.75 à bas débit et chute aux environs de 0.30.

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 0.20. Il convient de modérer ce constat par le fait que le chabot se contente de petite placette de l'ordre du mètre carré dans les abris hydrauliques. Le potentiel est donc faible mais pas nul y compris en étiage.

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

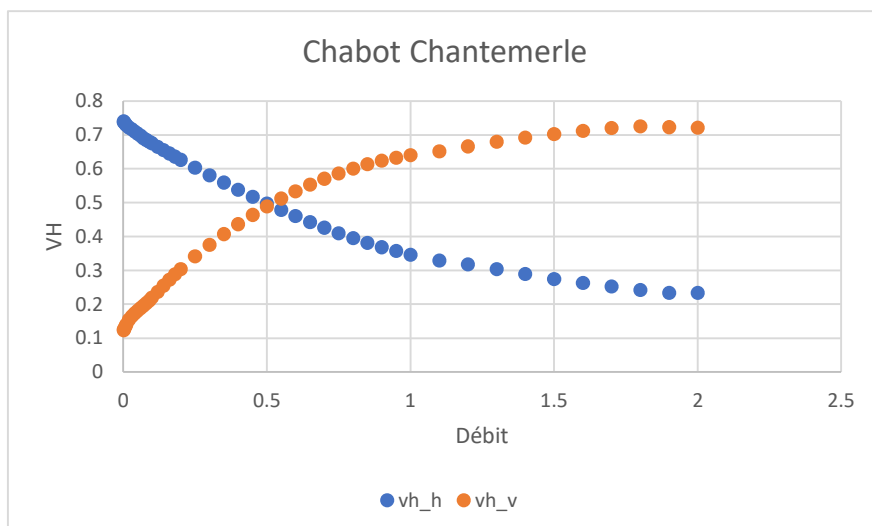


Figure 51 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

A propos de la truite 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 plafond à 0.50. Le juvénile et l'alevin présentent des dynamiques semblables avec un maximum de valeur d'habitat aux environs de 180 l/s avec 0.5 pour les deux stades avant d'entamer une chute à mesure que les débits augmentent et que la valeur se stabilise à 0.3 pour le juvénile et 0.25 pour l'alevin. L'habitat de frayère sur cette station est quasi nul à tous les débits.

### 5.6.2 SPU en $m^2$ et en variations relatives

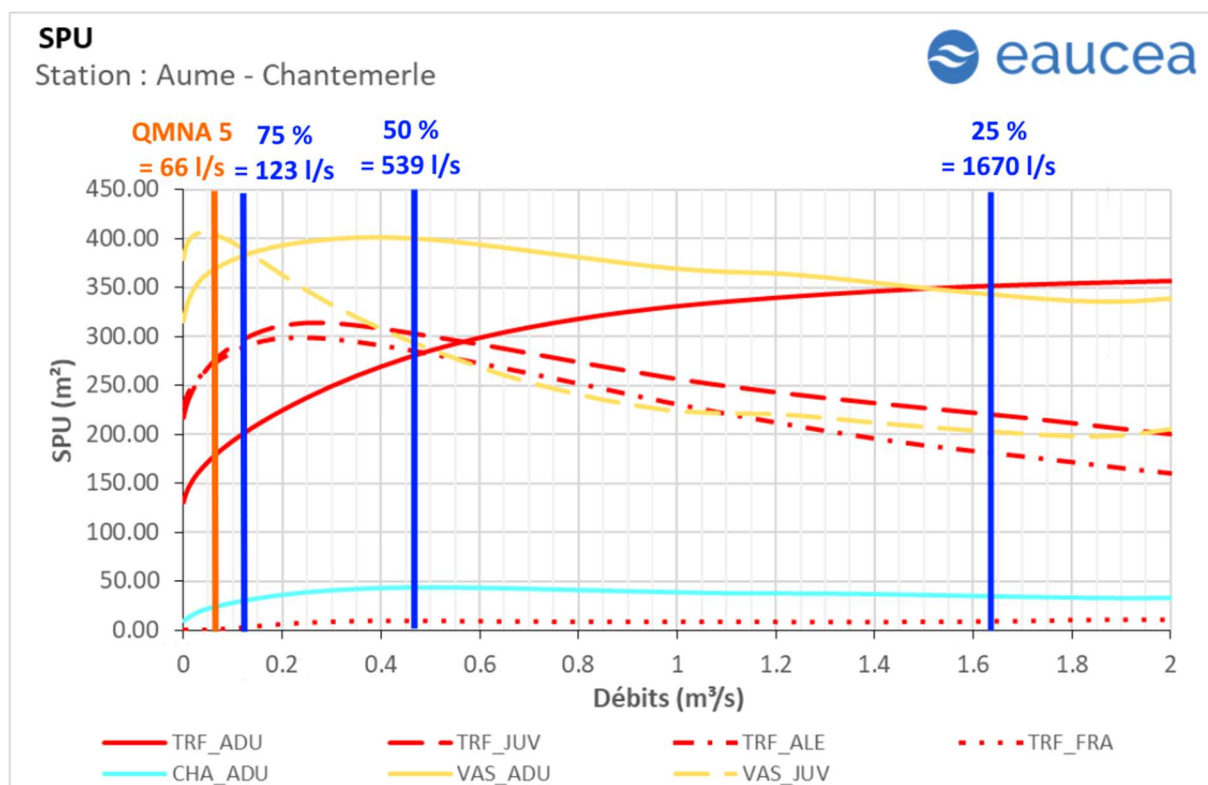


Figure 52: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle

En orange : le QMNNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

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

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

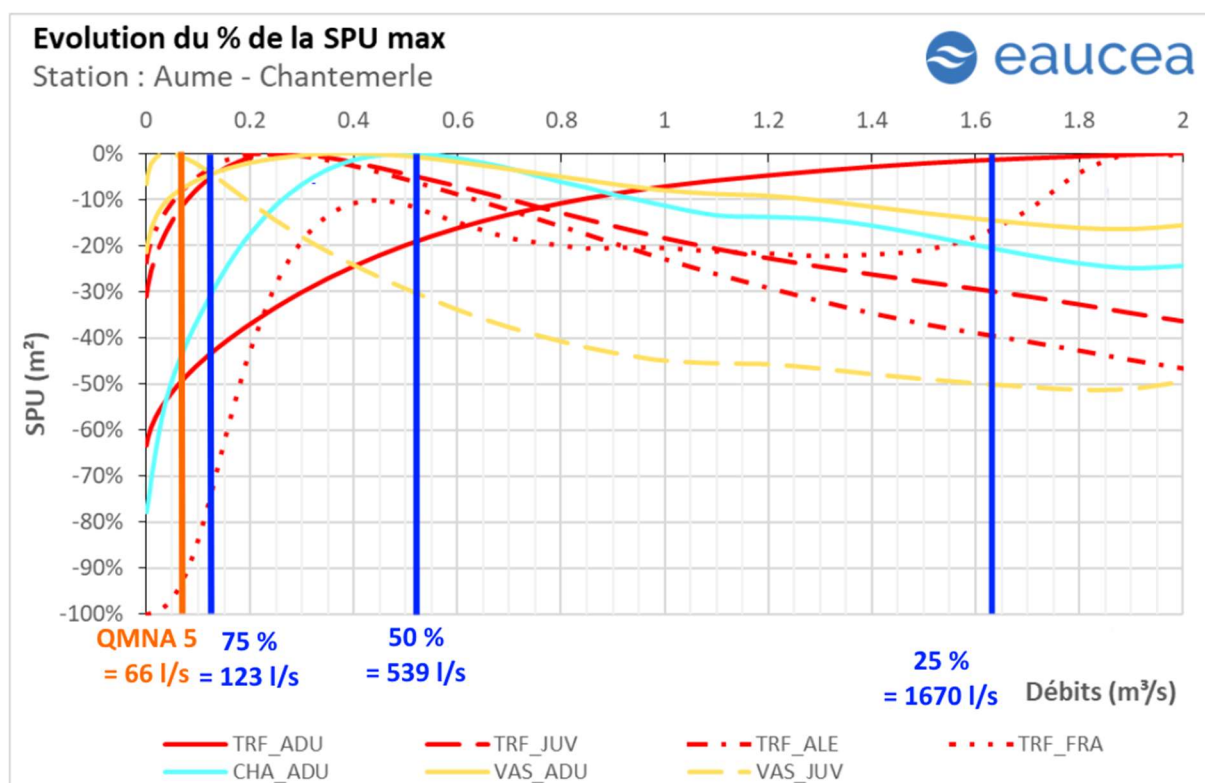


Figure 53: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

### 5.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 180L/s et 400 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présentent un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU. Les cibles biologiques à fortes valeurs patrimoniales (directrices) sont la truite adulte et le chabot.

Pour la truite adulte, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 500L/s, valeur correspondant au débit de transition. Il pourra être conservé comme plancher de débit biologique entre novembre et mai, période couvrant la reproduction des truites. Pour la fraie, le potentiel maximal est atteint à 400L/s. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 500 L/s.**

En étiage, le milieu est moins favorable aux grandes espèces sauf pour les stades juvéniles. Le graphique ci-dessous montre que le potentiel pour les juvéniles de truites franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 30L/s. Pour le chabot ce seuil de 80% correspond à 180L/s. La situation se dégrade plus rapidement à partir de 40L/s (fort gradient de baisse). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 180L/s.**

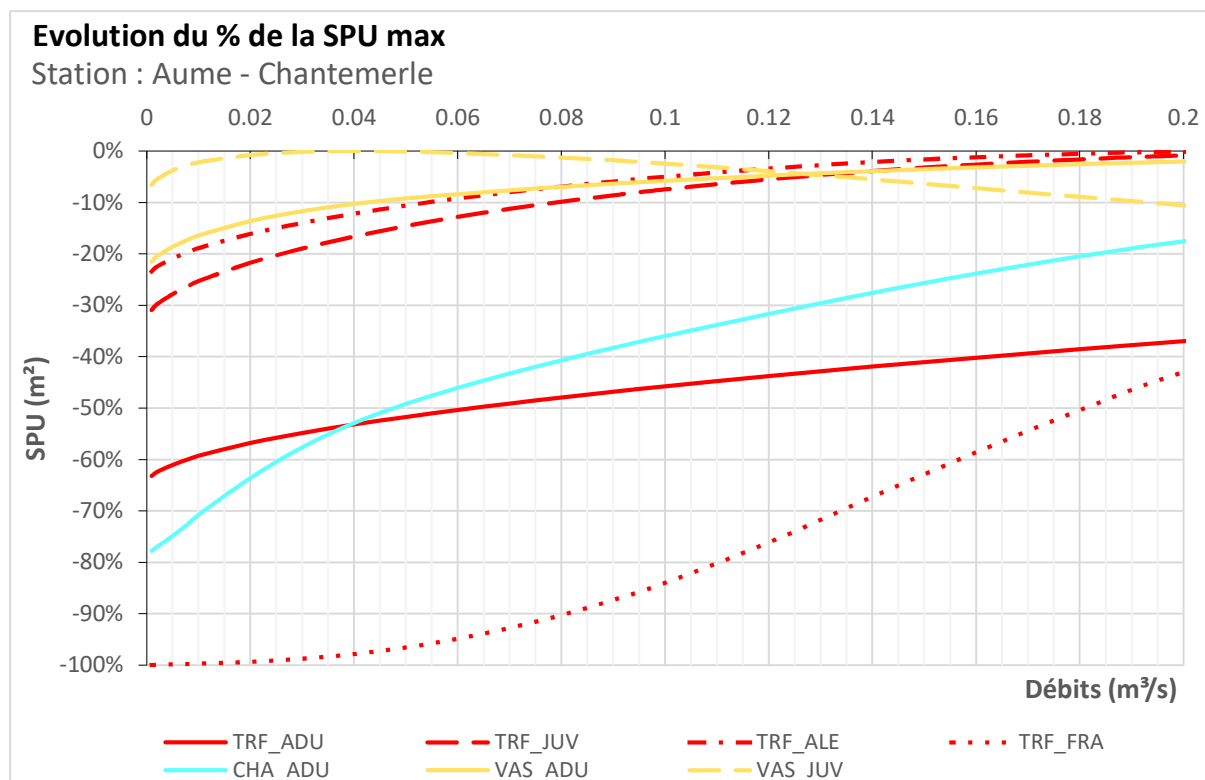


Figure 54 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station de Chantemerle

## 5.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Chantemerle (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, de juillet à octobre, le chabot est l'espèce la plus sensible et pilote le choix de la valeur basse du meilleur compromis fixée à 180 L/s.

En tolérant une perte de 20% de surface pour cette espèce, qui peut tolérer temporairement des habitats réduits en termes de surface, vis-à-vis de cette valeur de référence, le débit plancher s'établit à 100L/s, valeurs atteinte ou dépassée 85% du temps. Pour cette valeur, la connectivité est garantie pour toute taille et la surface mouillée est juste supérieure à 80% du maximum.

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

**La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc de 100 L/s à 180 L/s.**



Matrice Chantemerle														
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade								Qref		
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.03	0.04	0.06	0.07	0.10	0.12	0.14	0.18	0.40	0.45
Principal		% des débits classés			100%	99%	96%	93%	85%	81%	78%	73%	61%	59%
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite farlo	Adulte	-27%	-24%	-19%	-17%	-12%	-8%	-5%	219	23%	27%
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite farlo	Juvenile	-18%	-15%	-11%	-10%	-6%	-4%	-2%	309	0%	-1%
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite farlo	Alevin	-14%	-12%	-9%	-8%	-4%	-3%	-2%	297	-2%	-3%
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-47%	-41%	-32%	-29%	-20%	-14%	-9%	34	24%	25%
Principal	Habitat	VAS_ADU	Valron	Adulte	-9%	-8%	-6%	-5%	-3%	-2%	-1%	391	3%	2%
Principal	Habitat	VAS_JUV	Valron	Juvenile	10%	10%	9%	9%	7%	5%	4%	370	-17%	-20%
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	3%	9%	10%
Principal	Surface mouillée	% du maximum			75%	76%	78%	79%	80%	81%	82%	82%	85%	86%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	non	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 55 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre l'accès aux frayères et la présence de truites adultes sur le secteur. **Le débit de référence hiver est fixé à 500 L/s. Pour la truite 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 350 L/s.**

Concernant le décolmatage des frayères, le débit de 650 L/s a été proposé. Il se situe au-delà de la gamme minimale proposé mais est réalisé 48 % du temps ce qui garantit son occurrence sur au moins une partie de la période automnale.

**La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 350 L/s à 650 L /s.**

Matrice															Chantemerle					Hautes eaux et transition				
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade							Qref													
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.12	0.18	0.20	0.30	0.35	0.45	0.50	0.65	1.30	1.80										
Principal		% des débits classés			81%	73%	71%	66%	64%	59%	57%	52%	36%	29%										
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-30%	-23%	-21%	-13%	-9%	-3%	286	7%	20%	24%										
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-1%	3%	4%	4%	4%	1%	301	-4%	-21%	-30%										
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	2%	5%	6%	5%	4%	2%	282	-5%	-28%	-39%										
Principal	Habitat	TRF_FRA	Truite fario	Frai	-73%	-44%	-36%	-9%	-3%	1%	10	-6%	-13%	8%										
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			1%	3%	3%	6%	7%	10%	11%	12%	15%	20%										
Principal	Surface mouillée	% du maximum			81%	82%	83%	84%	85%	86%	86%	87%	94%	96%										
Synthèse indicateurs principaux																								
Habitat	SPU																							
Habitat	Habitats rapides																							
Habitat	Surface mouillée																							
Résultat																								

Figure 56 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

## 6 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME – STATION « BIEF »

### 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 pour différentes conditions de débits.

#### 6.1.1 Description de la station

##### Localisation et position des transects de mesure

La station Aume « Bief » est située sur le cours d'eau principal de l'Aume, environ 3,5 km en aval du village d'Aigre (17) et moins de 3 km en amont de la confluence avec la Charente.

Elle est située dans un plan d'eau généré par un barrage pour l'irrigation. Elle s'étend sur environ 100 m de long, la limite aval étant formée par le barrage lui-même. En amont rive droite du barrage, on note le départ d'un bras secondaire de l'Aume.

Au total, 8 transects ont été positionnés sur le linéaire de la station, ils permettent de rendre compte de la bathymétrie du plan d'eau sur l'Aume à ce niveau (profondeurs). Ils sont localisés ci-dessous.

Le barrage est constitué de 12 vannes tablier pouvant surverser.

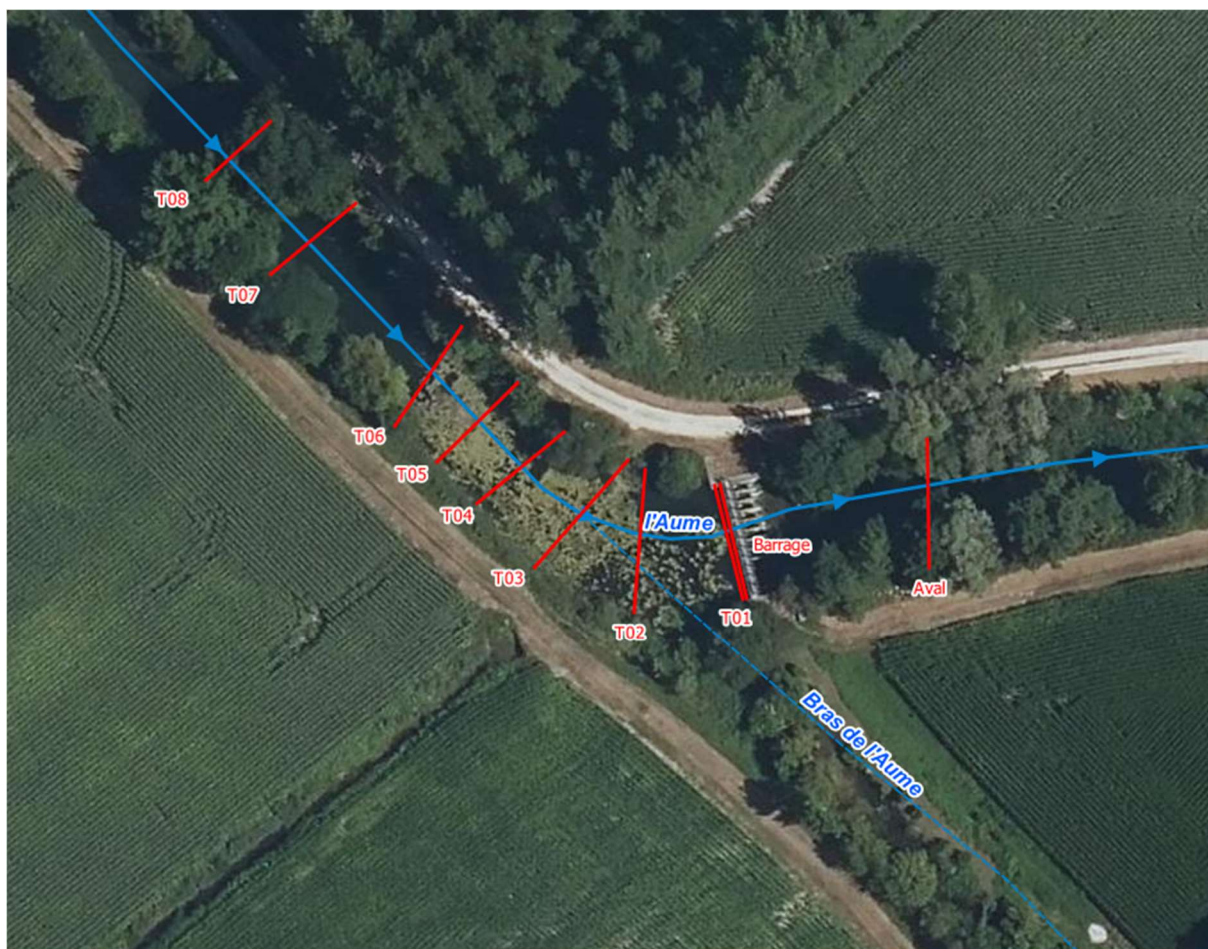


Figure 57 : Position des transects de mesure de la station d'Aume « bief »

### Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 19/07/2022.

Lors des mesures, toutes les vannes du barrage étaient en positions abaissées. Les écoulements se faisaient soit par surverse au-dessus des tabliers de certaines vannes, soit par des fuites en pied de vannes.

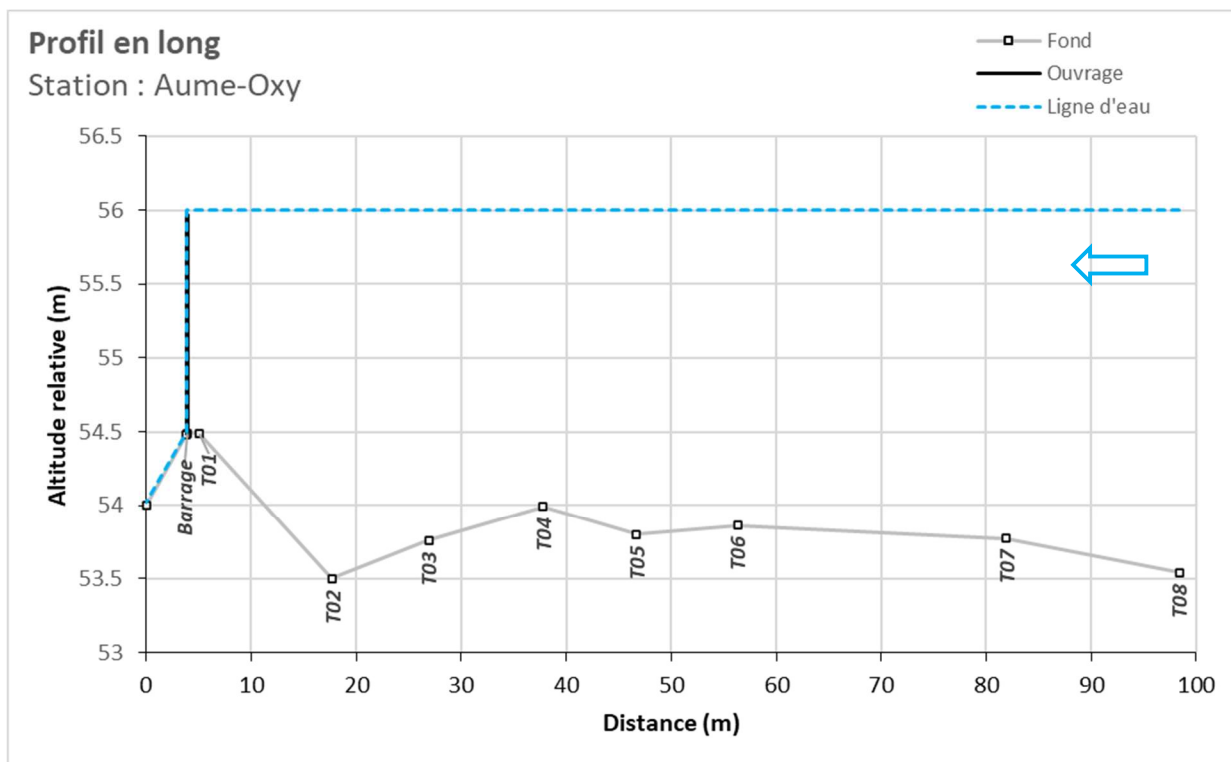
La venue sur site a permis la prise de mesure suivantes le long de la station :

- Points topographiques sur les berges, l'ouvrage et des niveaux d'eau le long de la station ;
- Profils bathymétriques dans le plan d'eau au droit des 8 transects
- Jaugeage du débit transitant dans la station, mesuré avec un profileur de courant à effet doppler.

Le débit mesuré le jour de la venue sur site (au niveau de la passerelle située environ 150 m en amont de la station) était de 163 l/s. Cette valeur étant toutefois entachée d'une incertitude élevée du fait des vitesses d'écoulement extrêmement faibles le jour des mesures, largement influencées par l'effet du vent.

### 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 :



### 6.1.2 Modélisation hydraulique de la station

#### Principes du modèle

Une modélisation hydraulique 1D a été mise en œuvre, à l'aide du logiciel HEC-RAS 1D, permettant de calculer les paramètres physiques descriptifs de la station : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement à différentes conditions de débits.

Les données bathymétriques et topographiques acquises sur le terrain ont été exploitées afin d'élaborer une représentation topographique de la station sous forme de transects ou profils en travers successifs.

Entre les profils en travers, une interpolation est réalisée afin d'affiner la discrétisation géométrique de la station et optimiser le calcul.

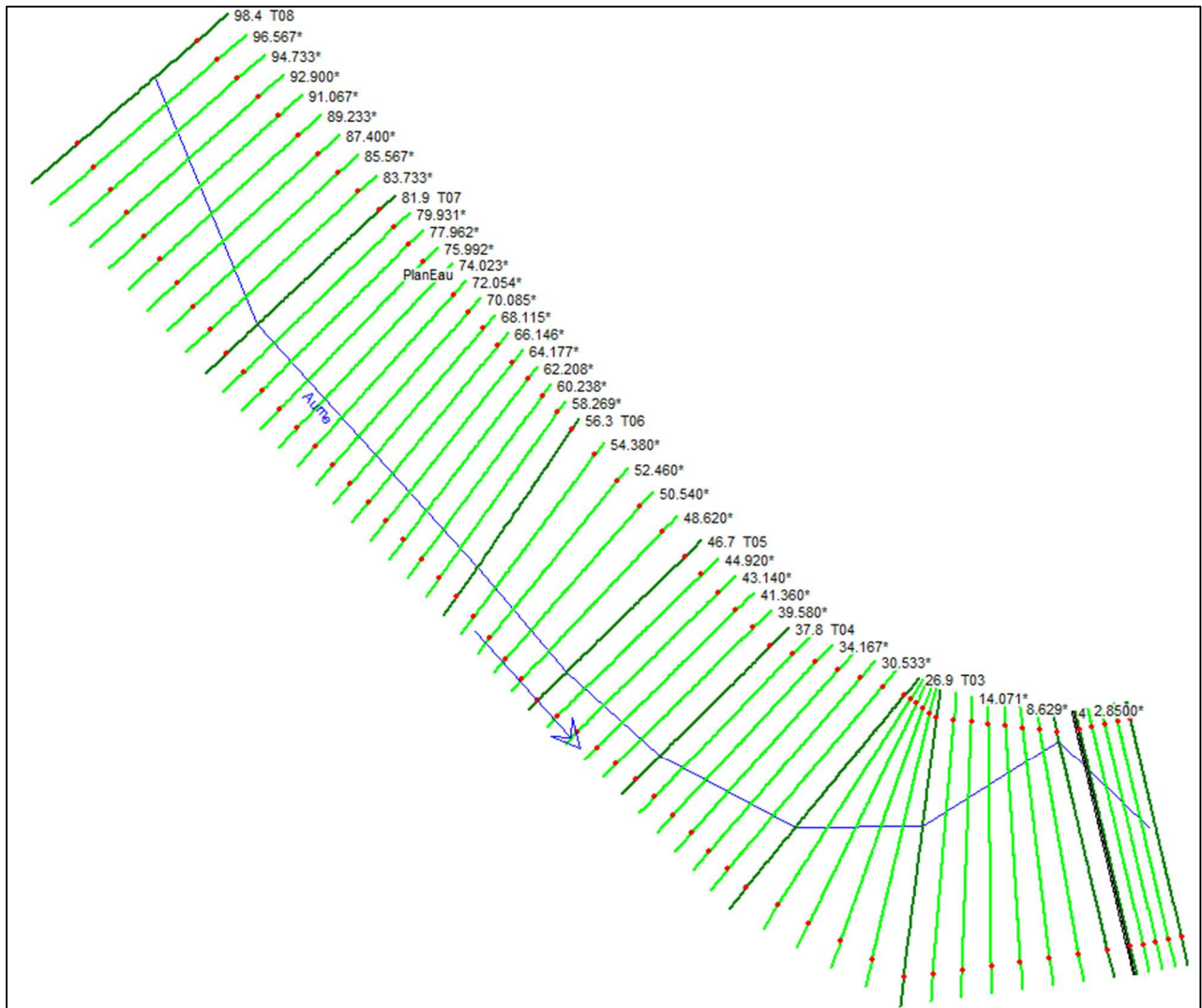
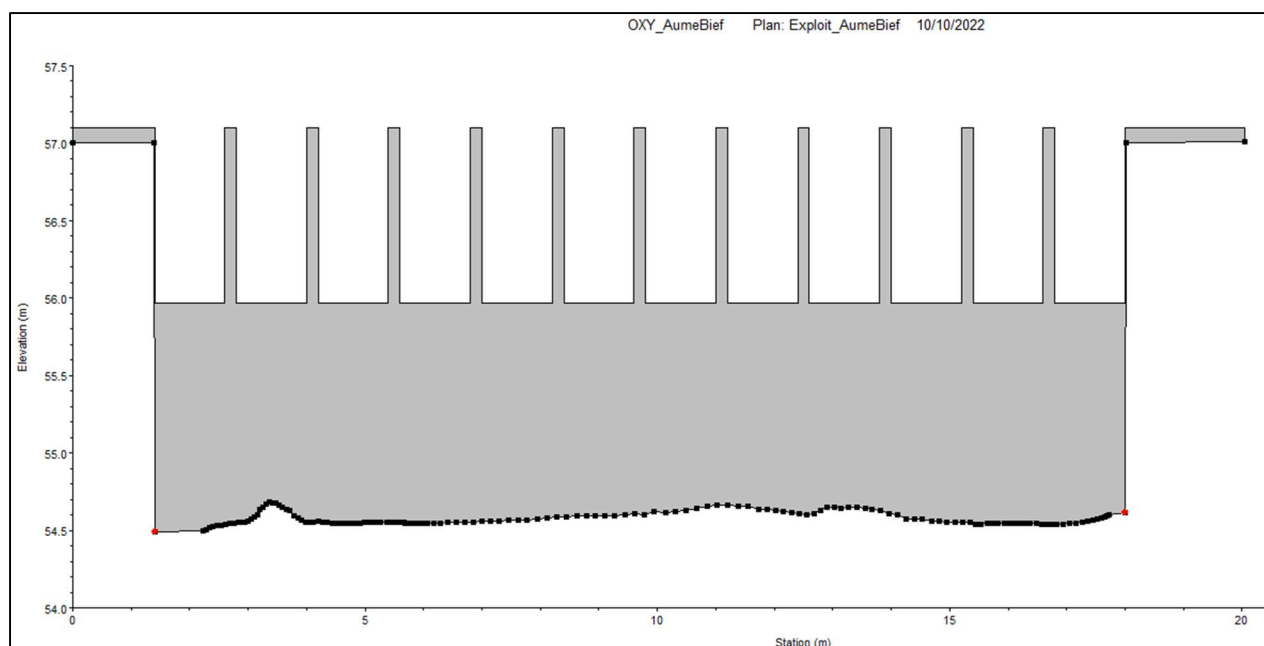


Figure 58 : Discretisation topographique de la station modélisée

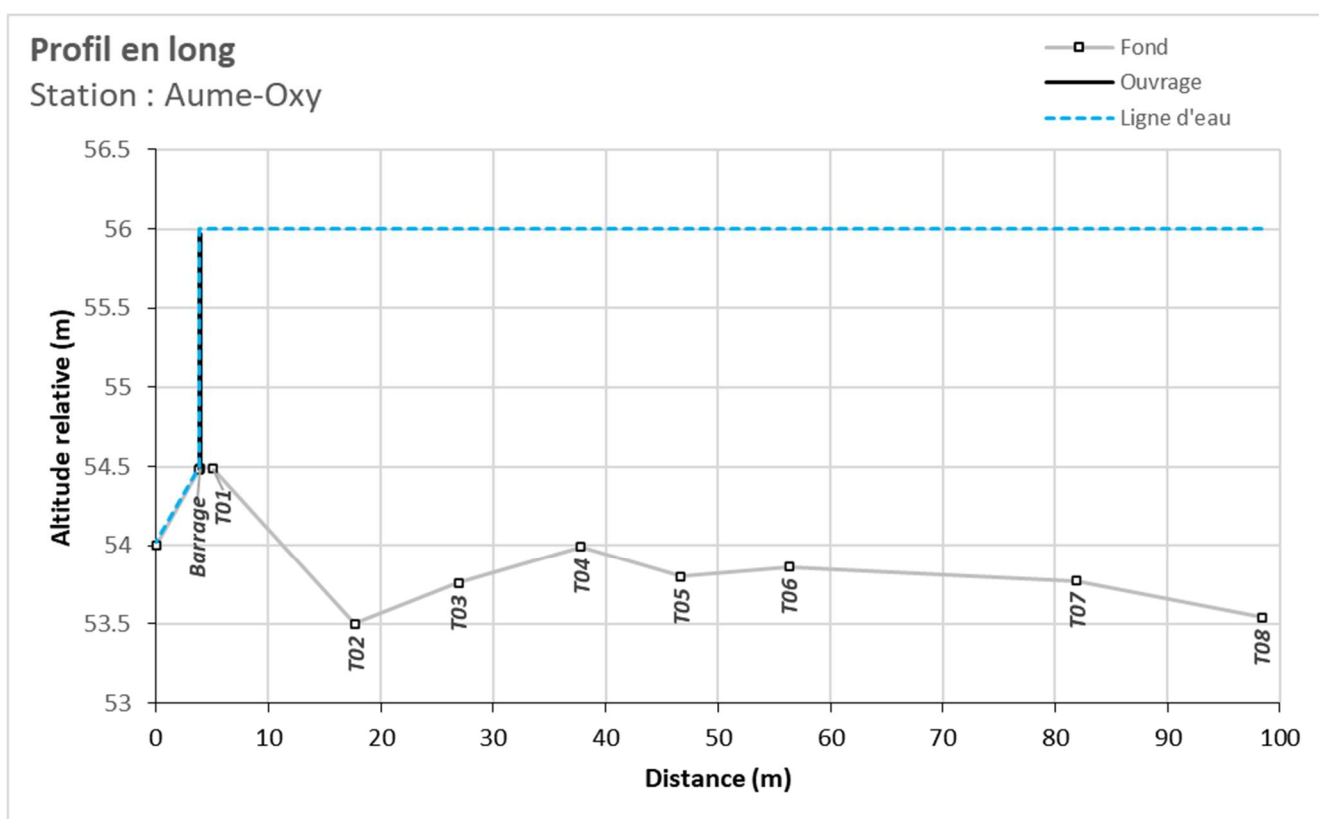
L'ouvrage terminal, est représenté dans sa configuration fermée, comme une succession de 12 petits seuils déversant, correspondant aux sommets de vannes.





### Calage du modèle

Le calage consiste à calibrer les paramètres physiques descriptifs de la station, en l'occurrence le frottement exprimé par le Manning (ou Strickler), de manière à reproduire le plus fidèlement possible la situation observée lors de mesures.



Les lignes d'eau ont pu être correctement reproduites.



### Simulations réalisées

Une fois le modèle calé, il peut être exploité pour différentes conditions de débits incidents en amont de la station.

Des simulations ont été réalisées pour plusieurs débits en régime permanent, sur une gamme allant de 50 l/s à 500 l/s.

#### 6.1.3 Exploitation des résultats

Les résultats seront exploités de manière à déterminer un débit permettant de maintenir l'oxygénation de la station en période de basses-eaux.

## 6.2 Oxygénation de la station

### 6.2.1 Points de qualités réalisés

Le relevé des caractéristiques physiques a été doublé d'une succession longitudinale de points de contrôle des deux paramètres qualitatifs sensibles au brassage des eaux (Oxygène, température). Le jour des mesures, la température moyenne relevée dans l'eau était de 22 °C.

8 profils de l'oxygène (point A à H) ont été réalisés entre la surface et le fond dans les zones les plus profondes.

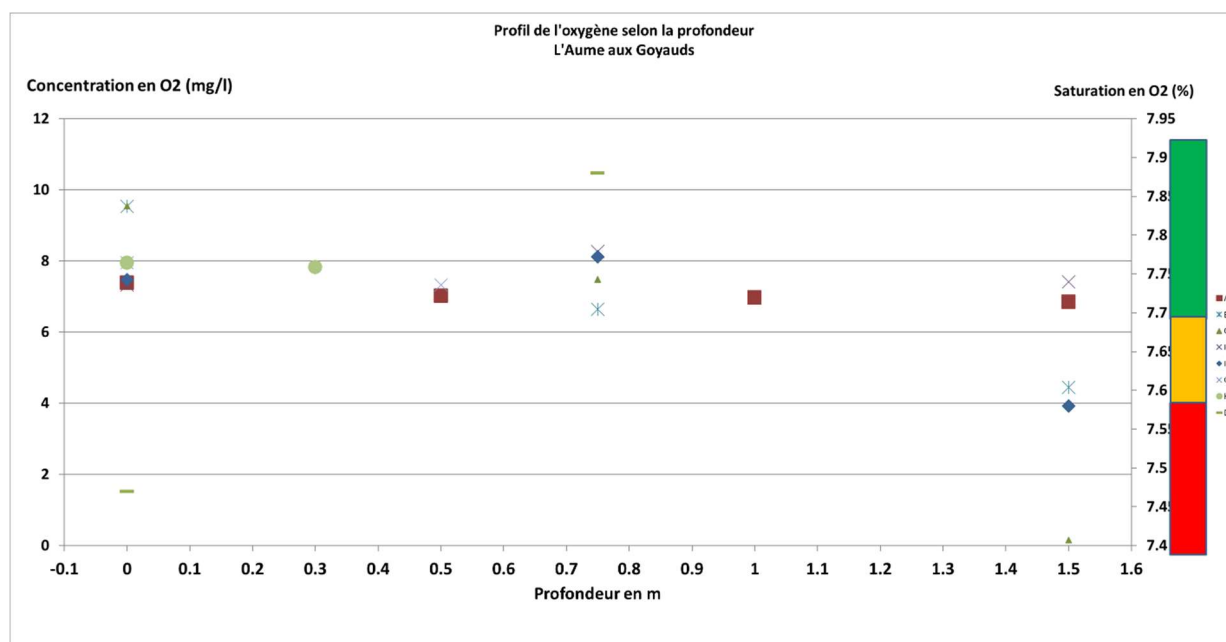


Figure 59 : Profils réalisés aux Goyauds pour un débit de 163 l/s

Le relevé des paramètres à un débit de 163 l/s, correspondant à moins que le débit d'étiage moyen de l'Irstea de 254 l/s, révèle que la station est peu vulnérable à la désoxygénation même en cas de forte chaleur (canicule de l'été 2022).

### 6.2.2 Analyse des profils verticaux de l'oxygène et relation avec le débit

La teneur en oxygène dissous d'un cours d'eau est un paramètre qualitatif essentiel pendant la période d'étiage, notamment pour des cours d'eau lents. Ce paramètre a donc été plus finement analysé, afin de rendre compte des phénomènes particuliers qui ont été observés lors des campagnes de mesure.

Au fur et à mesure de son avancement dans le bief, le bilan en oxygène dissous d'une masse d'eau est fonction de plusieurs phénomènes de consommations :

- La consommation d'oxygène par dégradation de la matière organique ;
- La consommation d'oxygène par nitrification de l'ammoniac en nitrate ;
- La consommation d'oxygène des boues à l'interface eau – sédiment du fond du cours d'eau ;
- La consommation d'oxygène par respiration du phytoplancton et des algues.

Et de phénomènes d'apports d'oxygène

- La réoxygénation via l'interface eau – atmosphère ;
- La production d'oxygène par photosynthèse (algues et phytoplancton) efficace en journée ;
- La réoxygénation par chute d'eau au passage d'un seuil.

Les phénomènes précédents ont tendance à appauvrir en  $O_2$  le fond du cours d'eau et à enrichir la proche surface. Ce déséquilibre dans les cours d'eau est en général effacé par la diffusion de l'oxygène des zones à forte concentration vers les zones à faible concentration. Les flux d' $O_2$  au travers de la tranche d'eau sont inversement proportionnels au gradient de concentration, et fonction du coefficient de mélange de l'oxygène. *Plus ce coefficient est fort, plus les échanges sont rapides. **Ce coefficient de mélange est variable et dépend notamment de la turbulence de l'écoulement.***

Pour le plan d'eau de l'Aume, la forte profondeur augmente la difficulté de l'oxygène à diffuser vers le fond, où il est d'ailleurs consommé par le biofilm. Ce phénomène est comparable au sucre dissous dans du café : sans mélange, le sucre n'est pas homogénéisé dans la tasse...

Dans le cas de l'Aume à l'étiage, les débits faibles et la grande profondeur peuvent induire des vitesses très faibles (à peine quelques cm/s).

Grace à la modélisation hydraulique et aux observations de terrain, il est possible de qualifier le risque de désoxygénation sur des zones significatives en s'intéressant au coefficient de cisaillement. Une valeur seuil caractérisant **le risque de « non mélange des eaux » et donc d'hypoxie** est issue des observations de terrain en dessous de 0,001 à 0,002 Pa. La répartition de ce risque a été étudiée sur le profil en long du cours d'eau.

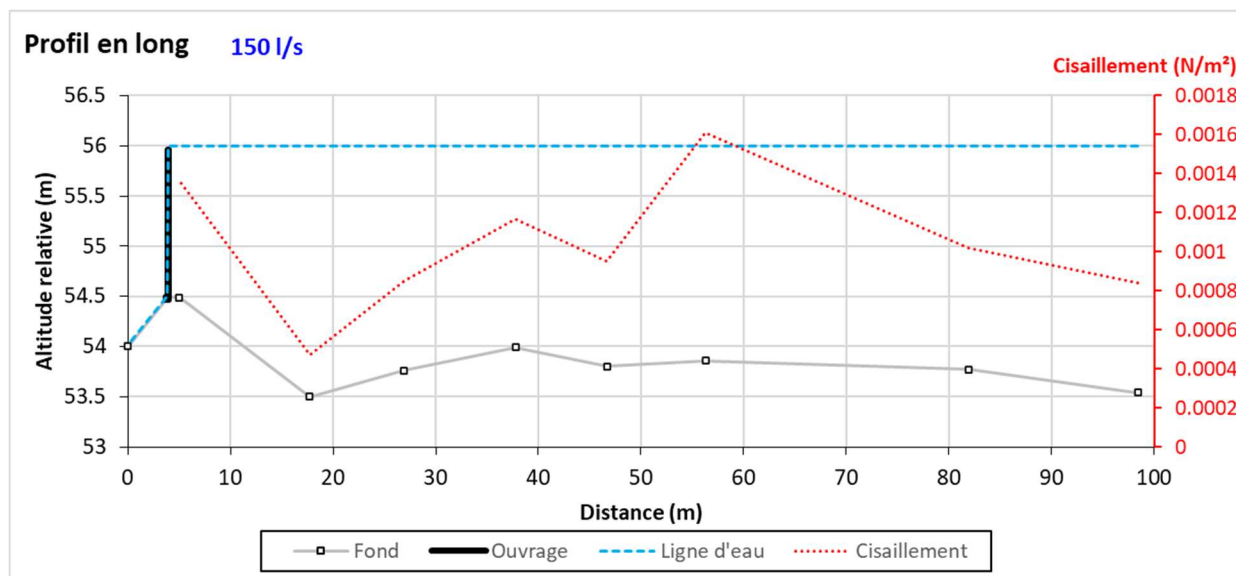


Figure 60 : Profil en long à un débit proche de la situation le jour de la venue sur site

Ce coefficient évolue avec le débit. Les situations à risque se réduisent rapidement avec l'augmentation du débit.

	PF	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10
Débit	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	
	Cisaillement N/m²										
T08	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.011
T07	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.007	0.009	0.011	0.013
T06	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.014	0.017	0.020
T05	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.010	0.012
T04	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014
T03	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.011
T02	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
T01	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.007	0.009	0.011	0.014	0.017

Figure 61 : Coefficient de cisaillement des différents transects en fonction du débit (en rouge : cisaillement nul, en jaune cisaillement entre 0.001 N/m² et 0.002 N/m² et vert cisaillement supérieur ou égal à 0.002 N/m²)

Afin de maintenir la bonne oxygénation de la station, un débit minimal d'étéage de 200 l/s est nécessaire à la station des Goyauds.

## 7 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME AUX GOYAUDS

### 7.1 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.

#### 7.1.1 Description de la station

##### Localisation et position des transects de mesure

La station est située environ 4 km en amont de la confluence avec la Charente (en rive droite) au village d'Aigre. Elle s'étend sur environ 60 m de long dans un secteur assez rectiligne, bien que présentant une légère courbure à droite au droit du linéaire choisi.

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

##### Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 27/07/2021 qui a permis la prise des mesures suivantes le long de la station :

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

Le débit le jour des mesures a été mesuré en 3 transects distincts, aboutissant à une valeur moyenne de 270 l/s.

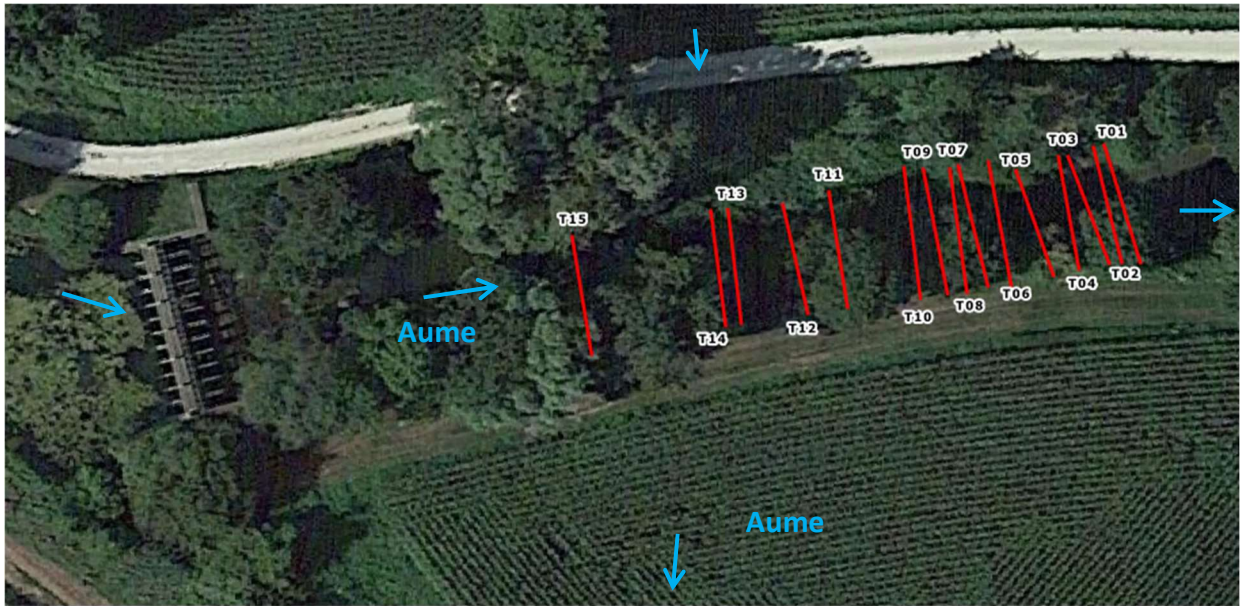


Figure 62 : Position des transects de mesure de la station DMB

#### 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 un profil globalement lent. La pente générale est faible.

L'amont de la station correspond à une sortie de mouille (plus profonde en rive droite), se rehaussant progressivement jusqu'à T14 formant un léger radier. Le faciès retrouve ensuite un profil de plan courant à lent jusqu'à T12 qui correspond à une petite mouille (plutôt en rive droite). Le fond remonte jusqu'à T11 puis garde ensuite un niveau minimal globalement constant jusqu'à T02, les faciès s'établissant entre les deux étant de type plat courant. Finalement en aval de la station, le profil s'accélère légèrement et le fond redescend brusquement (T01).

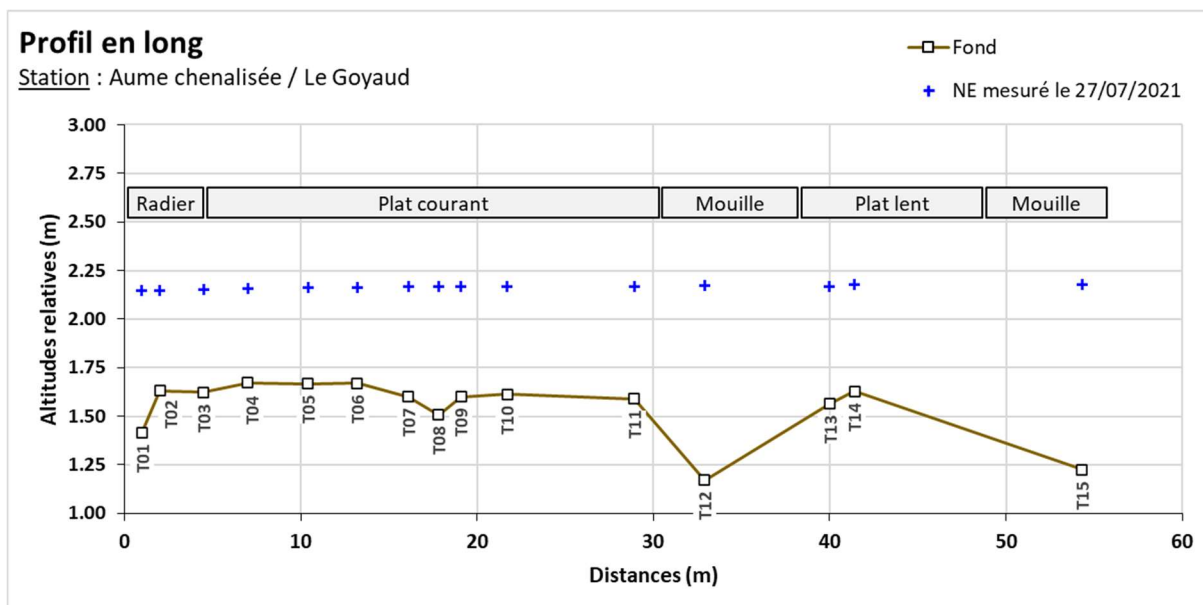
Les zones les plus profondes se situent le plus souvent du côté droit. Plusieurs embâcles étaient présents le jour des mesures, pouvant avoir une légère incidence sur l'hydraulique du site. Plusieurs mottes d'herbiers étaient également présentes, soit formant des saillies ponctuelles en rive gauche, soit formant de petits îlots au centre du lit.

- **Type de berges**

Les berges sont globalement assez verticales et végétalisées. Elles peuvent s'élever entre 1 m et 2 m au-dessus du niveau d'eau. Parfois des renforcements sont observés sur un intervalle de 1 ou 2 transects. Localement, elles apparaissent aussi moins pentues (zones de descente au cours d'eau).

- **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 :



### 7.1.2 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.



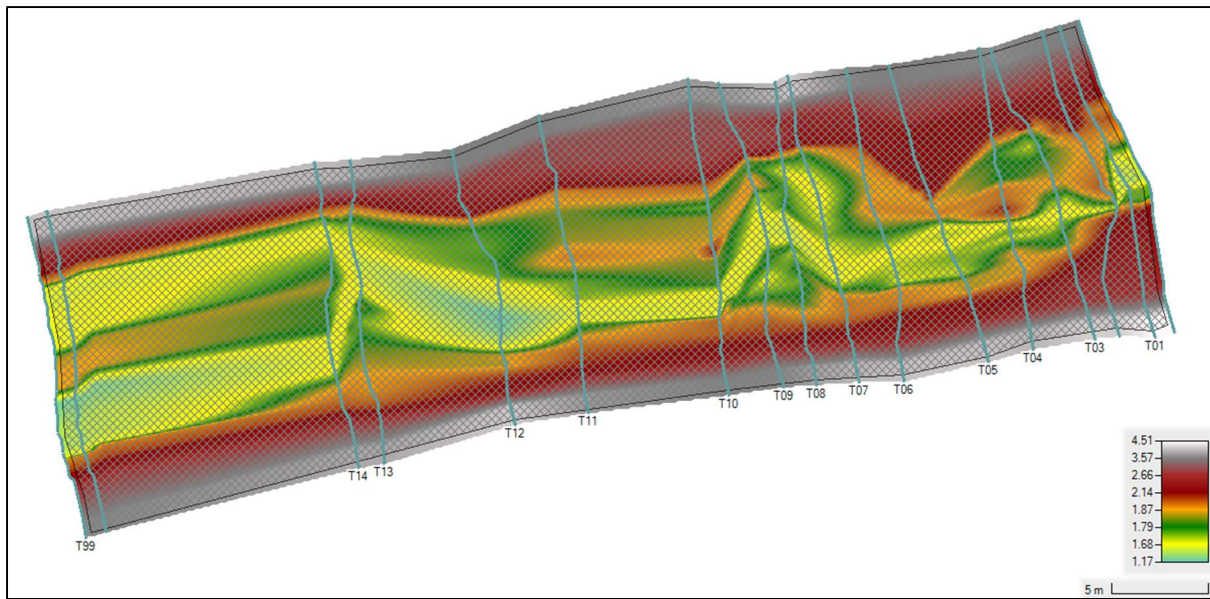


Figure 63 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

#### 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 270 l/s.



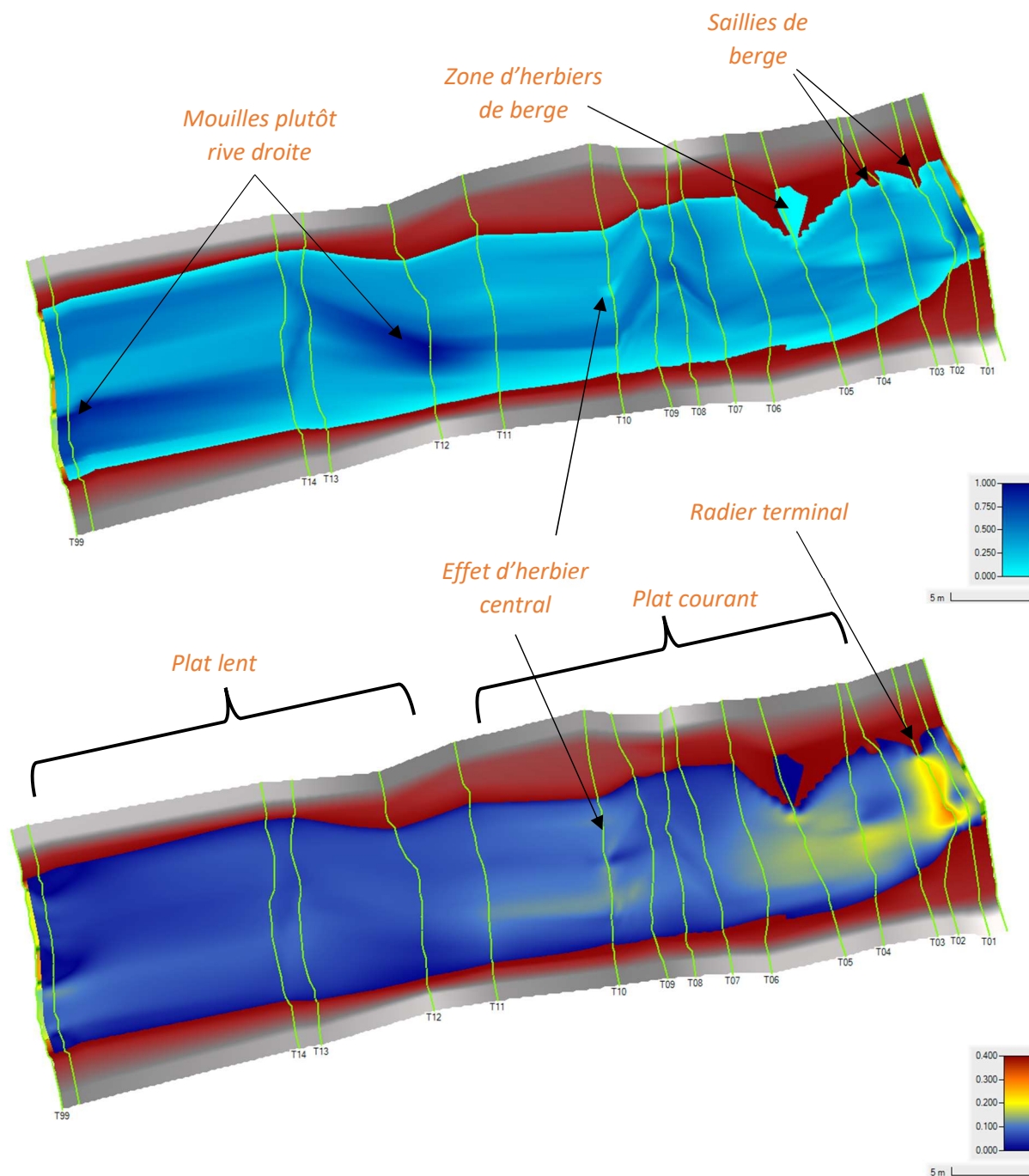


Figure 64 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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.

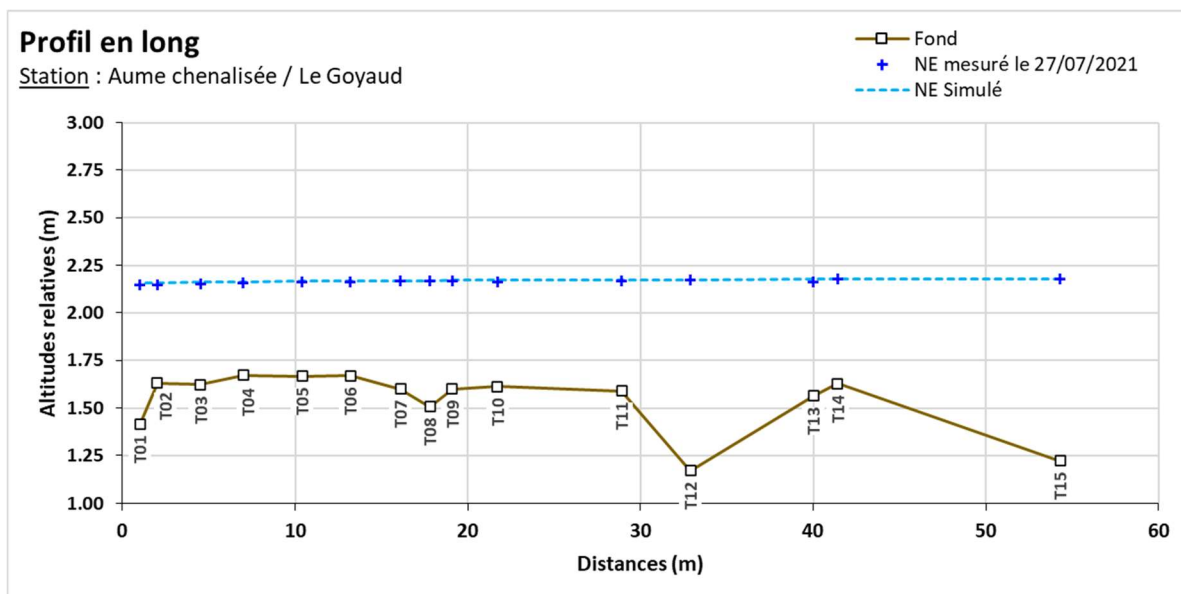


Figure 65 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

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 4000 l/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de l'Aume à cette station.

#### 7.1.3 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 le QMNA5 extrapolé de la valeur naturelle calculée en tranche ferme serait plutôt de 176 l/s et le module plutôt de 3500 l/s.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
<b>QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)</b>	39
<b>QMNA5 moyen (Modélisation Irstea)</b>	254
<b>50% du module (Irstea)</b>	1955
<b>Module (Irstea)</b>	3910
<b>Débit de débordement (Eaucea)</b>	4000

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.

## 7.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

### 7.2.1 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 400 l/s. Le lit se remplit ensuite progressivement jusqu'à son débordement à 4000 l/s.

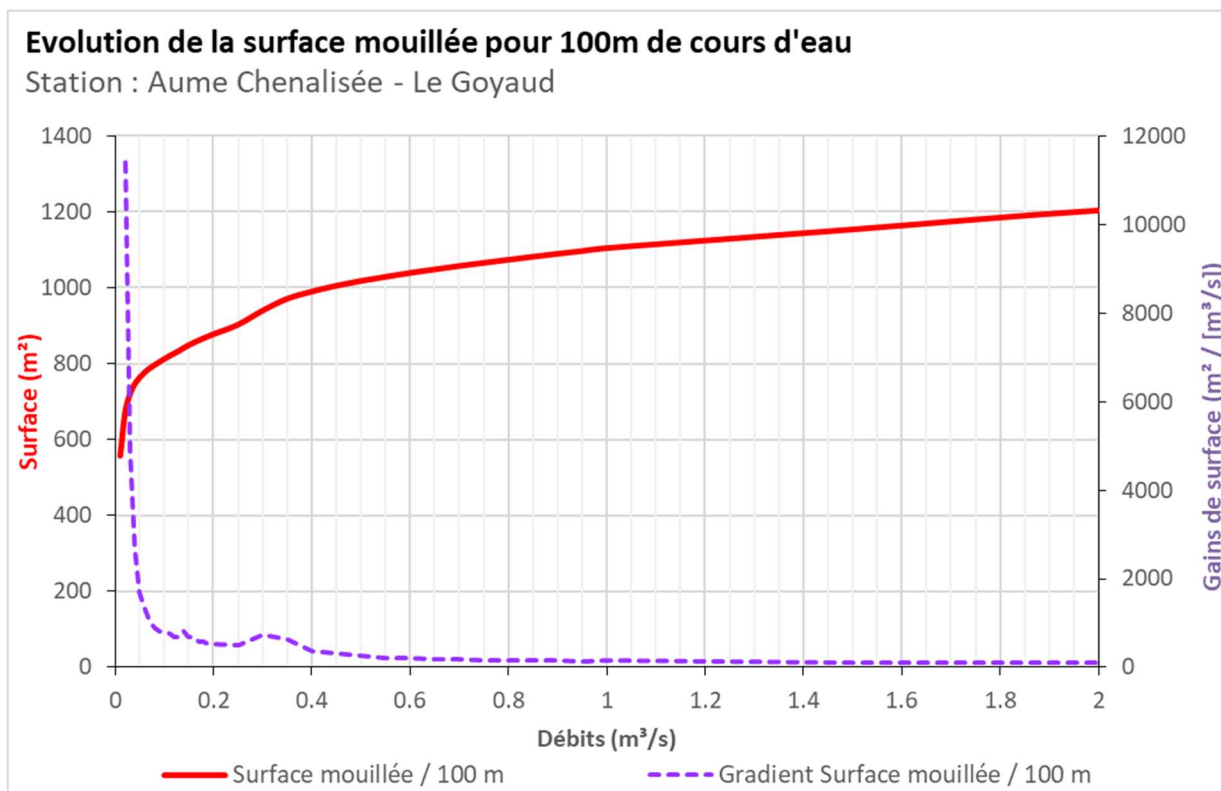


Figure 66 : Evolution de la surface mouillée aux Goyauds

### 7.2.2 Granulométrie de la station

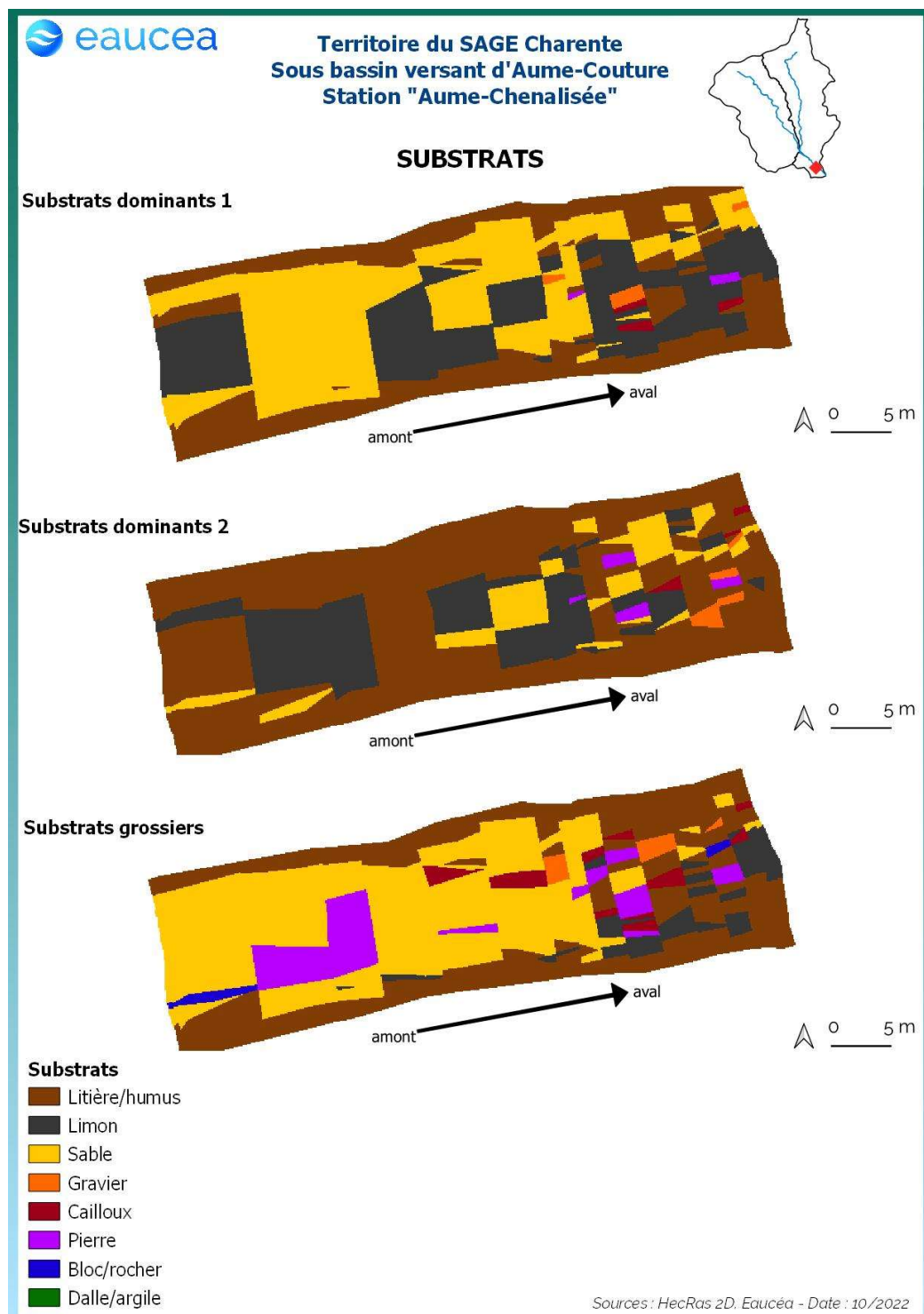


Figure 67 : Carte des substrats de la station des Goyauds

La station présente des substrats dominés par la litière près des berges tandis que le chenal central est dominé par le limon, le sable et par les pierres dans une moindre mesure.

### 7.2.3 Profondeur

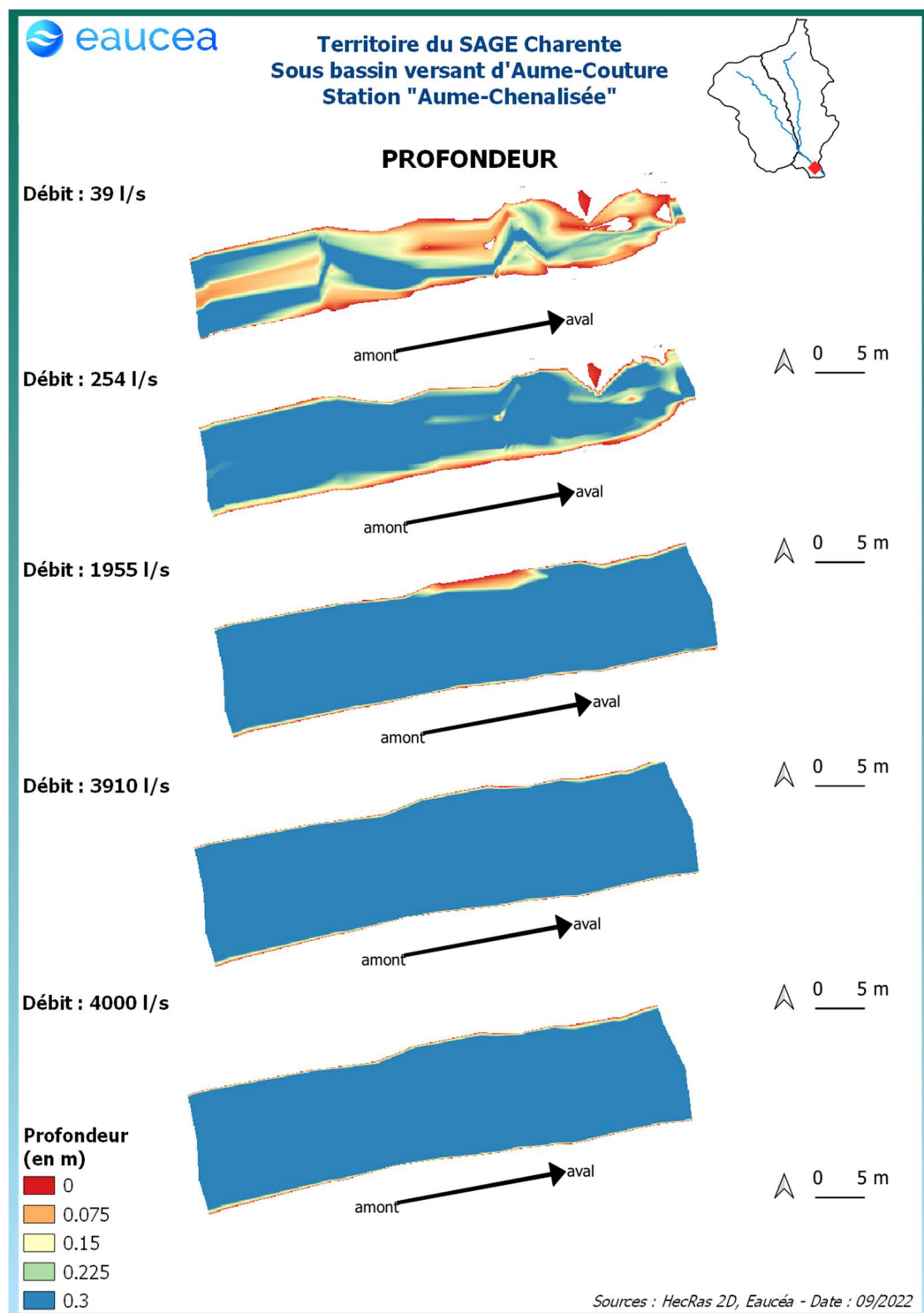


Figure 68: Evolution des profondeurs sur la station des Goyauds à différents débits

L'Aume présente des hauteurs d'eau importante sauf au débit d'étiage minimal. A 39 l/s, un chenal central d'une trentaine de centimètre est déjà présent. La quasi-totalité de la station présente 30 cm

de fond au débit d'étiage moyen. A des débits plus importants, la station est complètement en eau et la profondeur s'uniformise.

#### 7.2.4 Vitesse d'écoulement

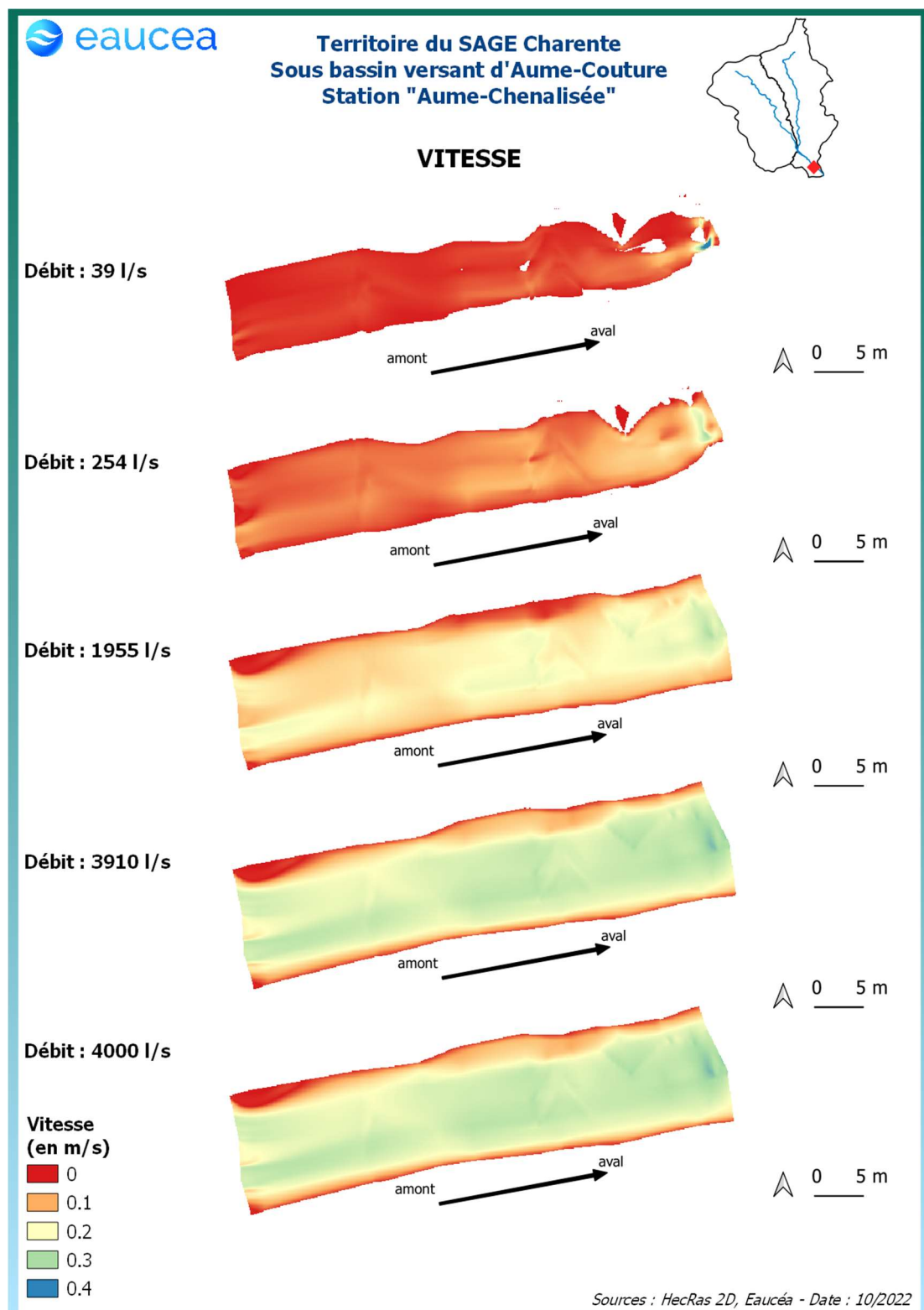


Figure 69: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station des Goyauds à différents débits



La station des Goyauds, 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 ne dépassent pas 30 cm/s.

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



### 7.3 Habitat benthique

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

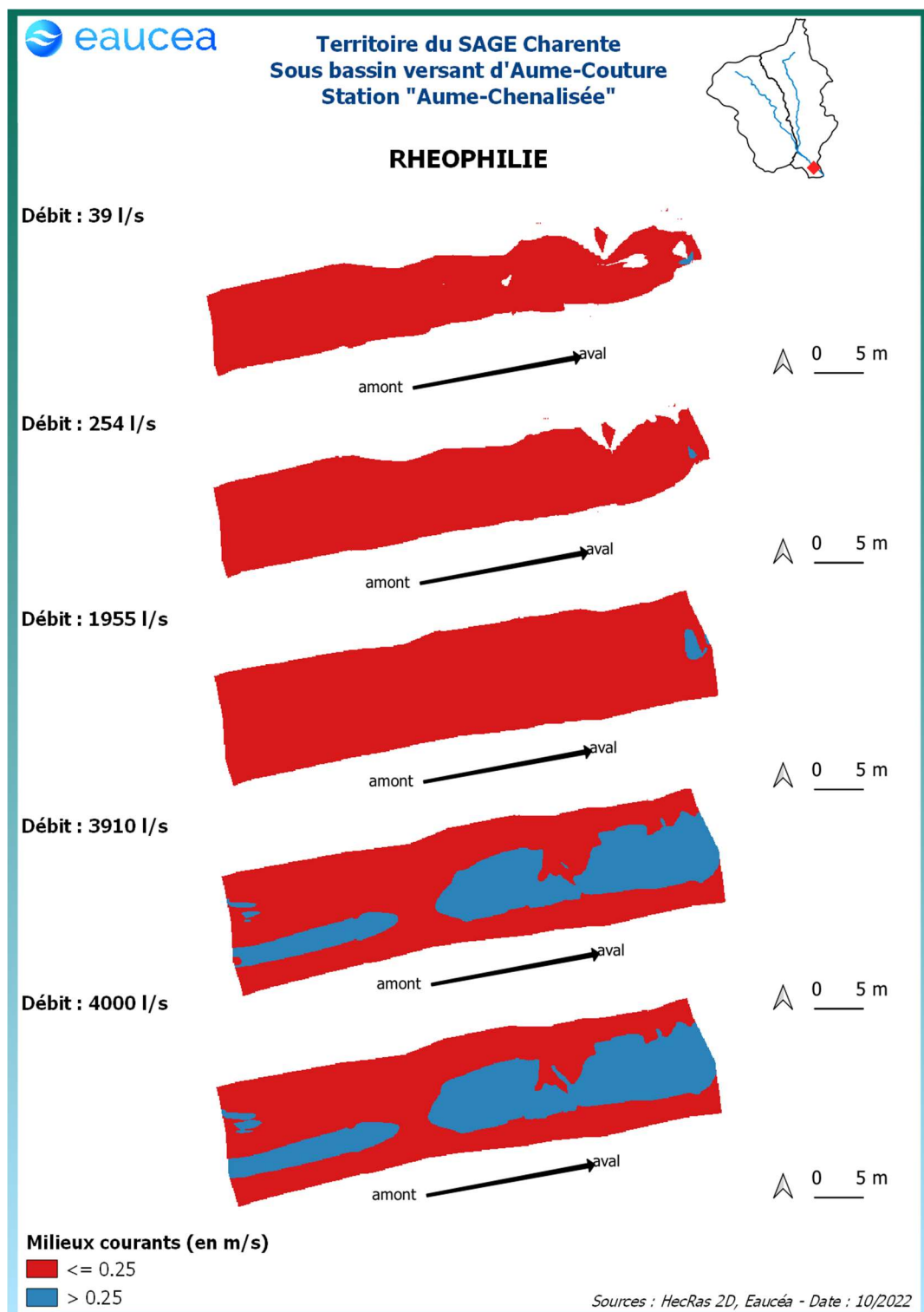


Figure 70: Evolution des milieux courants sur la station des Goyauds

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est nulle à bas débit. Dès que l'Aume dépasse son module, les habitats lotiques sont plus nombreux surtout dans la moitié aval de la station.

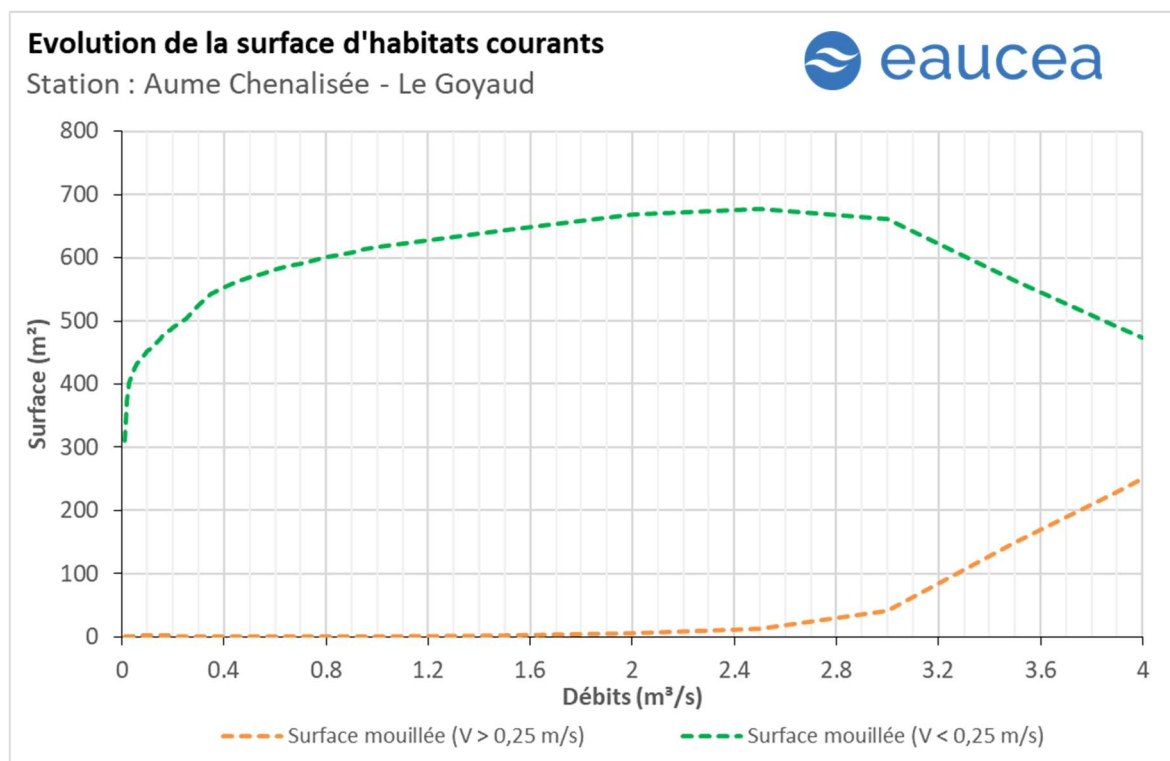


Figure 71 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert)

La station est majoritairement lentique. A mesure que les débits augmentent, l'augmentation de la surface d'habitats lotiques est modeste jusqu'à 3000 L/s, débit après lequel cette surface augmente fortement jusqu'au débit de débordement.

**En étiage, soit en dessous de 416 L/s, les surfaces rapides sont inférieures à 1%. Cet objectif ne peut pas être retenu pour le débit biologique d'étiage.**

**Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 3140 l/s (correspondant à un débit dépassé 14 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux est atteint pour environ 3470 L/s (débit de débordement dépassé 13 % du temps). Ces valeurs sont trop importantes au regard de leurs occurrences.**

**En conséquence, elle ne figurera sur les matrices qu'à titre informatif et ne serviront pas de guide dans le choix des débits.**

## 7.4 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  $\tau^{*3}$  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.

### 7.4.1 Colmatage

Aux Goyauds, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 254 l/s dans les zones amont du bras principal ainsi que dans le bras secondaire. 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.

### 7.4.2 Entretien des frayères

La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Concernant les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre, seul la moitié aval de la station entre en mouvement lorsque le débit dépasse 2500 l/s soit la moitié du module.

Concernant les particules de 10 millimètres, aucune mise en mouvement notable n'est observable, peu importe le débit.

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

### 7.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 254 l/s en étiage.

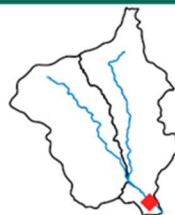
---

<sup>3</sup> Paramètre de Shields (cf note méthodologique)

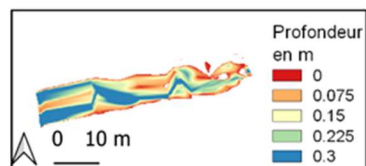
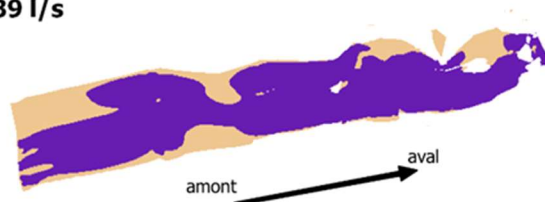
Des périodes de débit supérieur à 2000 L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juin) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.

**Territoire du SAGE Charente**  
**Sous bassin versant d'Aume-Couture**  
**Station " Aume-Chenalisée"**

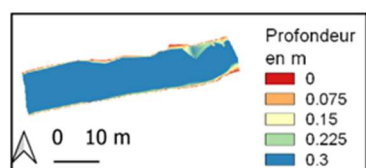
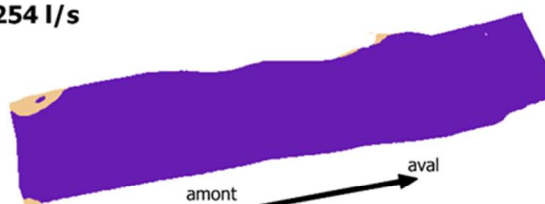
**Mise en mouvement des particules**  
**Particules de 0.05 mm de diamètre**



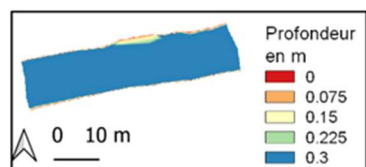
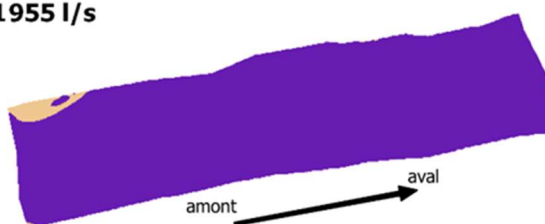
**Débit : 39 l/s**



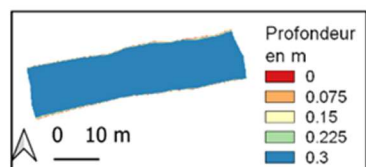
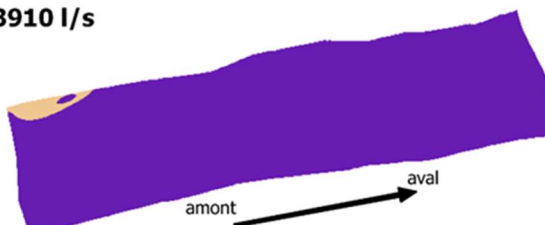
**Débit : 254 l/s**



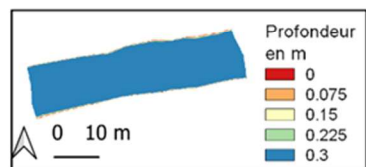
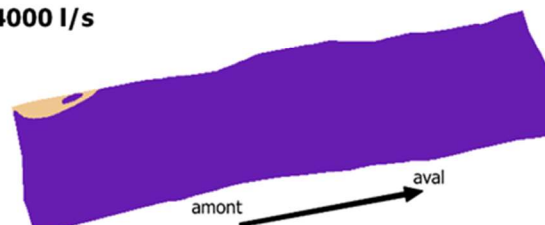
**Débit : 1955 l/s**





**Débit : 3910 l/s**



**Débit : 4000 l/s**



**Etude des particules**

-  Immobiles
-  Mises en mouvement

Sources : HecRas 2D, Eauce - Date : 12/2022

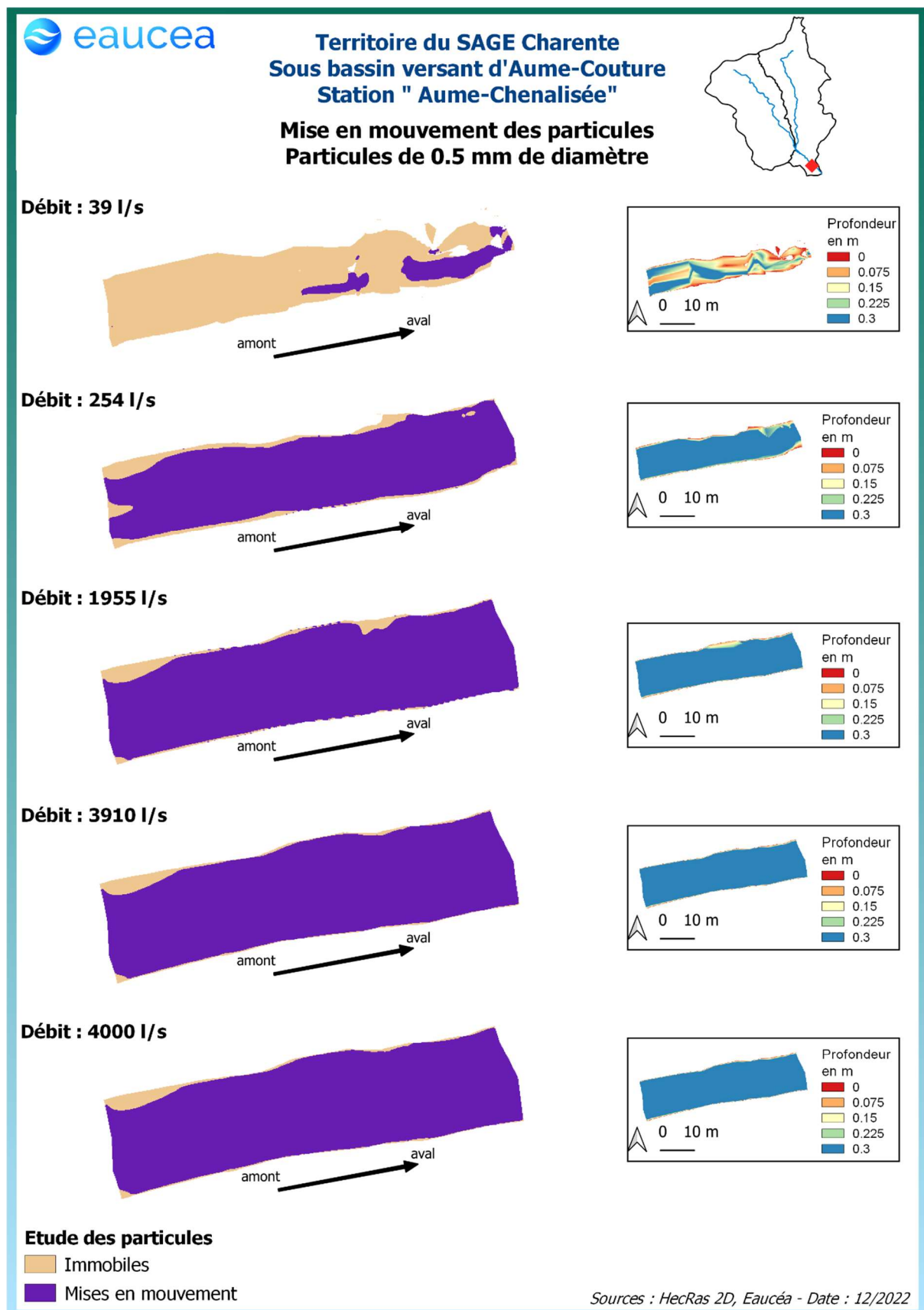
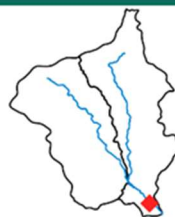


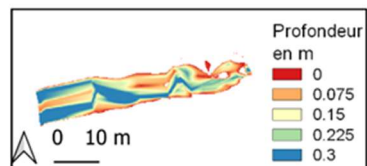
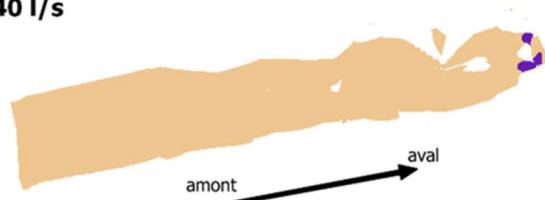
Figure 72 : Mise en mouvement des particules fines sur la station des Goyauds

**Territoire du SAGE Charente**  
**Sous bassin versant d'Aume-Couture**  
**Station " Aume-Chenalisée"**

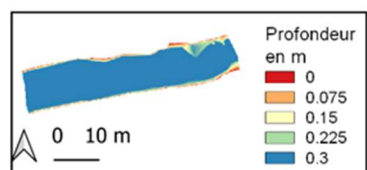
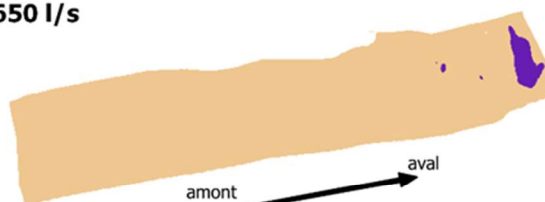
**Mise en mouvement des particules**  
**Particules de 5 mm de diamètre**



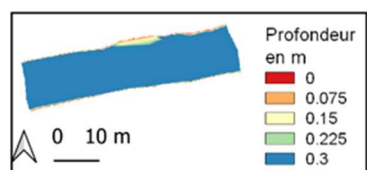
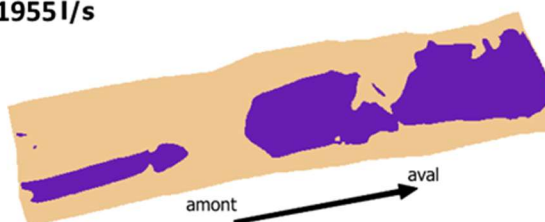
**Débit : 40 l/s**



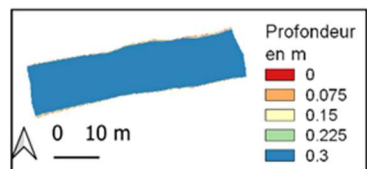
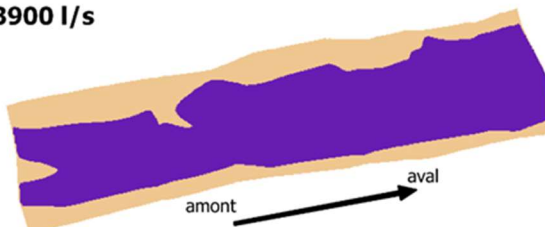
**Débit : 650 l/s**



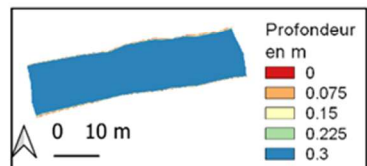
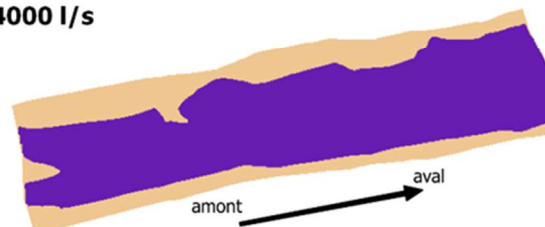
**Débit : 1955 l/s**





**Débit : 3900 l/s**



**Débit : 4000 l/s**



**Etude des particules**

-  Immobiles
-  Mises en mouvement

Sources : HecRas 2D, Eauce - Date : 04/2023



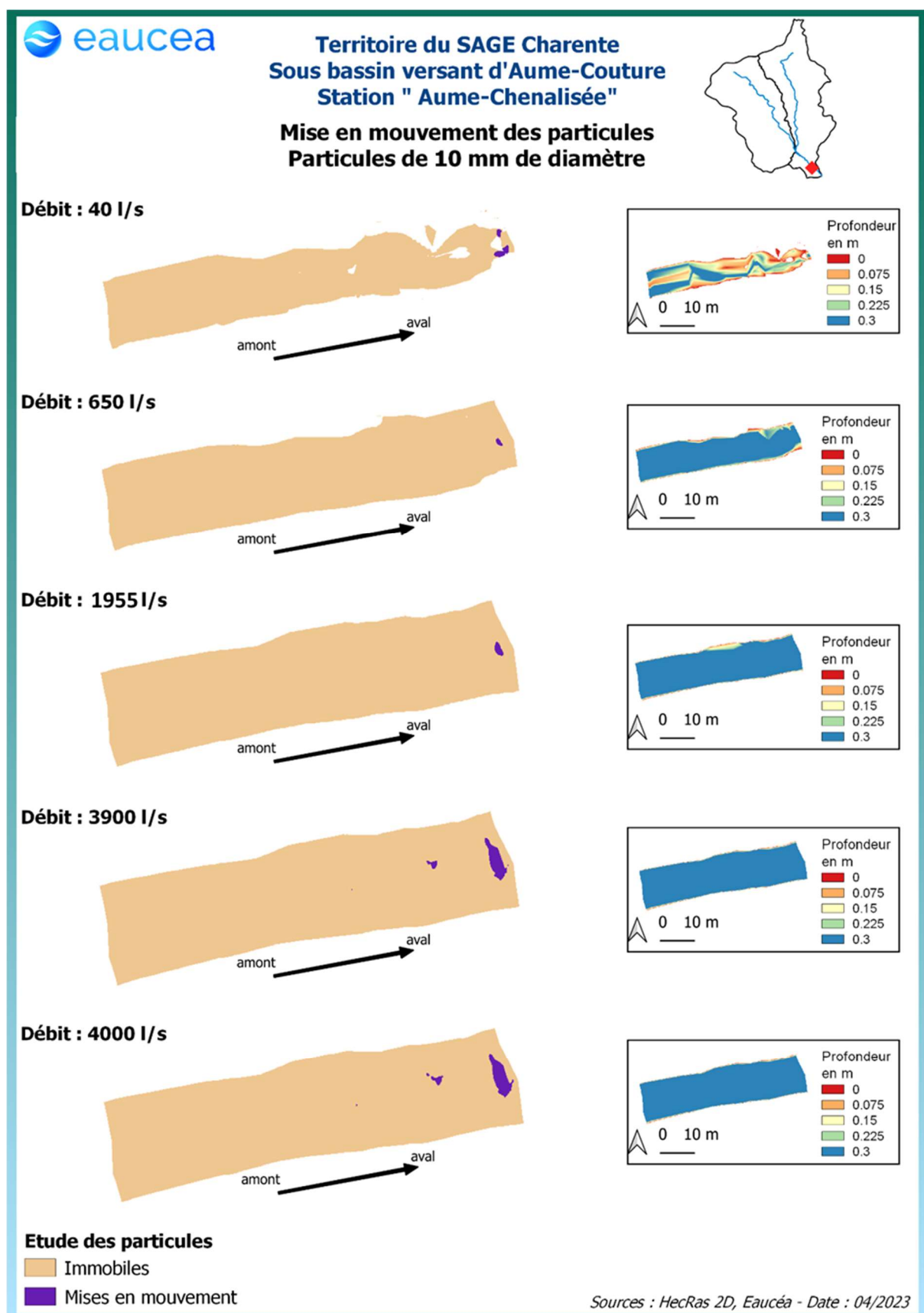


Figure 73 Mise en mouvement des particules grossières sur la station des Gayauds

## 7.5 Connectivité longitudinale

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

La connectivité de cette station sur l'Aume est aisée pour les petites espèces à un débit de 40 l/s. Elle ne l'est plus pour 30 l/s.

La connectivité de la station est encore aisée pour les grandes espèces à un débit de 60 l/s. Elle ne l'est plus à 50 l/s.

**La valeur de 60L/s est recommandée en toute saison.**

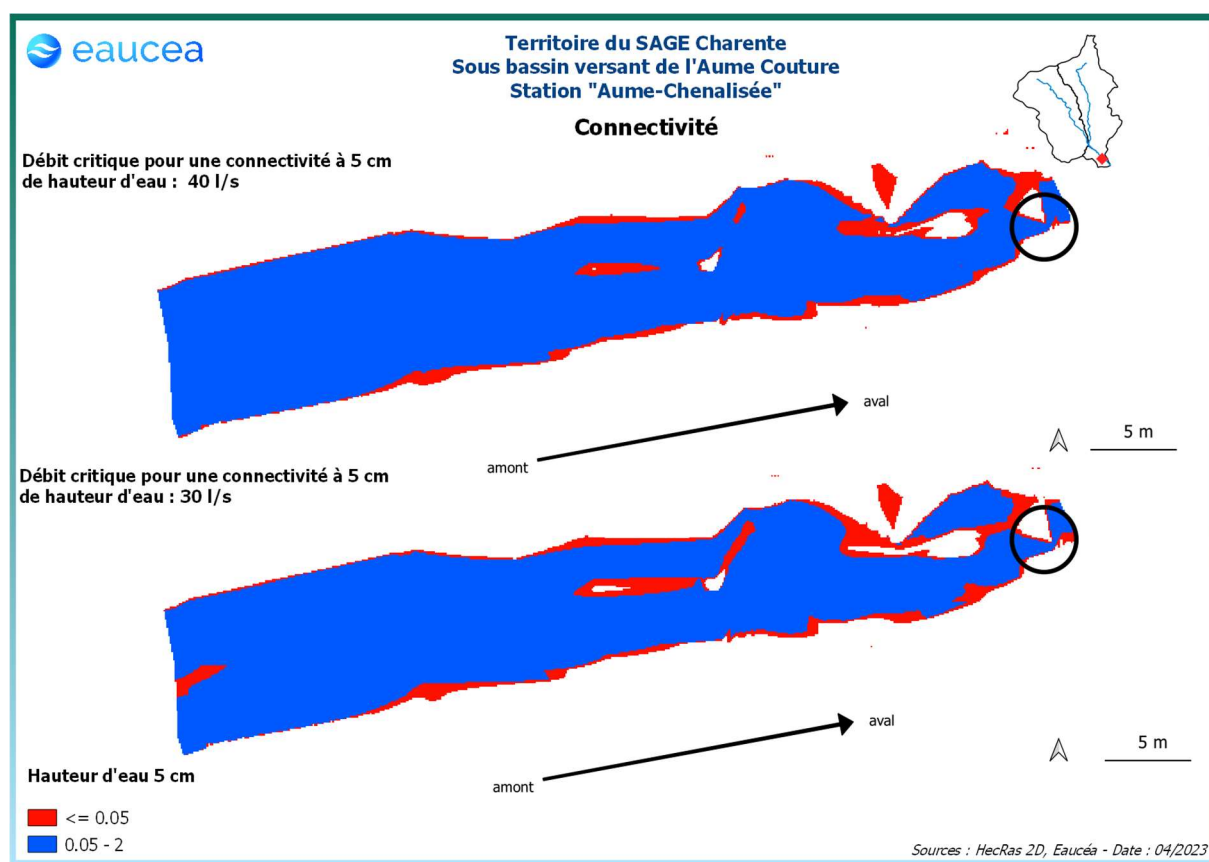


Figure 74: Connectivité de la station des Goyauds pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

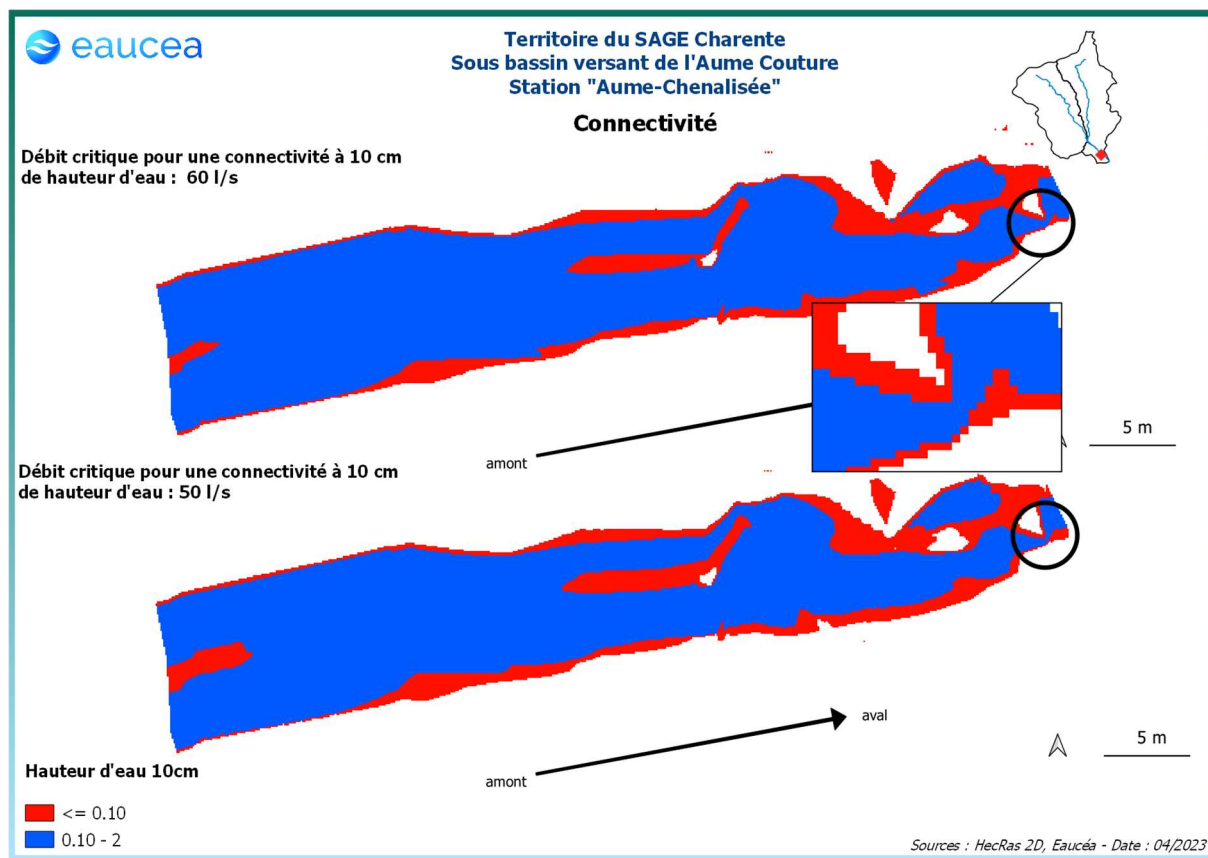


Figure 75: Connectivité de la station sur l'Aume pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

## 7.6 Habitats piscicoles (tous débits)

### 7.6.1 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.

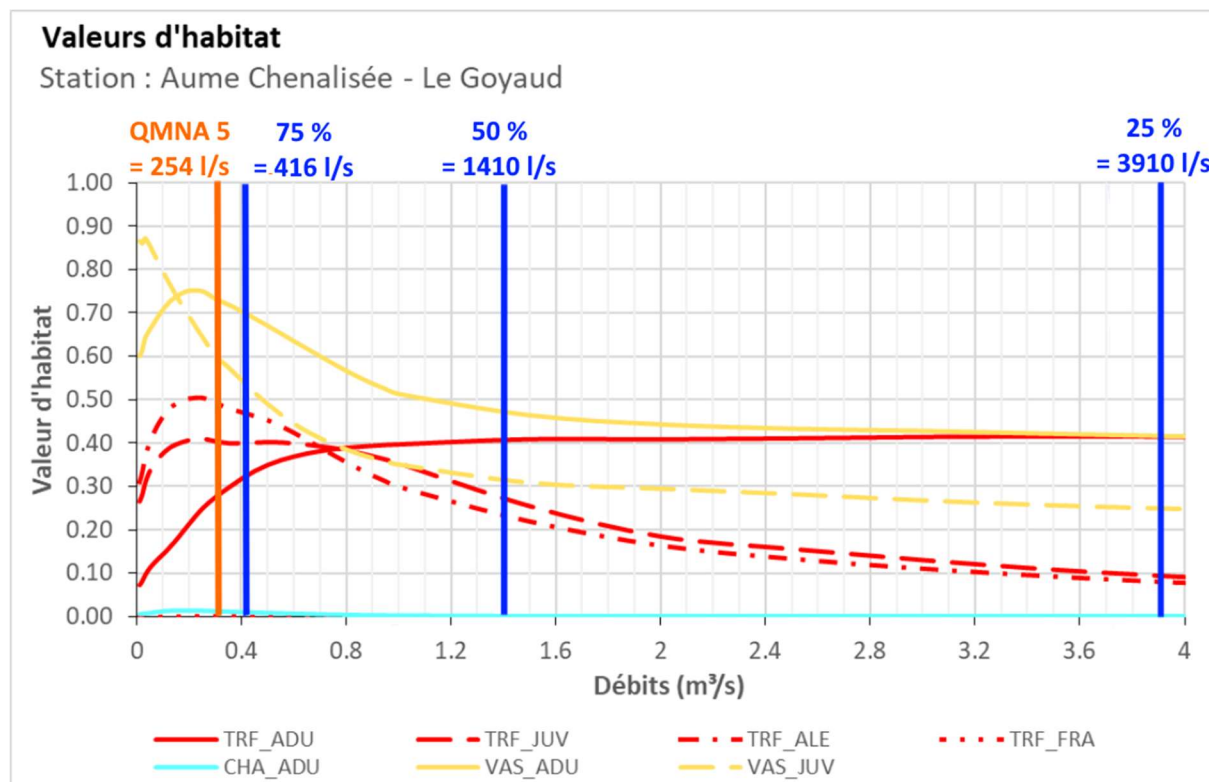


Figure 76: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds

La station semble très favorable au vairon adulte, sa valeur d'habitat est d'environ 0.75 aux bas débits et chute avec le débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'un peu plus de 0.4. Pour le juvénile, la valeur est de 0.85 à bas débit et chute aux environs de 0.25.

La station est peu favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.01. Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.02. Il convient de modérer ce constat par le fait que le chabot se contente de petite placette de l'ordre du mètre carré dans les abris hydrauliques. Le potentiel est donc faible mais pas nul y compris en étiage.

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

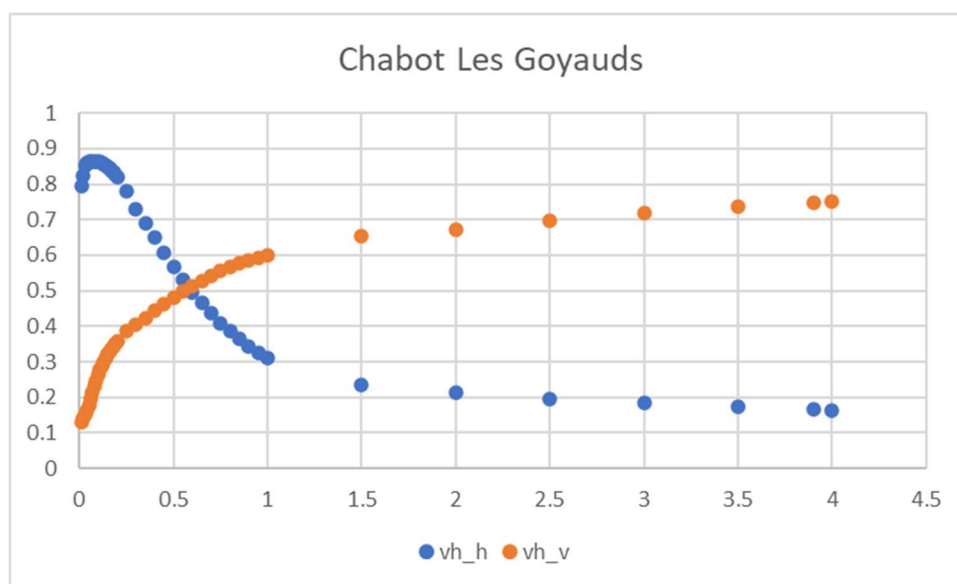


Figure 77 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

A propos de la truite adulte, la valeur d'habitat est minimale à bas débit avec 0.07 et augmente à mesure que les débits s'élèvent avant d'atteindre un plafond à 0.4. Le juvénile et l'alevin présentent des dynamiques semblables avec un maximum de valeur d'habitat aux environs de 200 l/s avec 0.4 pour le juvénile et 0.5 pour l'alevin avant d'entamer une chute à mesure que les débits augmentent et que la valeur se stabilise à 0.1 pour ces deux stades. L'habitat de frayère est quasi nul à tous les débits.

### 7.6.2 SPU en $m^2$ et en variations relatives

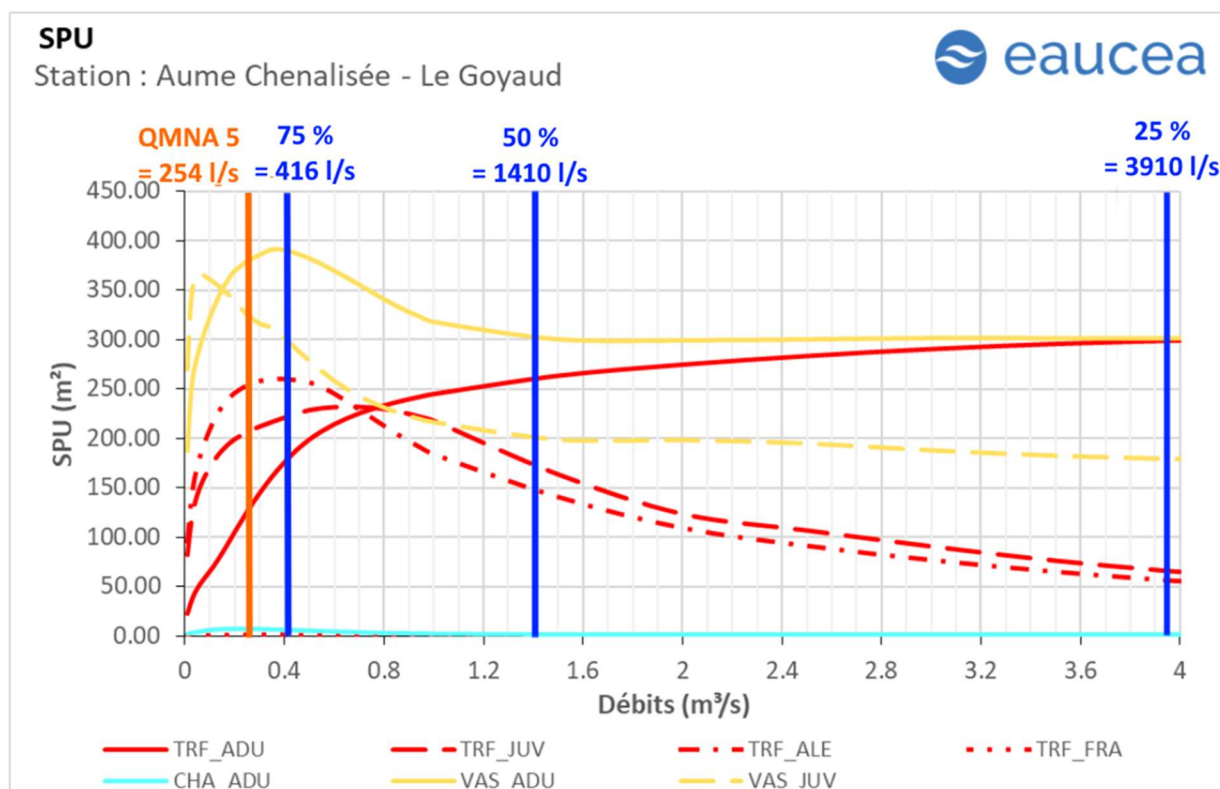


Figure 78: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds

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.

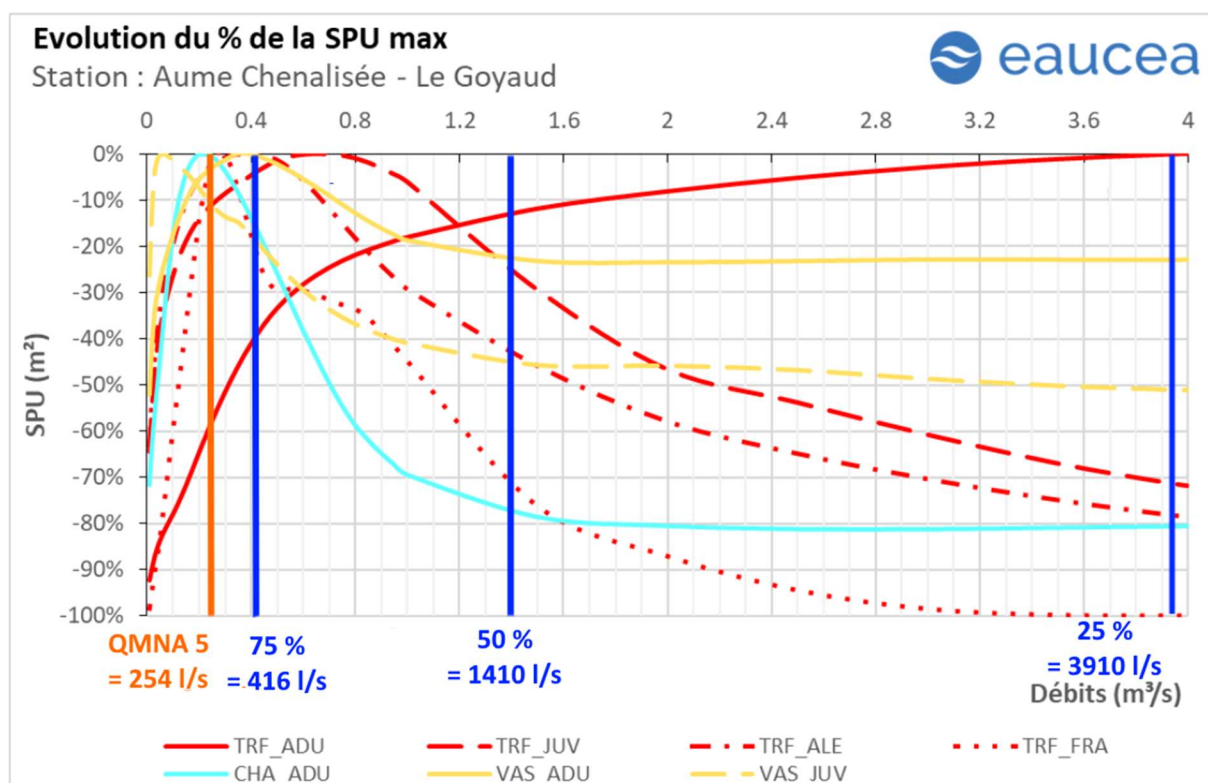


Figure 79: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

### 7.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 150L/s et 450 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présentent un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU.

Les cibles biologiques à fortes valeurs patrimoniales (directrices) sont la truite adulte et le chabot.

Pour la truite adulte, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 900L/s, valeur correspondant à un débit de transition. Il pourra être conservé comme plancher de débit biologique entre novembre et juin, période couvrant la reproduction des truites. Pour la fraie, le potentiel maximal est atteint à 300L/s mais il reste très faible sur cette station et le débit optimal est toujours dépassé en hiver. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 900 L/s.**

En étiage, le milieu est moins favorable aux grandes espèces sauf pour les stades juvéniles. Le graphique ci-dessous montre que le potentiel pour les juvéniles de truites franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 150 L/s. Pour le chabot, espèce patrimoniale du secteur, ce seuil de 80% correspond à 90 L/s. La situation se dégrade plus rapidement pour des débits inférieurs (fort gradient de baisse). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 150 L/s.**



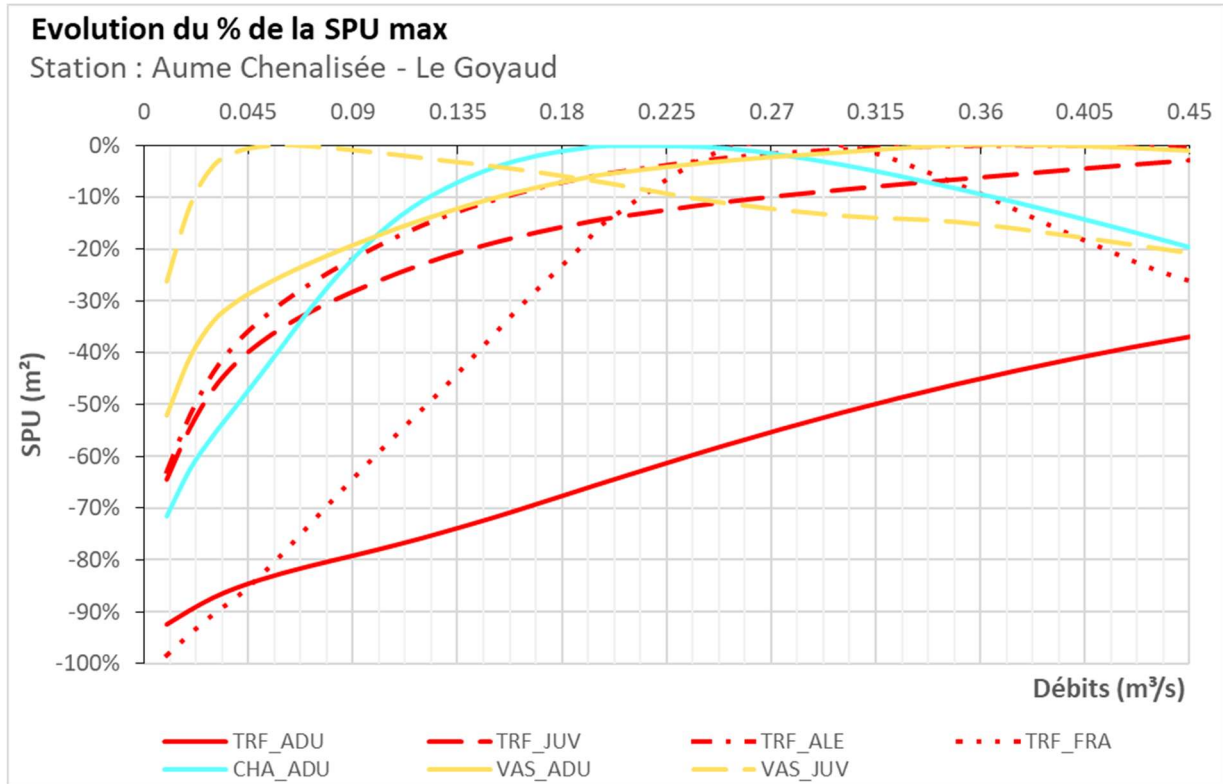


Figure 80 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Goyauds

## 7.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station des Goyauds (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, de juillet à octobre, le chabot est l'espèce la plus sensible et pilote le choix de la valeur basse du débit biologique fixée à 90 L/s.

En tolérant une perte de 20% de surface pour cette espèce, qui peut tolérer temporairement des habitats réduits en termes de surface, vis-à-vis de cette valeur de référence, le débit plancher s'établit à 60 L/s, valeurs atteintes ou dépassées 100% du temps. Néanmoins, dans ce domaine la variation de SPU est très sensible à de faible variation de débit. La valeur de 90 L/s reste donc plus sécuritaire. Pour cette valeur, la connectivité est garantie pour toute taille et la surface mouillée est juste supérieure à 60% du maximum.

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

**La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc de 90 L/s à 150 L/s.**

Matrice Le Goyaud Basses-eaux													
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade						Qref			
	Hydrologique	Débit en m3/s			0.04	0.05	0.06	0.09	0.10	0.15	0.25	0.40	0.45
Principal		% des débits classés			100%	100%	100%	98%	97%	91%	82%	76%	74%
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-48%	-42%	-38%	-26%	-22%	84	50%	109%	124%
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-28%	-24%	-20%	-12%	-9%	188	10%	18%	20%
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	-31%	-26%	-22%	-13%	-10%	233	9%	12%	11%
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-48%	-42%	-36%	-18%	-14%	7	4%	-10%	-16%
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-22%	-19%	-17%	-10%	-8%	350	8%	11%	10%
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	3%	4%	4%	3%	3%	351	-7%	-14%	-17%
Principal	Surface mouillée	% du maximum			58%	59%	60%	62%	63%	66%	70%	77%	78%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
		Petits poissons			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 81 : Matrice période de basses-eaux

En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre l'accès aux frayères et la présence de truites adultes sur le secteur. **Le débit de référence hiver est fixé à 900 L/s. Pour la truite 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 620 L/s.**

Concernant le décolmatage des frayères, le débit de 2000 L/s a été proposé. Il se situe au-delà de la gamme minimale proposé mais est réalisé 40 % du temps ce qui garantit son occurrence sur au moins une partie de la période automnale.

**La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 620 L/s à 900 L /s.**

Matrice															Le Goyaud															Hautes-eaux et transition																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade							Qref																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Figure 82 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

## 8 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE L'AUME AUX MARAIS

### 8.1 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.

#### 8.1.1 Description de la station

##### Localisation et position des transects de mesure

La station de Marais est située sur la vieille Aume, un bras de l'Aume. Elle est positionnée 2 km en amont de la confluence avec la Charente (en rive droite) entre Aigre et Ambérac (confluence de l'Aume à la Charente). Elle s'étend sur environ 60 m de long et est positionnée au droit d'un virage de la Vieille Aume.

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

##### Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 28/07/2021 qui a permis la prise des mesures suivantes le long de la station :

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

Le débit le jour des mesures a été mesuré en 3 transects distincts, aboutissant à une valeur retenue de 143 l/s.

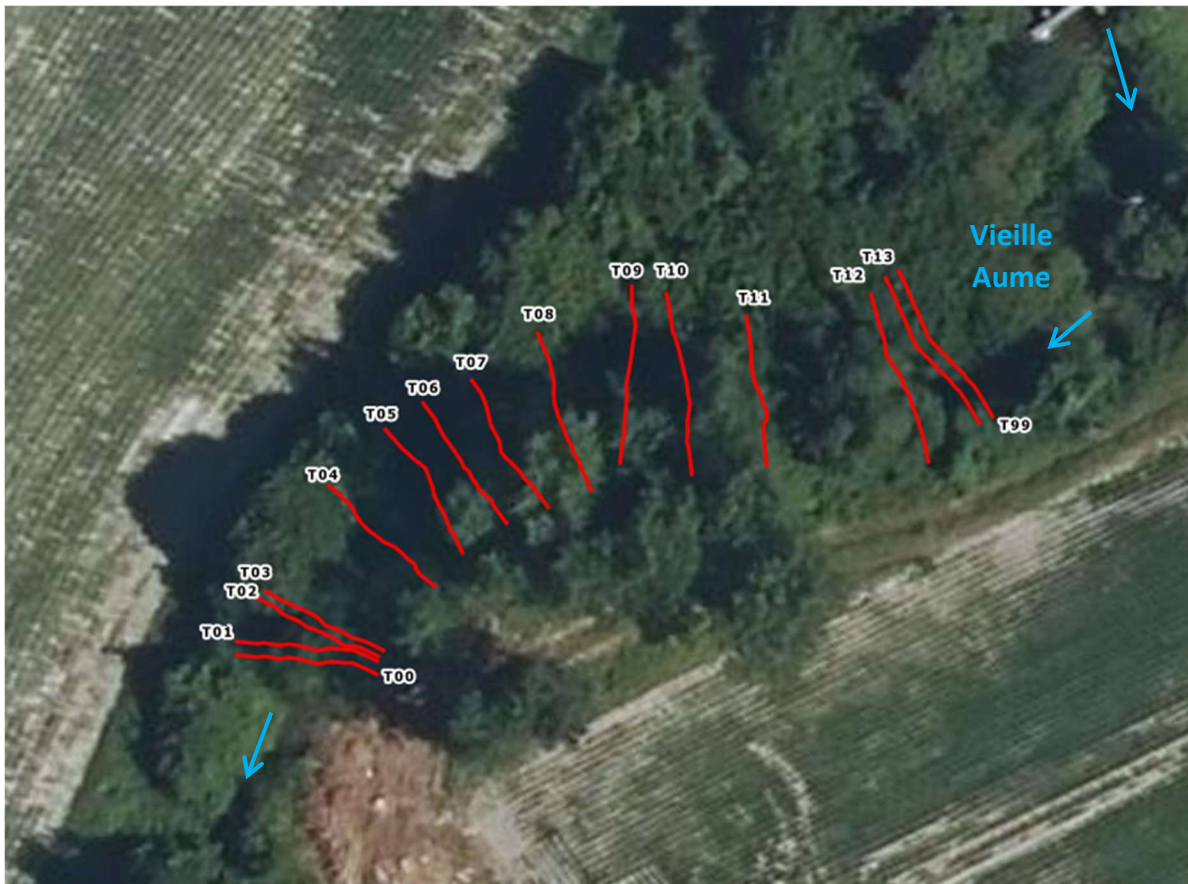


Figure 83 : Position des transects de mesure de la station DMB

#### 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 un profil lent. La pente générale est faible.

L'amont de la station correspond à une sortie de mouille se rehaussant progressivement jusqu'au T11-T10 formant une zone légèrement plus rapide mais toujours au faciès de plat lent. Ce faciès se prolonge jusqu'au T08 où il se convertit progressivement en mouille, les profondeurs augmentant jusqu'au T06. Le fond remonde ensuite progressivement jusqu'à T04-T03 formant le début du radier qui couvre T02 et T01.

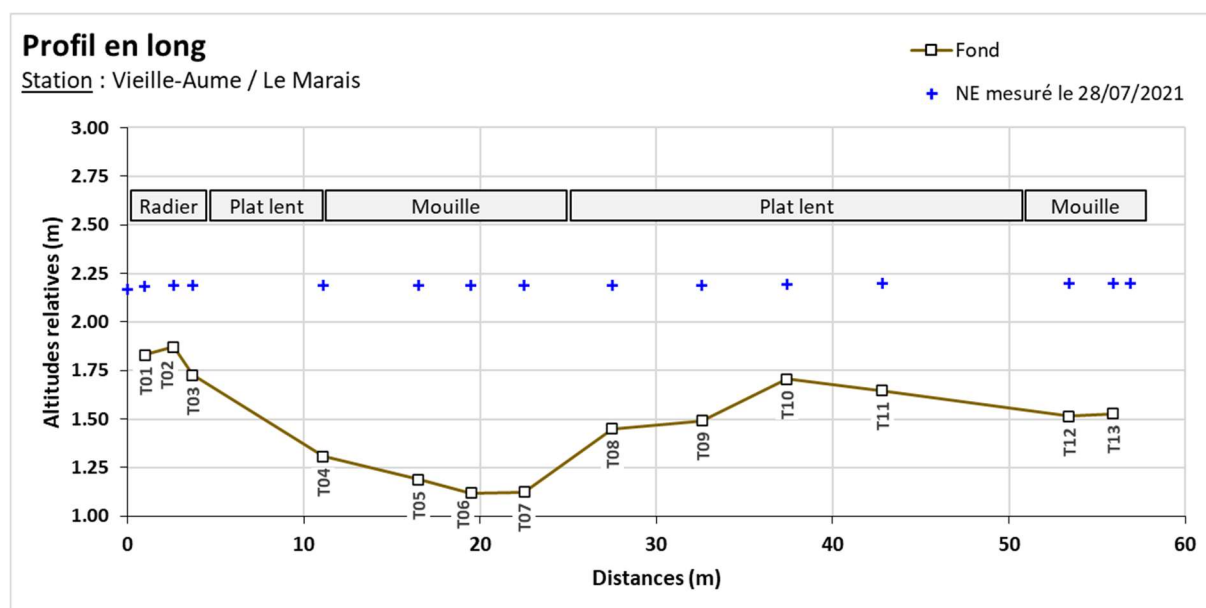
Les profils transversaux sont globalement uniformes sur la largeur du cours d'eau, sauf là où le fond est moins profond, des veines principales peuvent se dessiner (T10 et T03-T01). Plusieurs embâcles étaient présents le jour des mesures (arbres effondrés, branches en limites de berges), ayant une incidence sur l'hydraulique du site.

- **Type de berges**

Les berges sont globalement verticales et végétalisées (lierre, ronces), surmontées d'arbres ou bosquets d'arbres. Elles peuvent s'élever entre 1 m et 1.8 m au-dessus du niveau d'eau selon la 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 :



### 8.1.2 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 10 cm x 10 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.



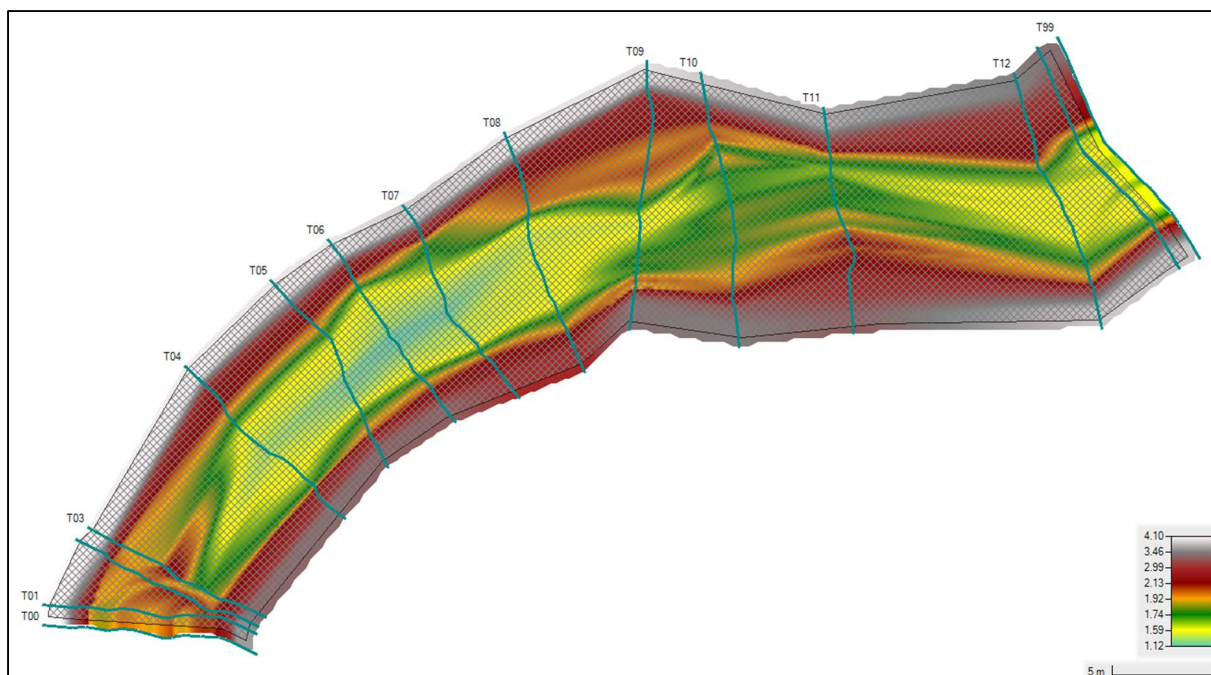


Figure 84 : Maillage de calcul et topographie de la station modélisée

### 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 143 l/s.

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

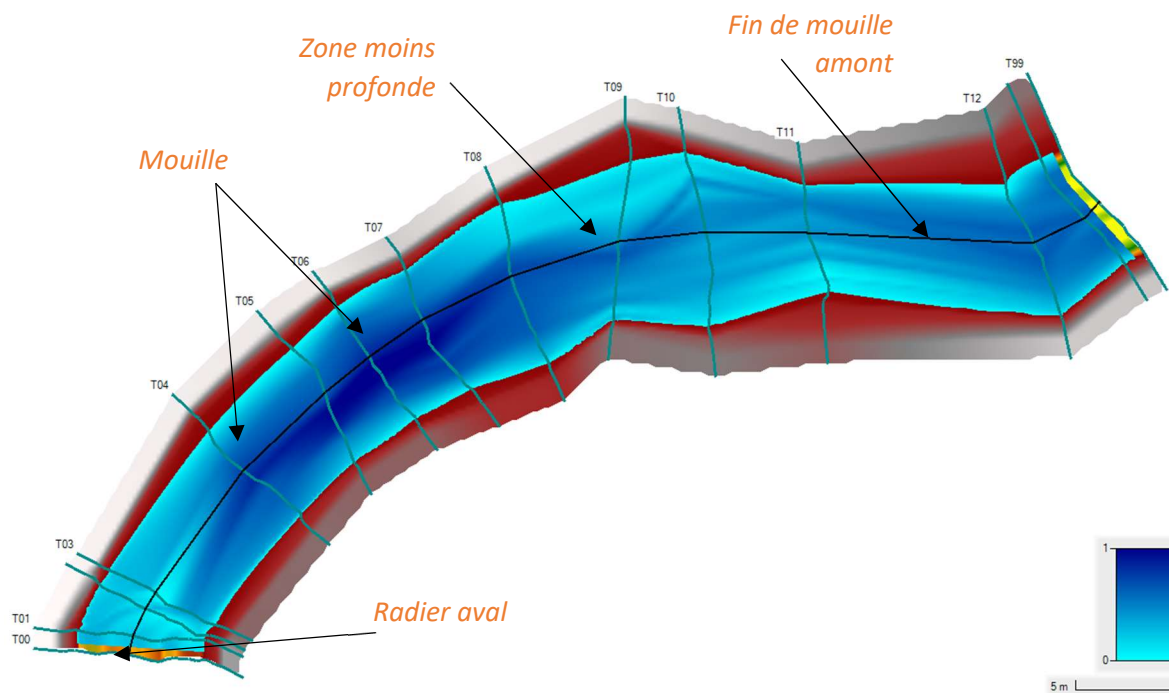


Figure 85 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)



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.

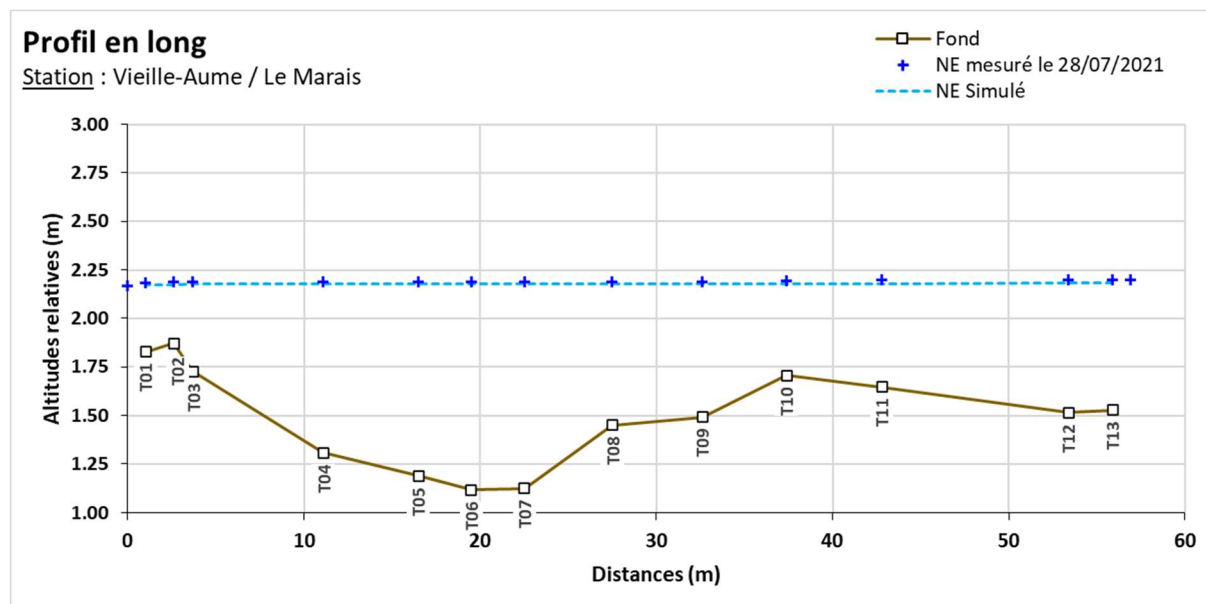


Figure 86 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

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. Enfin, les vitesses modélisées au droit des transects jaugés apparaissent cohérentes avec les valeurs de vitesses moyennes relevées en ces points.

#### 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 2500 l/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de la Vieille-Aume à cette station. La station déborde à 1700 l/s.

#### 8.1.3 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 le QMNA5 extrapolé de la valeur naturelle calculée en tranche ferme serait plutôt de 176 l/s et le module plutôt de 3500 l/s.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum (borne basse modélisation Irstea)	39
QMNA5 moyen (Modélisation Irstea)	254
50% du module (Irstea)	1955
Module (Irstea)	3910
Débit de débordement (Eaucea)	1700

Le module étant plus important que le débit de débordement, seulement 4 cartes seront disponibles, les calculs étant arrêtés au débordement.

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

## 8.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

### 8.2.1 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 250 l/s. Son évolution est ensuite assez modérée et le lit se remplit jusqu'au débordement de la station à 1700 l/s. Au-delà de 1700 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

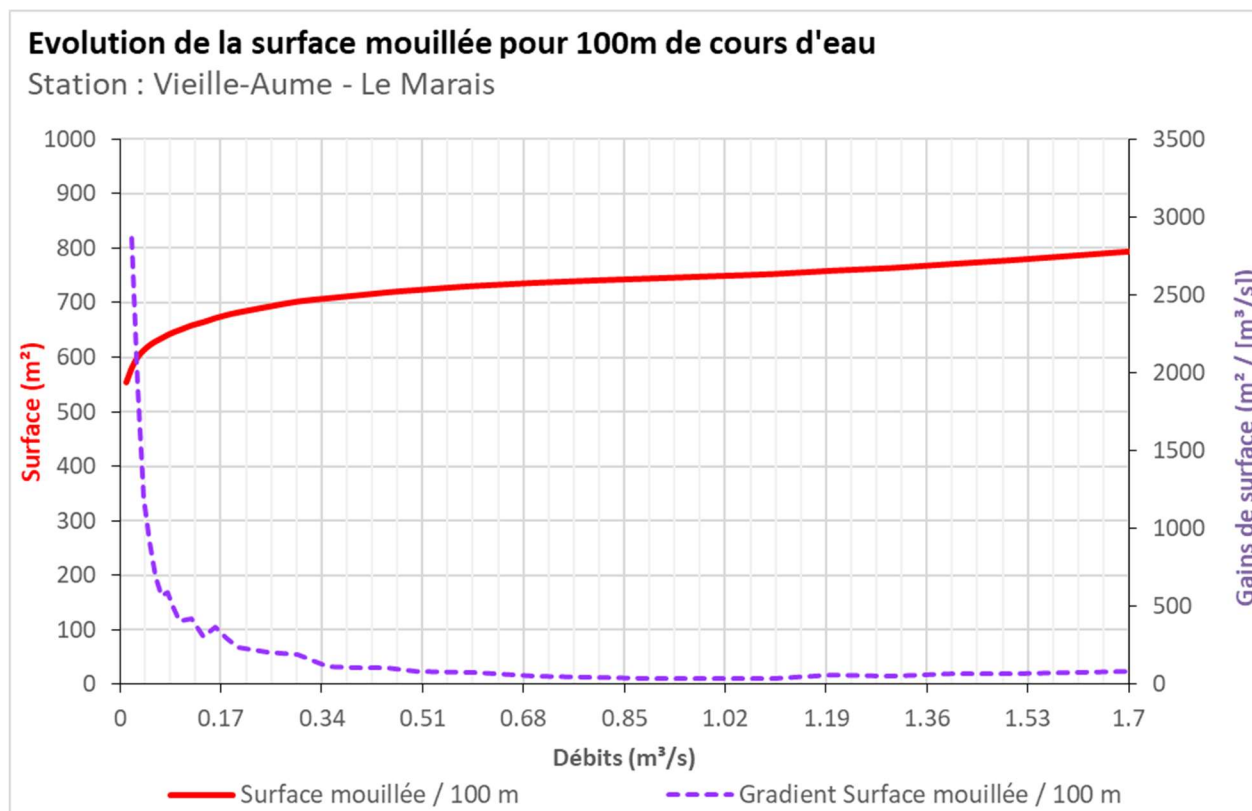


Figure 87 : Evolution de la surface mouillée aux Marais

Granulométrie de la station

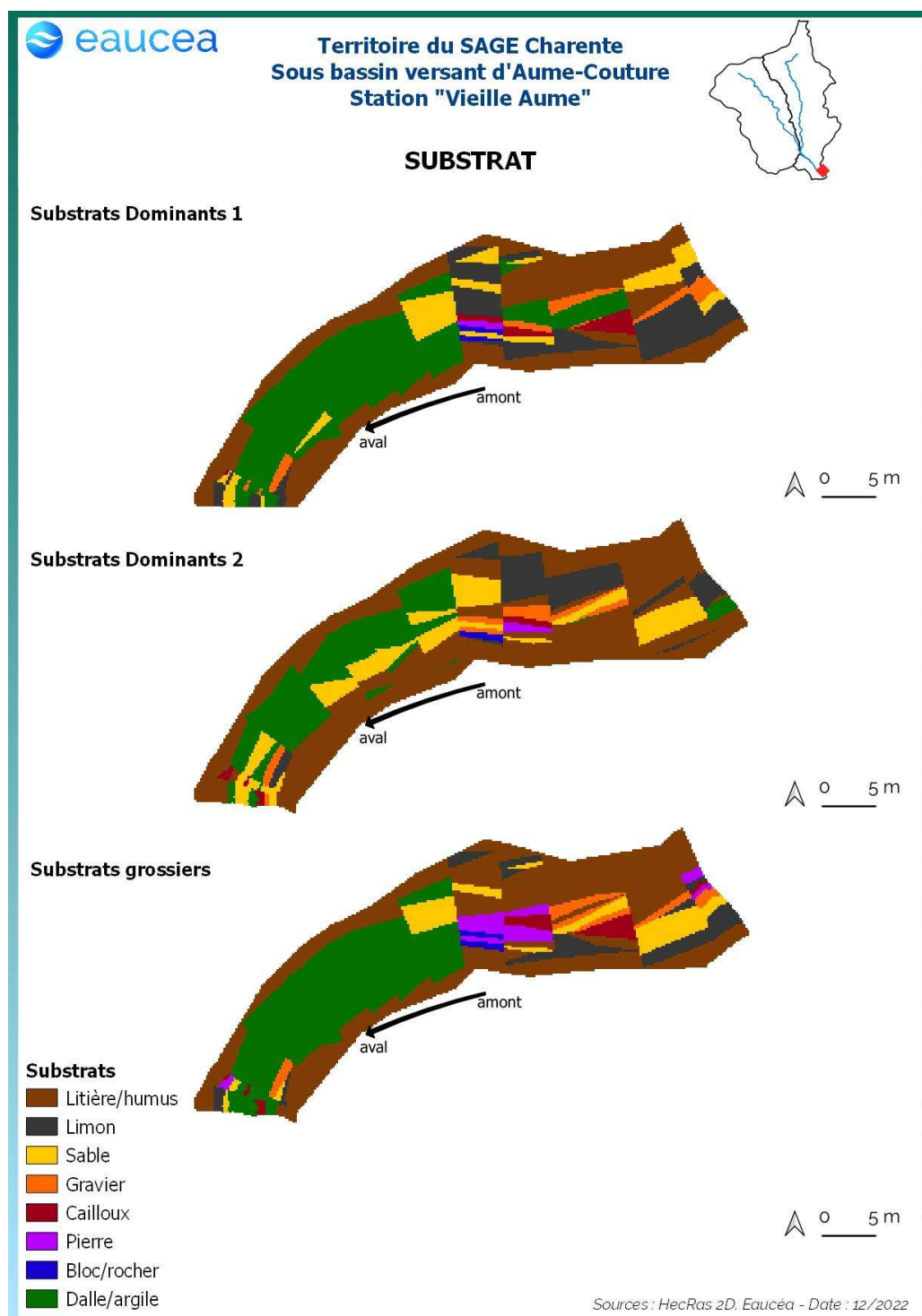


Figure 88 : Carte des substrats de la station des Marais

La station présente des substrats dominés par la litière en berge. En amont de la station un secteur présente une majorité de sables et pierres voire graviers. En aval, une zone comporte dalles argileuses et sables.

### 8.2.2 Profondeur

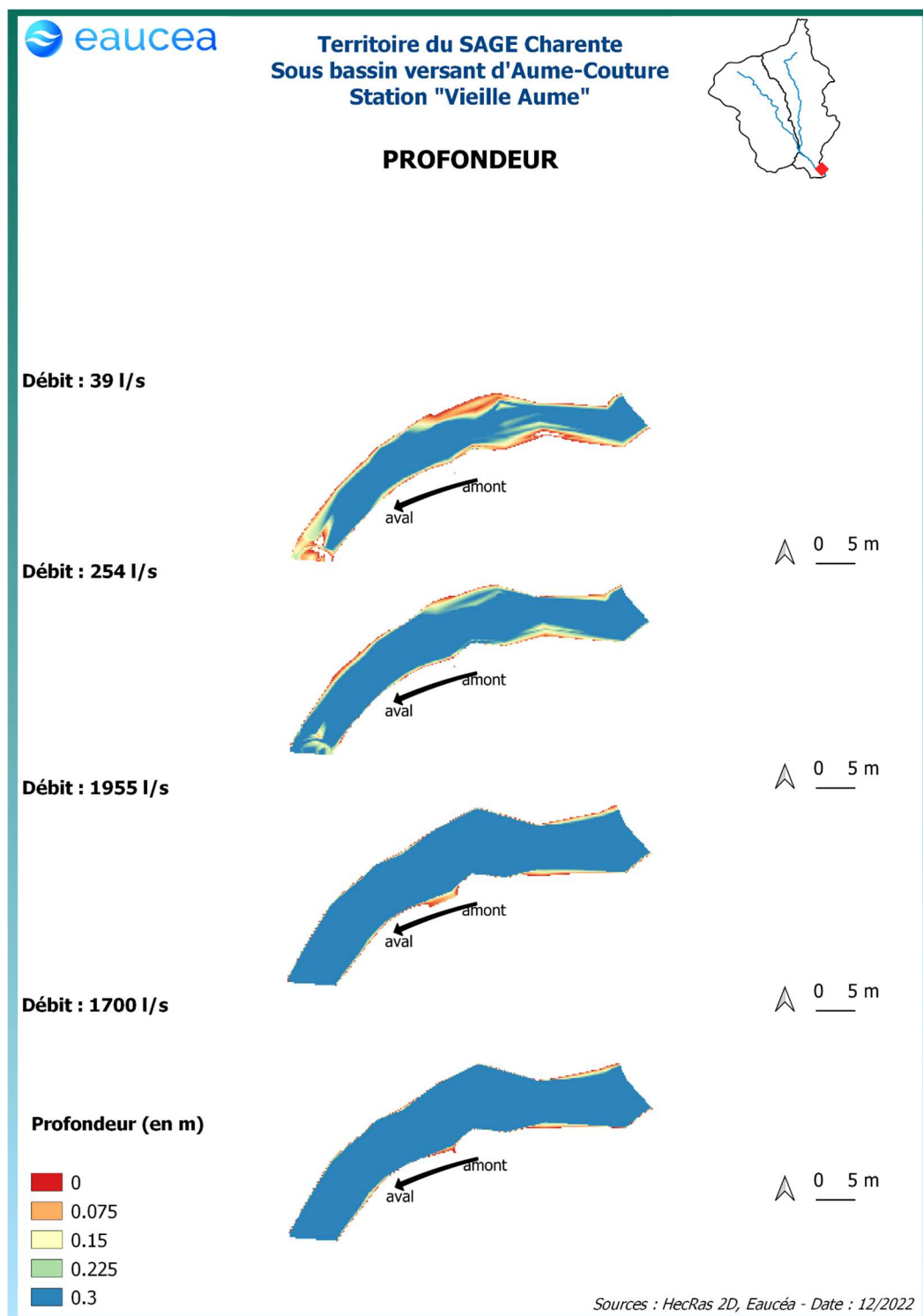


Figure 89: Evolution des profondeurs sur la station des Marais à différents débits

L'Aume 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.

### 8.2.3 Vitesse d'écoulement

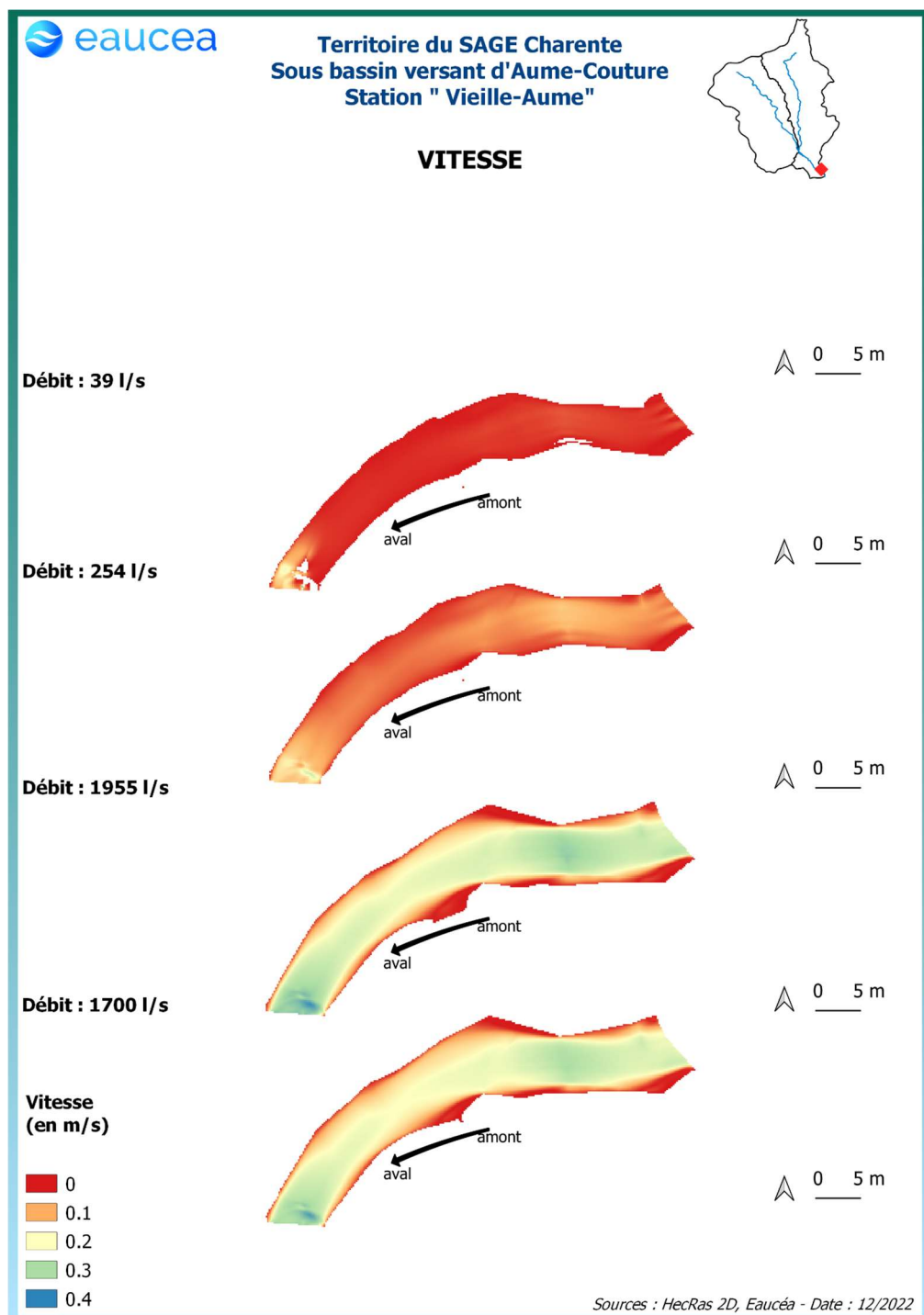


Figure 90: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station des Marais à différents débits

La station des Marais, dans un secteur avec peu de pente, ne présente que des vitesses d'écoulement faibles à bas débit et l'évolution des débits entraîne une accélération significative que dans le radier aval et dans la zone de constriction amont.

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.

### 8.3 Habitat benthique

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

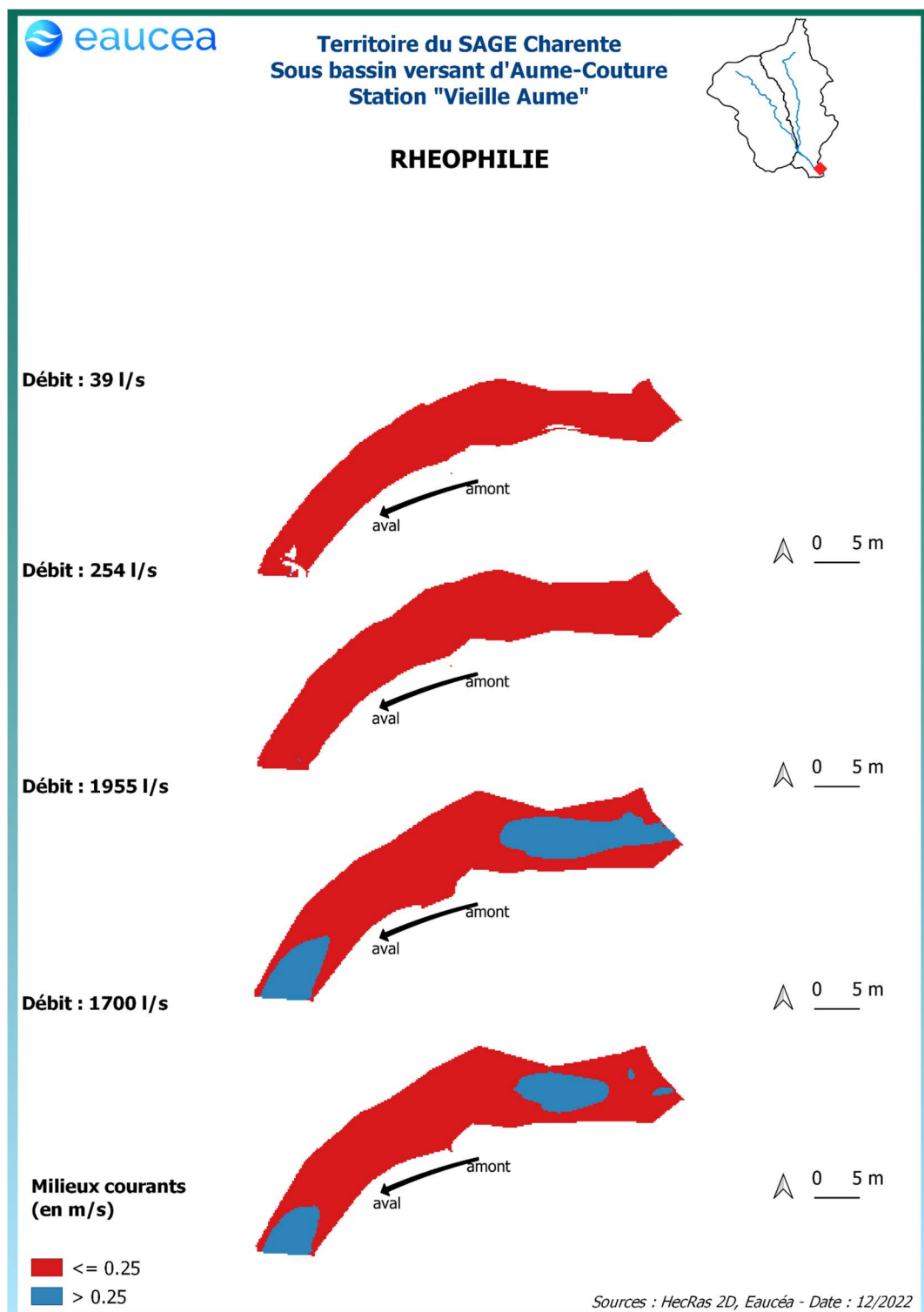
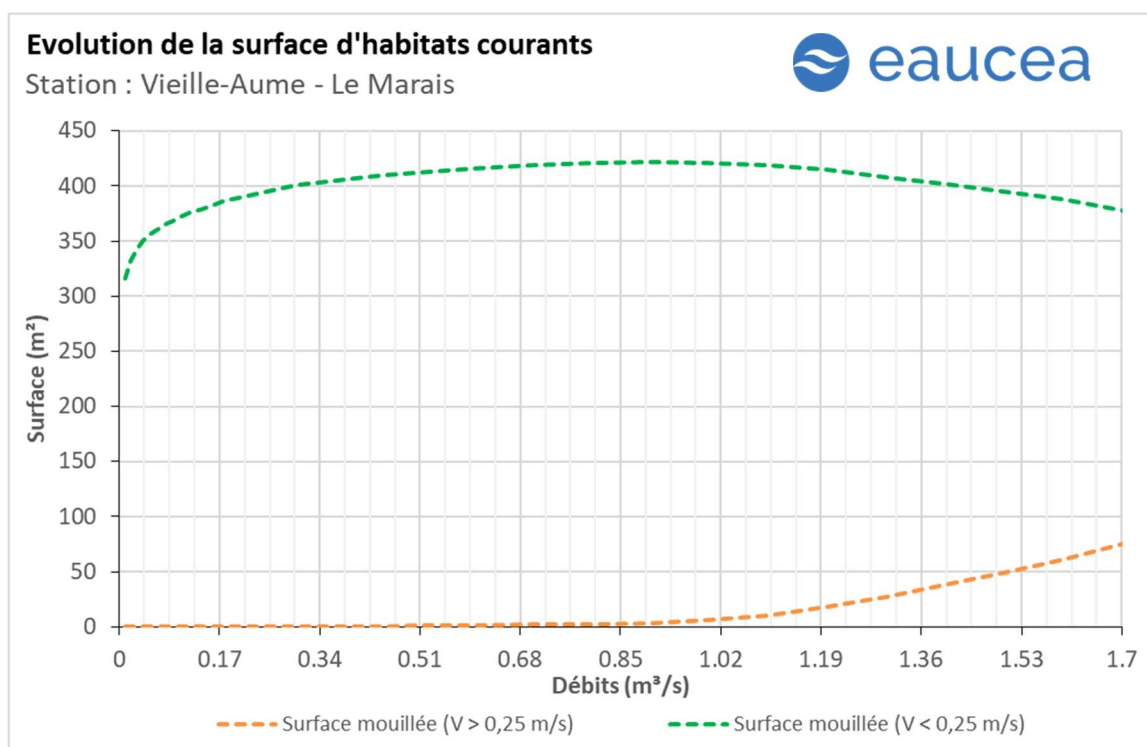


Figure 91: Evolution des milieux courants sur la station des Marais

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est assez limitée sauf sur les radiers et les constrictions à fort débit. En étiage, la quantité d'habitat lotique est nulle.



Les courbes ci-dessus traduisent la présence d'une majorité d'habitats lenticques sur la station à bas débit, les habitats lotiques évoluant très rapidement mais restant largement minoritaires.

**En étiage, soit en dessous de 426 L/s, les surfaces rapides sont inférieures à 1%. Cet objectif ne peut pas être retenu pour le débit biologique d'étiage.**

**Nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 1500 l/s (correspondant à un débit dépassé 49 % du temps). Le taux de 20 % pour les périodes de hautes eaux n'est jamais atteint.**

**En conséquence, seule la valeur garantissant 10 % d'habitat rhéophile figurera sur les matrices. Elle n'apparaîtra qu'à titre informatif et ne servira pas de guide dans le choix des débits car trop proche du débit de débordement de 1700 l/s.**



## 8.4 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  $\tau^*$ <sup>4</sup> 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.

### 8.4.1 Colmatage

Aux Marais, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 254 l/s dans les zones de rétrécissement. 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.

### 8.4.2 Entretien des frayères

La mise en mouvement des particules plus grossière, de l'ordre de 5 à 10 mm permet de s'affranchir des éventuelles forces de cohésion dû au tassement, de quantifier le transit du substrat et l'entretien du lit en particulier à l'automne. Concernant les particules de l'ordre de 5 millimètres de diamètre, seul l'extrême aval de la station et la constriction dans le tiers amont entre en mouvement lorsque le débit dépasse 1700 l/s soit le débit de débordement.

Concernant les particules de 10 millimètres, aucune mise en mouvement notable n'est observable, peu importe le débit.

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

### 8.4.3 Synthèse

Nous recommandons de retenir les valeurs de 254 L/s en étiage.

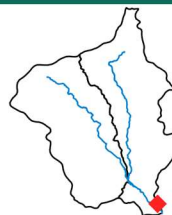
---

<sup>4</sup> Paramètre de Shields (cf annexe)

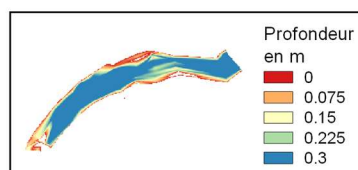
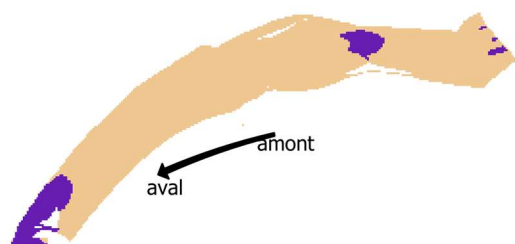
Des périodes de débit supérieur à 1700 L/s sont nécessaires en transition d'automne et hautes eaux (novembre à juin) pour l'entretien sédimentaire des frayères et du lit.

**Territoire du SAGE Charente**  
**Sous bassin versant d'Aume-Couture**  
**Station " Vieille-Aume"**

**Mise en mouvement des particules**  
**Particules de 0.05 mm de diamètre**

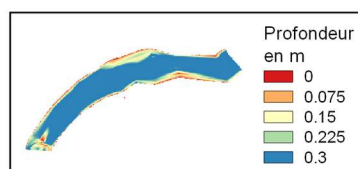
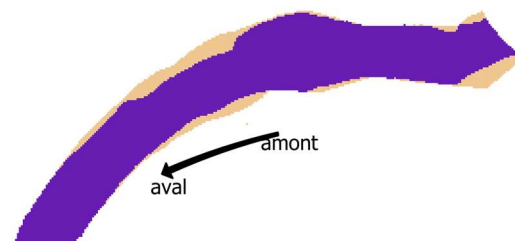


**Débit : 39 l/s**



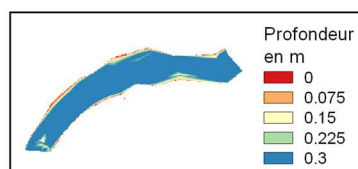
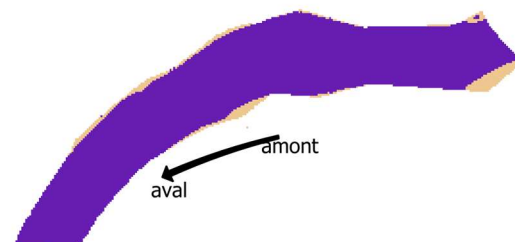
0 5 m

**Débit : 254 l/s**



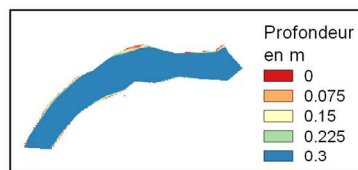
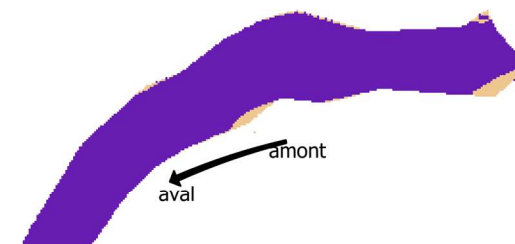
0 5 m

**Débit : 1955 l/s**




0 5 m


**Débit : 1700 l/s**



0 5 m

**Etude des particules**

 Immobiles

 Mises en mouvement

Sources : HecRas 2D, Eauce - Date : 12/2022

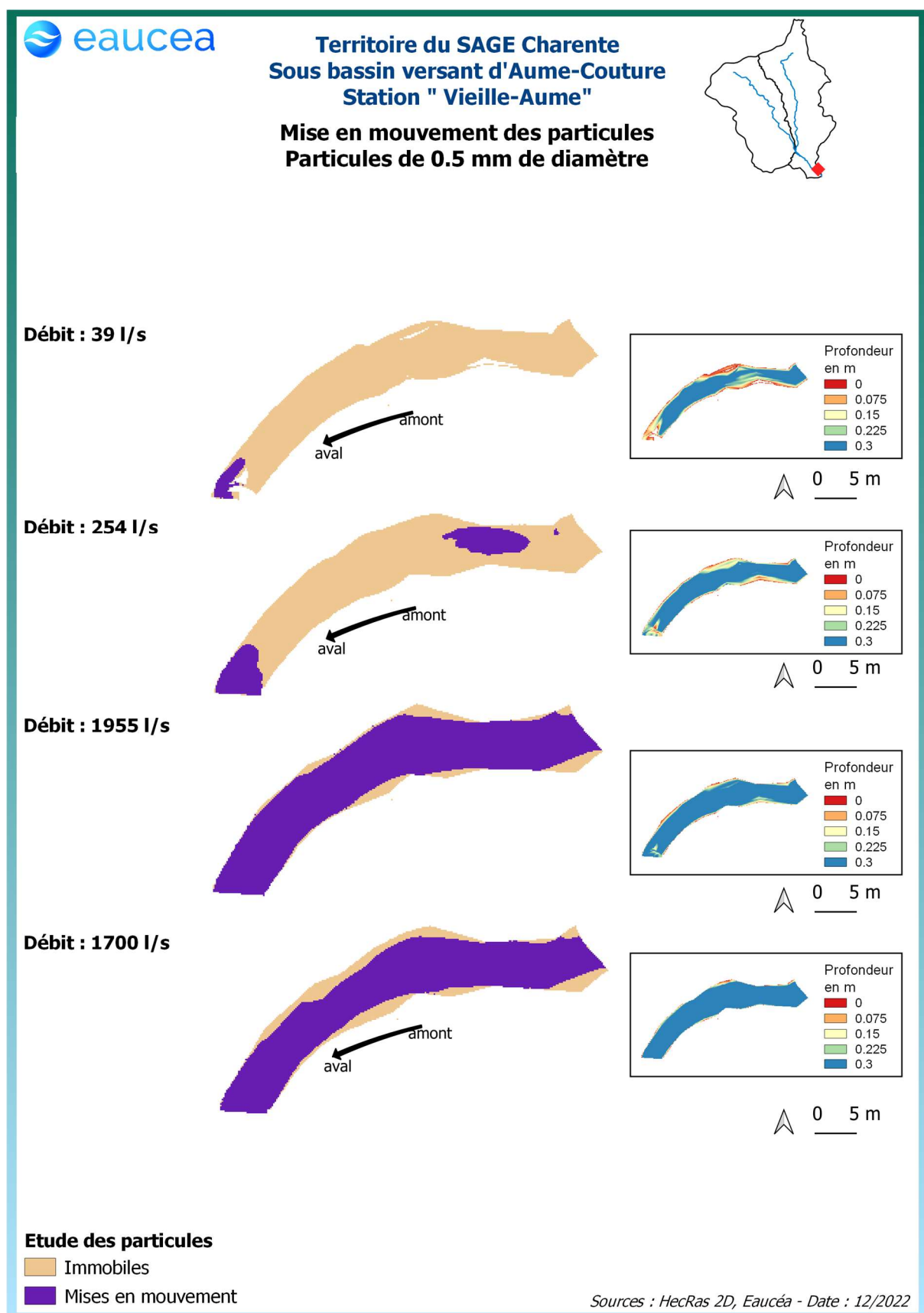


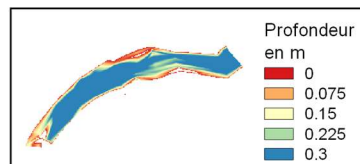
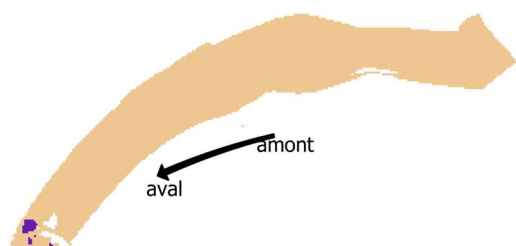
Figure 93 : Mise en mouvement des particules fines sur la station des Marais

**Territoire du SAGE Charente**  
**Sous bassin versant d'Aume-Couture**  
**Station " Vieille-Aume"**

**Mise en mouvement des particules**  
**Particules de 5 mm de diamètre**

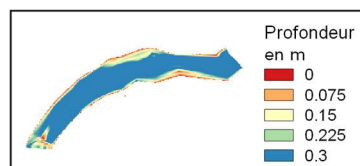
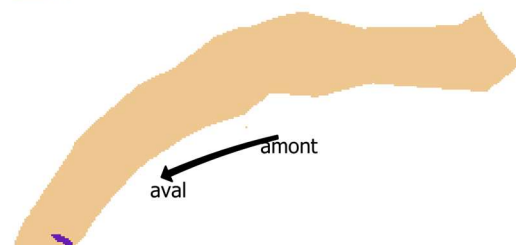


**Débit : 39 l/s**



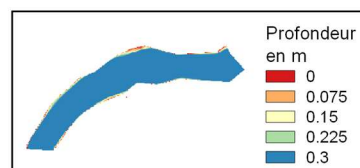
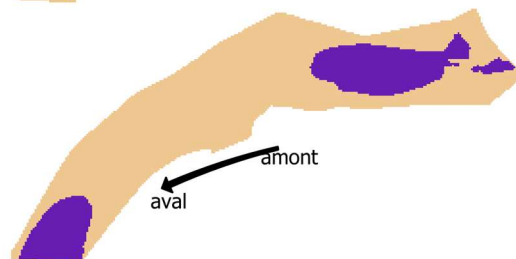
0 5 m

**Débit : 254 l/s**



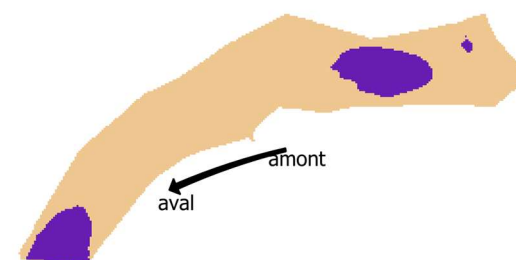
0 5 m

**Débit : 1955 l/s**



0 5 m


**Débit : 1700 l/s**



0 5 m

**Etude des particules**

 Immobiles

 Mises en mouvement

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

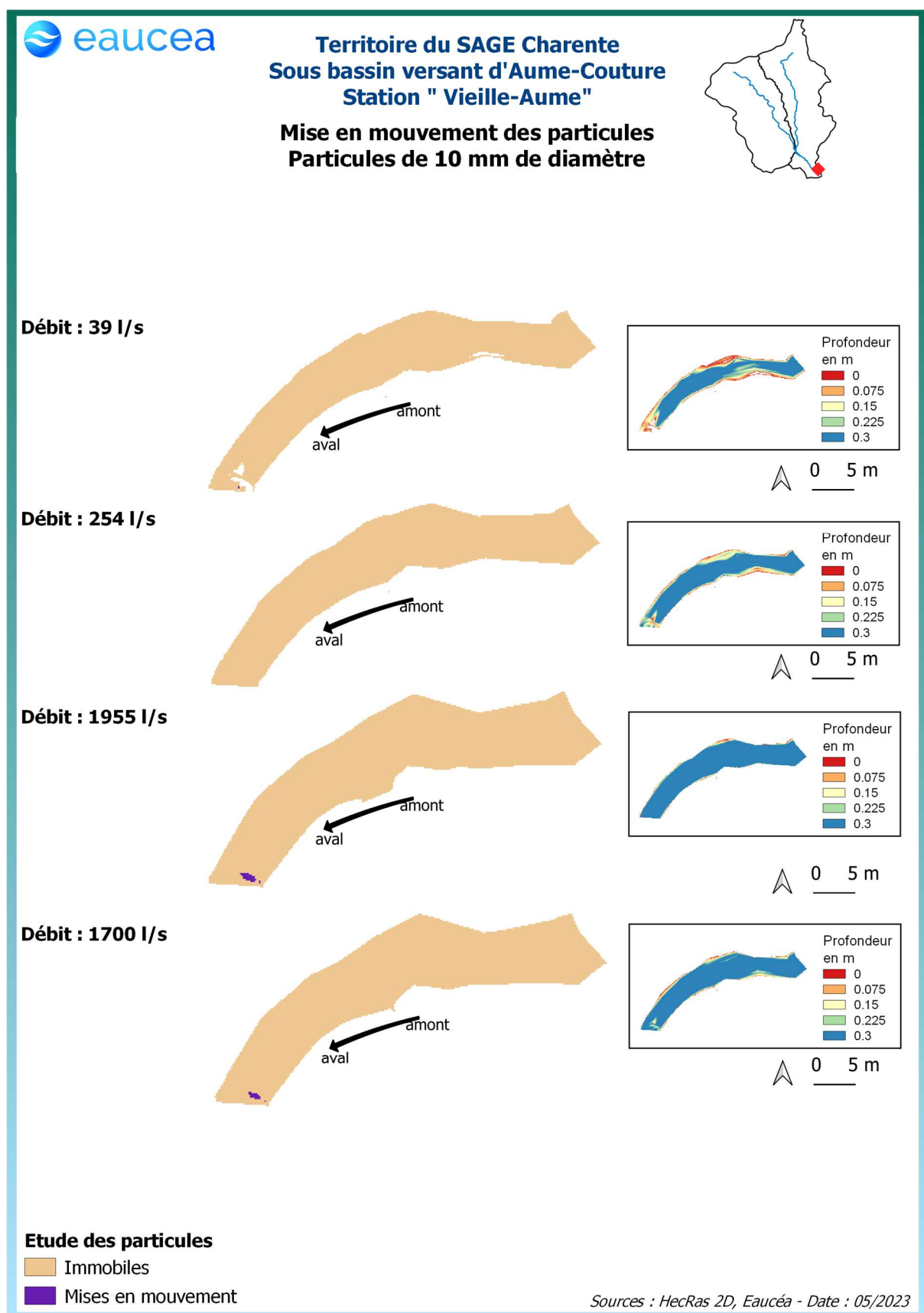


Figure 94 Mise en mouvement des particules grossières sur la station des Marais

## 8.5 Connectivité longitudinale

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

La connectivité de cette station sur l'Aume est aisée pour les petites espèces à un débit de 20 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 30 l/s. Elle ne l'est plus à 20 l/s.

**La valeur de 30L/s est recommandée en toute saison.**

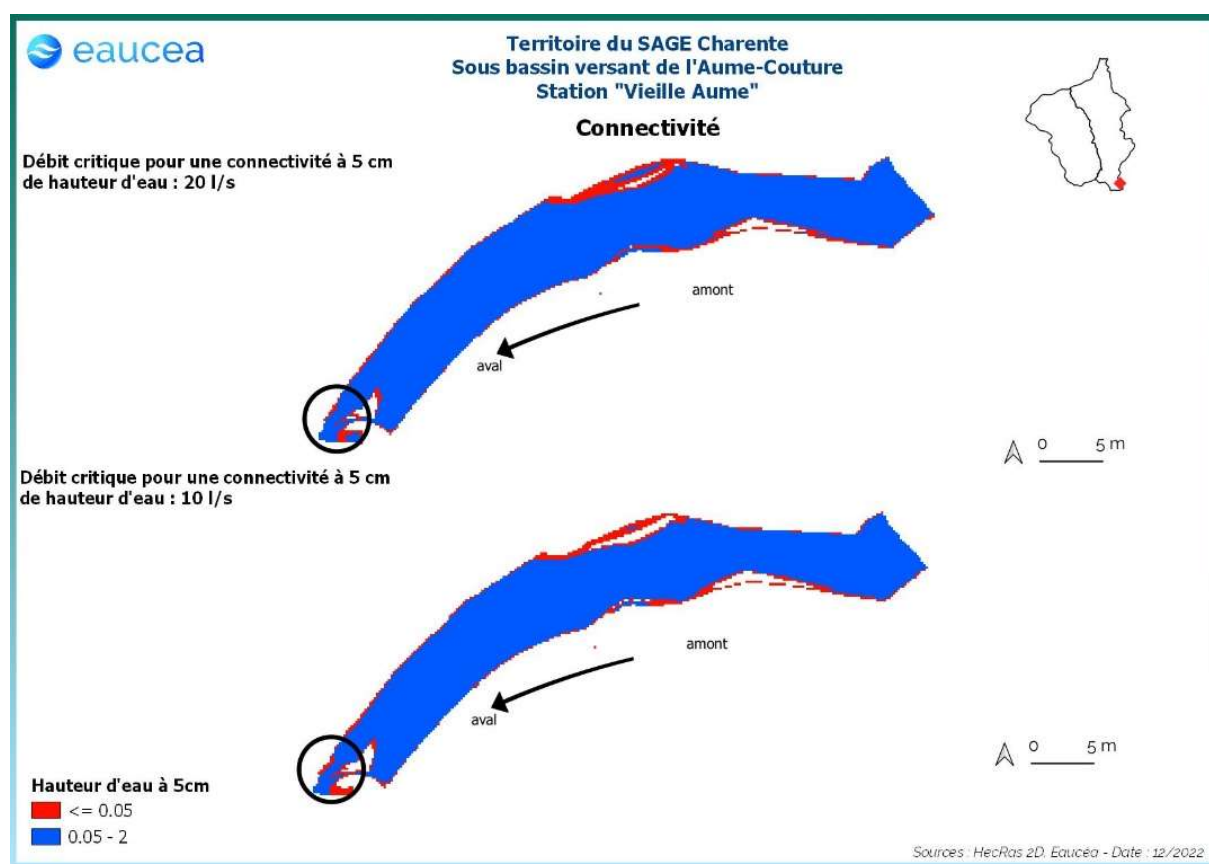


Figure 95: Connectivité de la station des Marais pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau



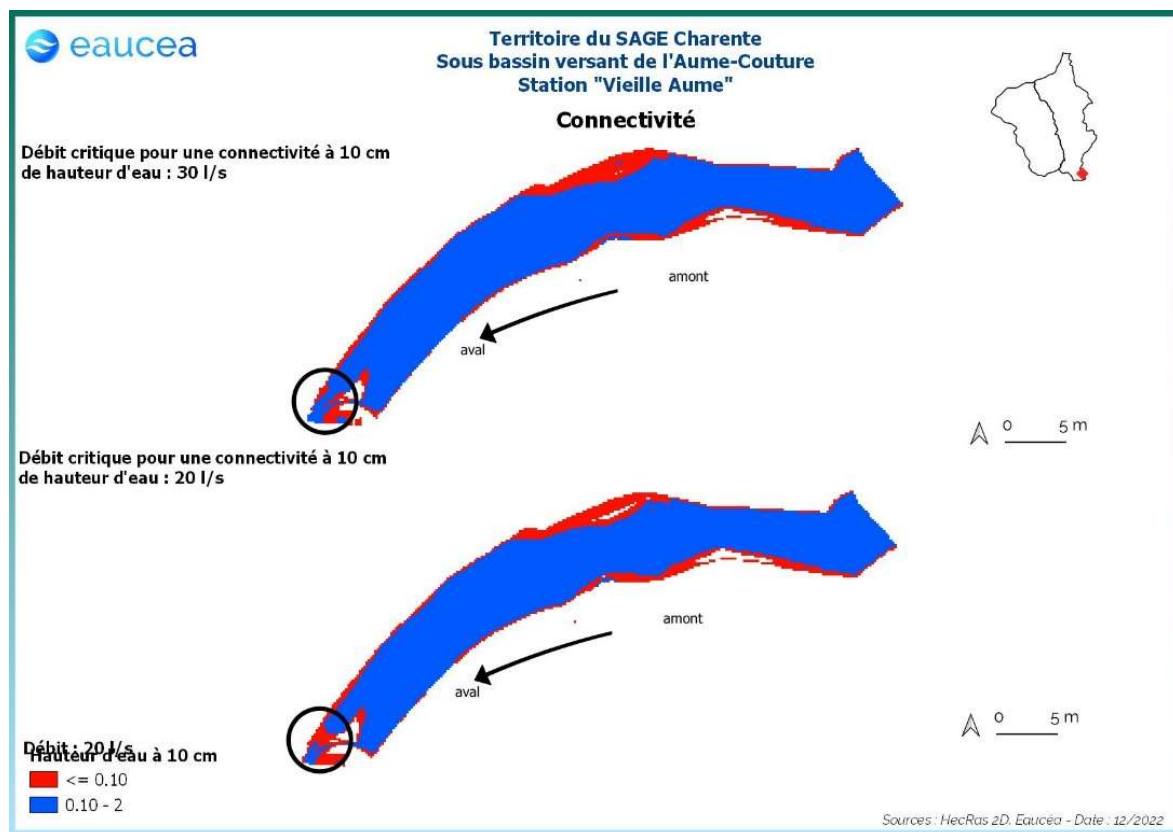


Figure 96: Connectivité de la station sur l'Aume pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

## 8.6 Habitats piscicoles (tous débits)

### 8.6.1 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.

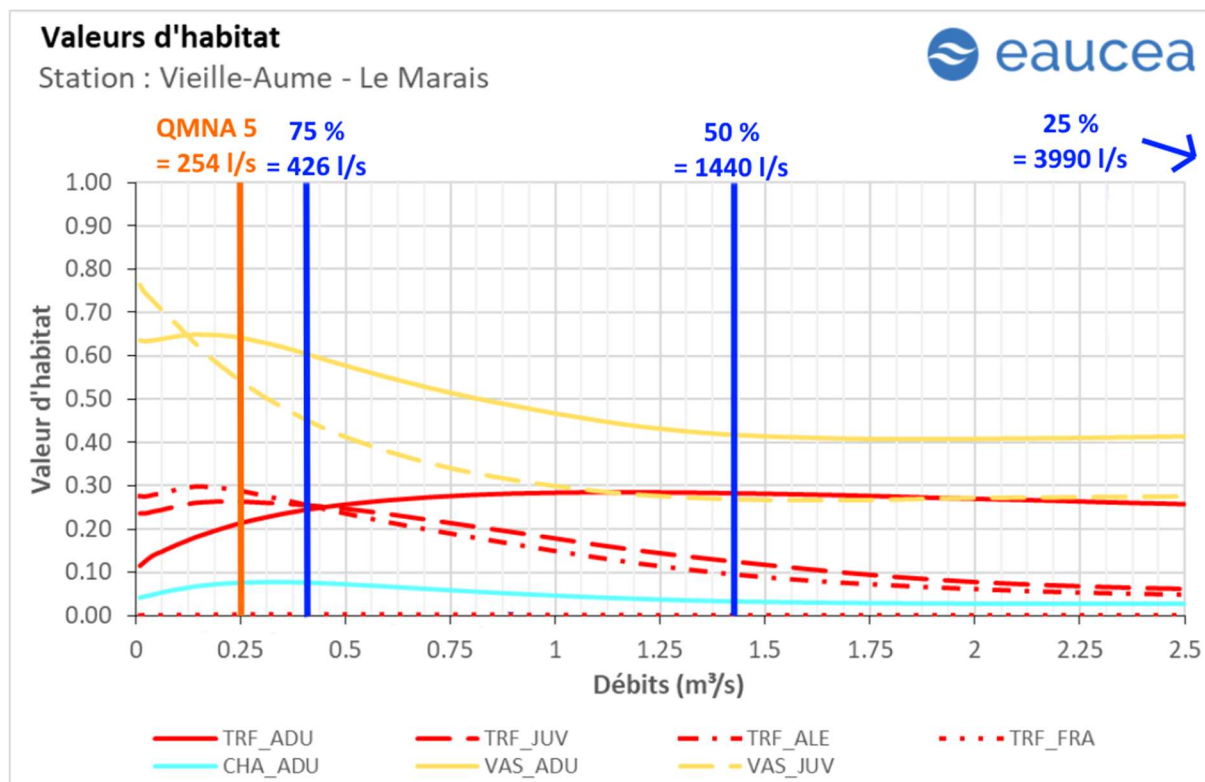


Figure 97: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais

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 plus de 0.4. Pour le juvénile, la valeur est de 0.75 à bas débit et chute aux environs de 0.25.

La station est peu favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.08. Pour cette espèce le critère le plus pénalisant est la granulométrie avec une valeur d'habitat de 0.3. 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.

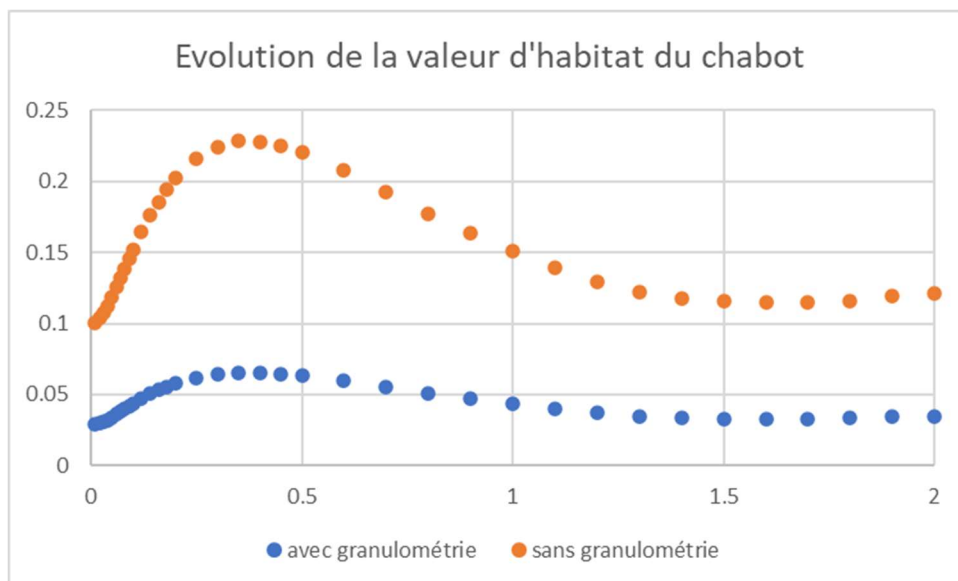


Figure 98 : Evolution sans granulométrie (en orange) et avec granulométrie (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

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

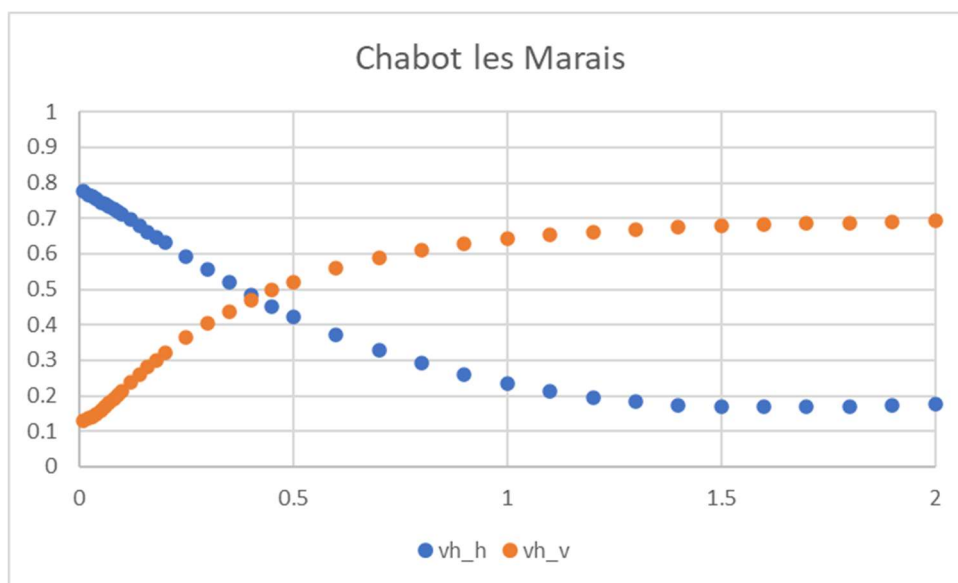


Figure 99 : Evolution des composantes "vitesse" (en orange) et "hauteur d'eau" (en bleu) de la valeur d'habitat pour le chabot sur toute la gamme de débit

A propos de la truite 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 plafond à 0.3. Le juvénile et l'alevin présentent des dynamiques semblables avec un maximum de valeur d'habitat aux environs de 200 l/s avec 0.25 pour le juvénile et 0.3 pour l'alevin avant d'entamer une chute à mesure que les débits augmentent et que la valeur se stabilise à 0.1 pour ces deux stades. L'habitat de frayère est quasi nul à tous les débits.

### 8.6.2 SPU en $m^2$ et en variations relatives

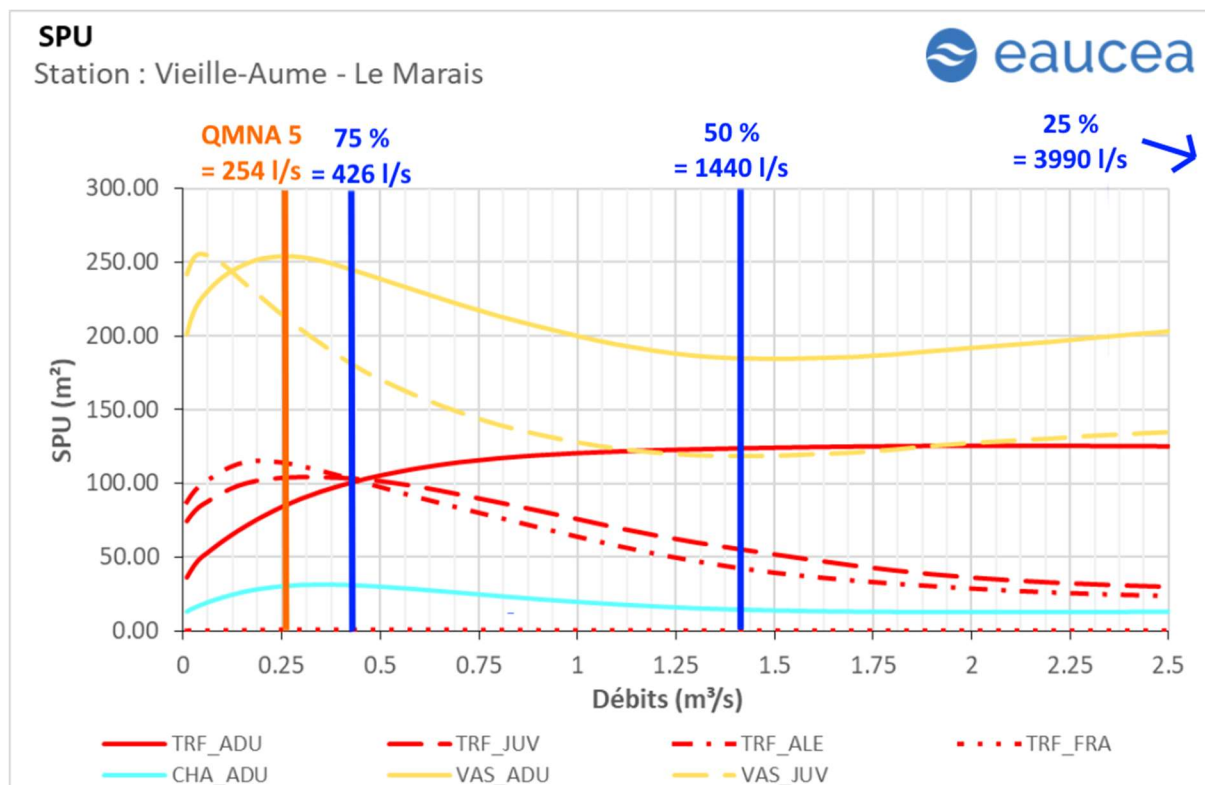


Figure 100: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais

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.

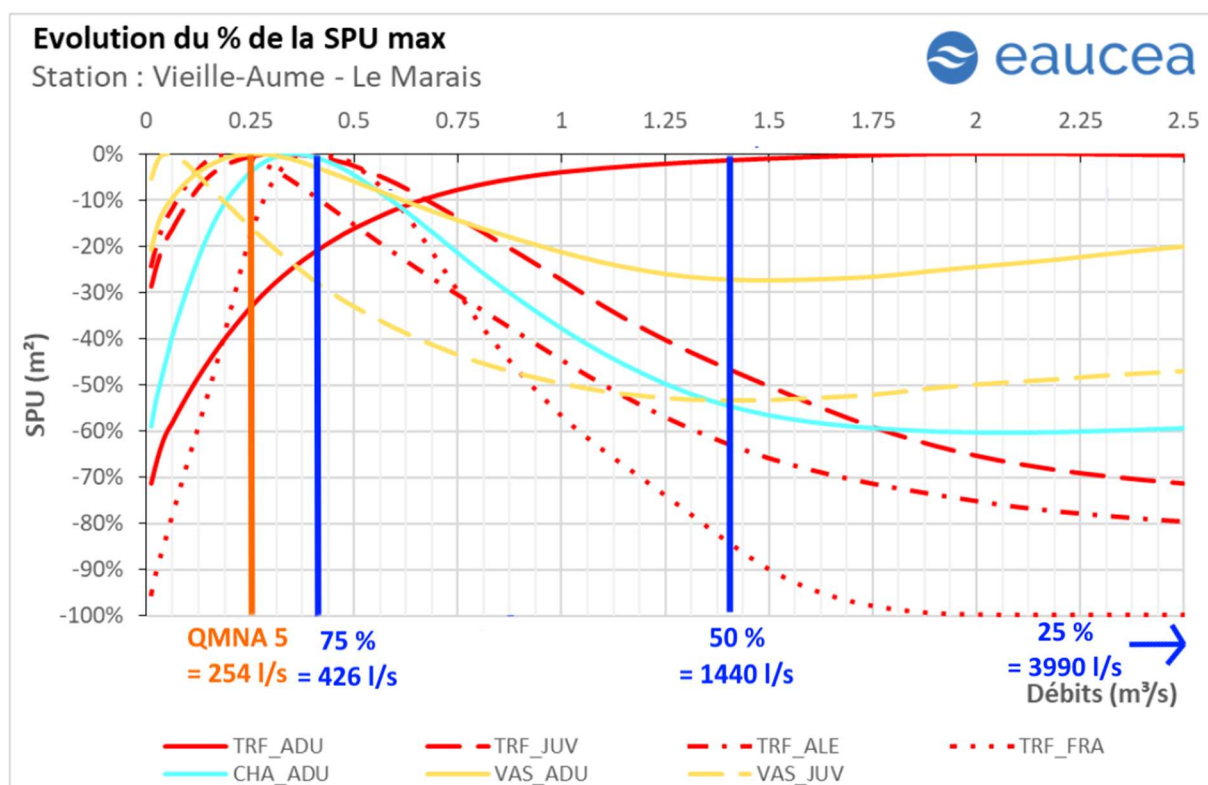


Figure 101: % de la surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais

En orange : le QMNA5 naturalisé IRSTEA.

En bleu : les valeurs de débit classé mesuré

### 8.6.3 Interprétation

Le meilleur compromis entre toutes les espèces est observé entre 135 L/s et 600 L/s. Dans ce domaine, la majorité des espèces présentent un potentiel supérieur ou égal à 80% du maximum de leur SPU. Les cibles biologiques à fortes valeurs patrimoniales (directrices) sont la truite adulte et le chabot.

Pour la truite adulte, stade le plus exigeant, ce seuil de 80% est atteint à partir de 450L/s, valeur correspondant au débit de transition. C'est la valeur de débit la plus basse rencontrés sur l'ensemble des stations prospectées du bassin qui garantit 80% du maximum de SPU. Cela traduit une relative pérennité des habitats de la truite adulte dans le bas bassin (75% du temps). Il pourra être conservé comme plancher de débit biologique entre novembre et juin, période couvrant la reproduction des truites. Pour la fraie, le potentiel maximal est atteint à 450L/s. **Le débit de référence hiver sera donc fixé à 450 L/s.**

En étiage, le milieu devient temporairement moins favorable à la truite adulte. Le graphique ci-dessous montre que le potentiel pour les juvéniles de truites franchi le seuil de 80% du maximum de SPU pour le débit de 40 L/s. Pour le chabot ce seuil de 80% correspond à 135 L/s. La situation se dégrade plus rapidement pour des débits inférieurs (fort gradient de baisse). **Le débit de référence étiage sera donc fixé à 135 L/s.**

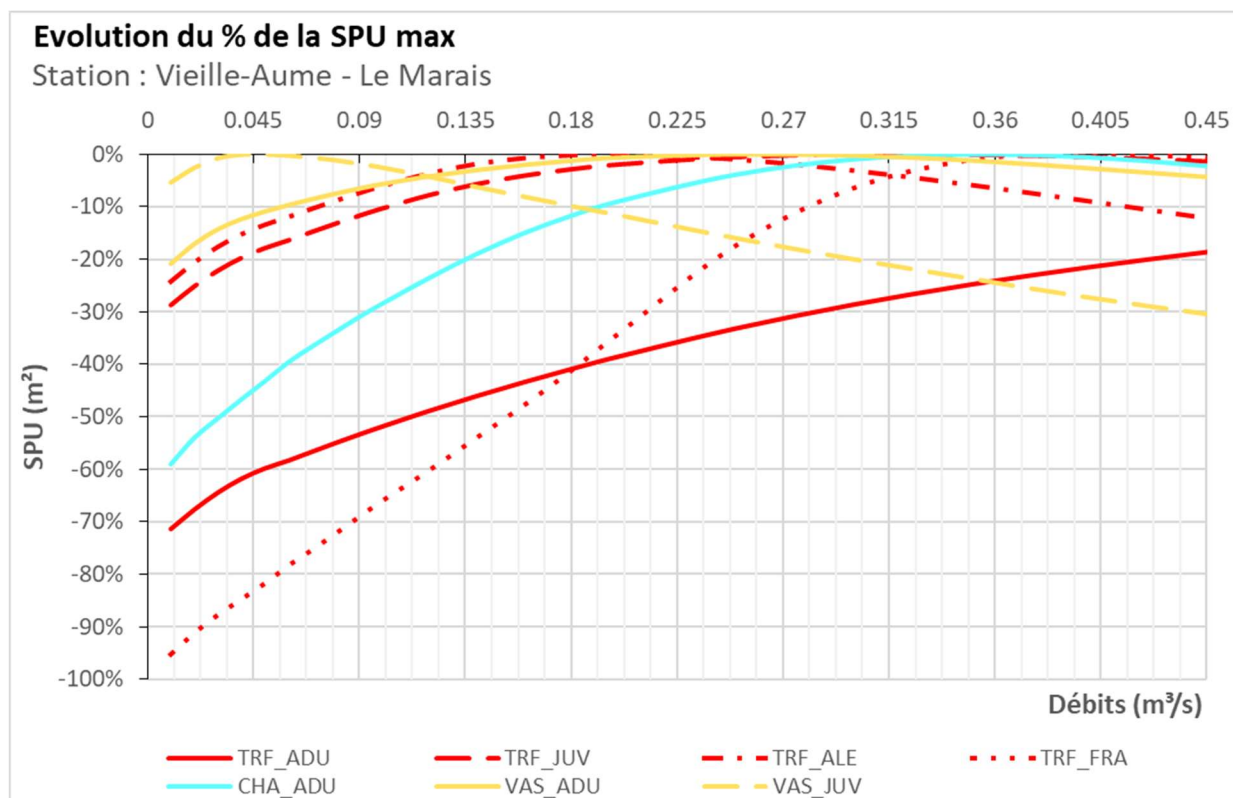


Figure 102 zoom sur l'étiage du % des surfaces pondérées utiles maximales des différents stades de la truite fario, du vairon et du chabot de la station des Marais

## 8.7 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Chantemerle (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, de juillet à octobre, le chabot est l'espèce la plus sensible et pilote le choix de la valeur basse du meilleur compromis fixée à 135 L/s.

En tolérant une perte de 20% de surface pour cette espèce, qui peut tolérer temporairement des habitats réduits en termes de surface, vis-à-vis de cette valeur de référence, le débit plancher s'établit à 70 L/s, valeurs atteinte ou dépassée 100% du temps. Pour cette valeur, les autres espèces conservent une SPU peu différente de celle de la référence. La connectivité est garantie pour toute taille et la surface mouillée est juste supérieure à 74% du maximum.

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

**La gamme de débits biologique pour la période de basses-eaux proposée est donc de 70 L/s à 135 L/s.**

Matrice															Le Marais															Basses-eaux														
Niveau		Critère		Code		Espece		Stade														Qref																						
		Hydrologique		Débit en m3/s				0.02		0.03		0.05		0.07		0.09		0.10		0.14		0.25		0.40		0.45																		
Principal				% des débits classés				100%		100%		100%		100%		98%		97%		93%		83%		76%		74%																		
Principal		Habitat		TRF_ADU		Truite fario		Adulte		-39%		-33%		-25%		-19%		-12%		-10%		67		25%		47%		53%																
Principal		Habitat		TRF_JUV		Truite fario		Juvenille		-20%		-17%		-12%		-9%		-6%		-4%		98		6%		6%		5%																
Principal		Habitat		TRF_ALE		Truite fario		Alevin		-19%		-16%		-11%		-8%		-5%		-4%		112		1%		-7%		-10%																
Principal		Habitat		CHA_ADU		Chabot		Adulte		-42%		-38%		-29%		-21%		-14%		-10%		25		20%		24%		22%																
Principal		Habitat		VAS_ADU		Vairon		Adulte		-14%		-11%		-8%		-5%		-3%		-2%		245		3%		1%		-1%																
Principal		Habitat		VAS_JUV		Vairon		Juvenille		3%		5%		6%		5%		4%		3%		241		-11%		-23%		-26%																
Principal		Vitesses		Milieu rapide > 25 cm/s				0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%																
Principal		Surface mouillée		% du maximum				68%		70%		73%		74%		75%		76%		77%		81%		83%		84%																		
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 103 : Matrice période de basses-eaux



En période de hautes-eaux, le débit biologique doit permettre l'accès aux frayères et la présence de truites adultes sur le secteur. **Le débit de référence hiver est fixé à 450 L/s. Pour la truite 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 320 L/s.**

Concernant le décolmatage des frayères, le débit de 1700 L/s a été proposé. Il se situe au-delà de la gamme minimale proposé mais est réalisé 46 % du temps ce qui garantit son occurrence sur au moins une partie de la période automnale.

**La gamme de débit proposé pour la période de transition et de hautes-eaux est donc de 320 L/s à 600 L /s.**

Matrice													Le Marais			Hautes-eaux et transition							
Niveau	Critère	Code		Espece		Stade					Qref												
	Hydrologique	Débit en m3/s				0.30	0.32	0.40	0.45	0.60	1.00	1.50	1.70										
Principal		% des débits classés				80%	79%	76%	74%	70%	59%	49%	46%										
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-12%	-10%	-4%	102	8%	18%	22%	22%											
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	1%	1%	1%	103	-5%	-26%	-50%	-57%											
Principal	Habitat	TRF_ALE	Truite fario	Alevin	10%	9%	4%	101	-11%	-37%	-61%	-66%											
Principal	Habitat	TRF_FRA	Truite fario	Frai	-6%	-4%	1%	1	-10%	-56%	-90%	-97%											
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s				0%	0%	0%	0%	0%	1%	11%	16%										
Principal	Surface mouillée	% du maximum				82%	82%	83%	84%	85%	87%	91%	93%										
Synthèse indicateurs principaux																							
Habitat	SPU																						
Habitat	Habitats rapides																						
Habitat	Surface mouillée																						
Résultat																							

Figure 104 : Matrice des périodes de transition et de hautes-eaux

## 9 Synthèse sur les débits biologiques étiage et hors étiage et piézométrie associée

### 9.1.1 Débits biologiques des stations

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

		Hiver			Printemps			Été			Automne		
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
en L/s	Couture	Hautes-eaux						Période de transition	Basses-eaux			Période de transition	Hautes-eaux
Gouffre des Loges	DMB+	900						200			900		
	DMB-	640						80			640		
		Hiver			Printemps			Été			Automne		
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
en L/s	Aume	Hautes-eaux					Période de transition	Basses-eaux			Période de transition	Hautes-eaux	
Chantemerle	DMB+	650						180			650		
	DMB-	350						100			350		
Les Goyauds	DMB+	900						150			900		
	DMB-	620						90			620		
Les Marais	DMB+	600						135			600		
	DMB-	320						70			320		
en L/s/km2	Couture	Hautes-eaux						Période de transition	Basses-eaux			Période de transition	Hautes-eaux
Gouffre des Loges	DMB+	4.9						1.1			4.9		
	DMB-	3.5						0.4			3.5		
en L/s/km2	Aume	Hautes-eaux					Période de transition	Basses-eaux			Période de transition	Hautes-eaux	
Chantemerle	DMB+	4.3						1.2			4.3		
	DMB-	2.3						0.7			2.3		
Les Goyauds	DMB+	2.0						0.3			2.0		
	DMB-	1.4						0.2			1.4		
Les Marais	DMB+	1.3						0.3			1.3		
	DMB-	0.7						0.2			0.7		

### 9.1.2 Indicateurs associés

#### Hydrométrie

Pour l'Aume le pilotage par les débits paraît suffisant à partir des deux stations hydrométriques de référence situées à Oradour et d'une station fictive constituée de la somme des deux. Le principe de passage de la station « débit biologique » à la station « hydrométrique » est la pondération par le rapport de bassin versant.

Pour l'Aume aval, les débits sont la somme des bornes des débits biologiques des stations des Goyauds et des Marais (Min + Min et Max + Max), les deux bras devant être alimentés simultanément.

La traduction des seuils est arrêtée comme suit aux trois stations

Secteur	Station	Novembre à Juin		Juillet à octobre			
		min	Max	min	max	QMNA 5 naturalisé (cf. tranche ferme)	Module (Banque Hydro)
Aume amont	Aume à Oradour	446 L/s	828 L/s	127 L/s	229 L/s	57 L/s	1778 L/s
Couture	Couture à Oradour	668 L/s	940 L/s	84 L/s	209 L/s	75 L/s	1500 L/s
Aume aval	Aume + Couture	790 L/s	1259 L/s	134 L/s	239 L/s	153 L/s	3400 L/s

#### Piézométrie

Sur le bassin de l'Aume Couture la relation entre les débits mesurés aux stations et la piézométrie n'est pas connue de façon simple.

Les piézomètres de Villiers, Faigne et Aigre ont servi au calage du modèle hydrogéologique du BRGM à grande échelle des aquifères du Jurassique supérieur (Malm) et du Jurassique moyen (Dogger) réalisée en 2007. La modélisation Eaucéa réalisée pour COGESTEAU s'est appuyée sur les piézomètres de Villiers et Aigre.

Dans les deux cas, les modèles sont de type maillé (Modèle Marthe) et n'ont pas eu vocation à relier une piézométrie à un débit.