



72 rue Riquet – Bat A

31000 Toulouse

Tél : 05 61 62 50 68

Etude de la valeur des débits biologiques sur la Boutonne Secteur Saint-Jean d'Angely

Territoire du SAGE Boutonne

ESTIMATION DES DEBITS
BIOLOGIQUES

LOT 1

Tranche
optionnelle 1.3

RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

EAU
GRAND SUD-OUEST
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

RÉGION
Nouvelle-
Aquitaine

la
Charente
Maritime

EPTB
CHARENTE
Établissement Public Territorial de Bassin Charente

YMBO
SYNDICAT INTERCOMMUNAL
DE LA BOUTONNE ET DE LA GIRONDE EN BASSIN CHARENTE

VERSION

Février 2023

TABLE DES MATIERES

1	POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »	8
2	METHODOLOGIE	10
3	CHOIX DES DEBITS : FREQUENCE ET SAISONNALITE	12
3.1	Méthode	12
3.2	Résultats	12
3.3	Choix des 4 saisons hydrologiques	14
4	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA BOUTONNE A SAINT PIERRE DE L’ISLE	18
4.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	18
4.1.1	Description de la station	18
4.1.2	Modélisation hydraulique de la station	21
4.1.3	Exploitation des résultats	24
4.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	25
4.2.1	Surface mouillée	25
4.2.2	Granulométrie de la station	26
4.2.3	Profondeur	27
4.2.4	Vitesse d’écoulement	28
4.3	Capacité d’auto-entretien des faciès du cours d’eau (saison des hautes-eaux)	30
4.4	Connectivité longitudinale (toutes saisons)	33
4.5	Valeurs d’habitats et surfaces pondérées utiles	36
4.5.1	Courbes d’évolutions avec le débit jusqu’au débordement	36
4.5.2	Saisonnalité	39
4.5.1	Synthèse	46
4.6	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Saint Pierre de l’Isle (matrice)	47
5	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA BOUTONNE A VERVANT	51
5.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	51
5.1.1	Description de la station	51
5.1.2	Modélisation hydraulique de la station	54
5.1.3	Exploitation des résultats	59
5.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	60
5.2.1	Surface mouillée	60
5.2.2	Granulométrie de la station	61
5.2.3	Profondeur	62
5.2.4	Vitesse d’écoulement	63
5.3	Capacité d’auto-entretien des faciès du cours d’eau (saison de hautes-eaux)	65
5.4	Connectivité longitudinale (toutes saisons)	67
5.5	Valeurs d’habitats et surfaces pondérées utiles	70
5.5.1	Courbes d’évolutions avec le débit jusqu’au débordement	70
5.5.2	Saisonnalités	73
5.5.1	Synthèse	80
5.6	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Vervant	80
6	ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA BOUTONNE A SAINT JULIEN DE L’ESCAP	82
6.1	Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique	82
6.1.1	Description de la station	82
6.1.2	Modélisation hydraulique de la station	84
6.1.3	Exploitation des résultats	84
6.2	Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)	85
6.2.1	Surface mouillée	85
6.2.2	Granulométrie de la station	86
6.2.3	Profondeur	87

6.2.4	Vitesse d'écoulement	88
6.3	Capacité d'auto-entretien des faciès du cours d'eau (saison de hautes-eaux)	90
6.4	Connectivité longitudinale (toutes saisons)	94
6.5	Valeurs d'habitats et surfaces pondérées utiles	95
6.5.1	Courbes d'évolutions avec le débit jusqu'au débordement	95
6.5.2	Saisonnalités	98
6.5.3	Synthèse.....	105
6.6	Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Saint Julien de l'Escap	105
6.7	Synthèse sur les débits biologiques étiage et hors étiage et piézométrie associée	107
6.7.1	Débits biologiques des stations	107
6.7.2	Piézométrie associée (à venir)	107
7	BIBLIOGRAPHIE.....	108
8	ANNEXES	109
8.1	Annexe 1 : Tableau des différentes espèces-cibles validées en COPIL par bassin.	109
8.2	Annexe 2 : Habitat des invertébrés	110

Figure 1 : Stations du bassin de la Boutonne secteur « Saint-Jean d'Angely »	8
Figure 2 : Profil en long de la Boutonne et position des stations de débit biologique.	9
Figure 3 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de la Boutonne	12
Figure 4: Courbe des débits journaliers classés de la Boutonne à Saint-Julien de l'Escap.....	13
Figure 5: Débits caractéristiques mensualisés	14
Figure 6 : Débits mensuels statistiques et débits classés de la Boutonne – Secteur Saint Jean d'Angely	15
Figure 7 : Position des transects de mesure de la station de Saint Pierre de l'Isle	19
Figure 8 : Maillage de calcul et topographie de la station de Saint Pierre de l'Isle	22
Figure 9 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)	23
Figure 10 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré	24
Figure 11 : Evolution de la surface mouillée à Saint Pierre de l'Isle.....	25
Figure 12 : Carte des substrats de la station de Saint Pierre de l'Isle	26
Figure 13: Evolution des profondeurs sur la station de Saint Pierre de l'Isle à différents débits	27
Figure 14: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Saint Pierre de l'Isle à différents débits	28
Figure 15: Evolution des milieux courants sur la station de Saint Pierre de l'Isle.....	29
Figure 16 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert).....	30
Figure 17 : Mise en mouvement des particules sur la station de Saint Pierre de l'Isle.....	32
Figure 18: Connectivité de la station de Saint Pierre de l'Isle pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau.....	34
Figure 19: Connectivité de la station sur la Boutonne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau	35
Figure 20: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du Brochet et du chabot de la station de Saint Pierre de l'Isle.....	36
Figure 21 : Valeurs d'habitat des différents stades de la vandoise et du vairon de la station de Saint Pierre de l'Isle	37
Figure 22: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du Brochet et du chabot de la station de Saint Pierre de l'Isle.....	38
Figure 23 : Surfaces pondérées utiles des différents stades de la vandoise et du vairon de la station de Saint Pierre de l'Isle.....	38
Figure 24 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile de la truite, calendrier biologique et hydrologique	41
Figure 25 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du brochet, calendrier biologique et hydrologique	42
Figure 26 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du chabot, calendrier biologique et hydrologique	43
Figure 27: Evolution des surfaces pondérées utiles du vairon suivant le cycle annuel et calendrier biologique .	44
Figure 28: Evolution des surfaces pondérées utiles de la vandoise suivant le cycle annuel et calendrier biologique.....	45
Figure 29 : Matrice période de basses-eaux	47
Figure 30 : Matrice des périodes de transition	48
Figure 31 : Matrice de la période de hautes-eaux.	49
Figure 32 : Position des transects de mesure de la station de Vervant	52
Figure 33 : Maillage de calcul et topographie de la station de Vervant - Boutonne.....	55
Figure 34 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre) ...	56
Figure 35 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré (bras principal en haut et bras secondaire en bas).....	57
Figure 36 : Représentation des vitesses d'écoulement modélisées au débit de calage	58
Figure 37: Evolution de la surface mouillée sur la station de Vervant.....	60
Figure 38: Carte des substrats sur la station de Vervant	61
Figure 39: Evolution des profondeurs sur la station de Vervant.....	62
Figure 40: Evolution des vitesses d'écoulements sur la station de Vervant	63
Figure 41: Carte des habitats courants sur la station de Vervant	64
Figure 42 : Mise en mouvement des particules sur la station de Vervant.....	66
Figure 43: Connectivité de la station de Vervant avec un seuil à 5 cm de hauteur d'eau	68
Figure 44: Connectivité de la station de Vervant pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau.....	69
Figure 45: Valeur d'habitat sur la station de Vervant pour la truite fario, le brochet et le chabot	70
Figure 46 : Valeur d'habitat sur la station de Vervant pour la vandoise et le vairon.....	71
Figure 47: Surfaces pondérées utiles sur la station de Vervant pour la truite, le brochet et le chabot.	72

Figure 48 : Surfaces pondérées utiles sur la station de Vervant pour la vandoise et le vairon	72
Figure 49 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile de la truite, calendrier biologique et hydrologique	75
Figure 50 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du brochet, calendrier biologique et hydrologique	76
Figure 51 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du chabot, calendrier biologique et hydrologique	77
Figure 52: Evolution des surfaces pondérées utiles du vairon suivant le cycle annuel et calendrier biologique .	78
Figure 53: Evolution des surfaces pondérées utiles de la vandoise suivant le cycle annuel et calendrier biologique.....	79
Figure 54 : Matrice période de basses-eaux	80
Figure 55 : Matrice des périodes de transition	81
Figure 56 : Matrice de la période de hautes-eaux.	81
Figure 57 : Position des transects de mesure de la station de Saint Julien de l'Escap.....	82
Figure 61: Evolution de la surface mouillée sur la station de Saint Julien de l'Escap	85
Figure 62: Carte des substrats sur la station de Saint Julien de l'Escap	86
Figure 63: Evolution des profondeurs sur la station de Saint Julien de l'Escap	87
Figure 64: Evolution des vitesses d'écoulements sur la station de Saint Jean d'Angely	88
Figure 65: Carte des habitats courants sur la station de Saint Julien de l'Escap.....	89
Figure 66 : Mise en mouvement des particules sur la station de Saint Julien de l'Escap	93
Figure 67: Connectivité de la station de Saint Julien de l'Escap avec un seuil à 5 cm de hauteur d'eau.....	94
Figure 68: Connectivité de la station de Saint Julien de l'Escap pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau	94
Figure 69: Valeur d'habitat sur la station de Saint Julien de l'Escap pour la truite fario, le brochet et le chabot	95
Figure 70 : Valeur d'habitat sur la station de Saint Julien de l'Escap pour la vandoise et le vairon	96
Figure 71: Surfaces pondérées utiles sur la station de SaintJulien de l'Escap pour la truite, le brochet et le chabot.	97
Figure 72 : Surfaces pondérées utiles sur la station de Saint Julien de l'Escap pour la vandoise et le vairon	97
Figure 73 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile de la truite, calendrier biologique et hydrologique	99
Figure 74 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du brochet, calendrier biologique et hydrologique	100
Figure 75 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du chabot, calendrier biologique et hydrologique	101
Figure 76: Evolution des surfaces pondérées utiles du vairon suivant le cycle annuel et calendrier biologique	102
Figure 77: Evolution des surfaces pondérées utiles de la vandoise suivant le cycle annuel et calendrier biologique.....	104
Figure 78 : Matrice période de basses-eaux	105
Figure 79 : Matrice des périodes de transition	106
Figure 80 : Matrice de la période de hautes-eaux.	106

1 POSITIONNEMENT DES STATIONS « DEBITS BIOLOGIQUES »

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

- La station dite « de Saint Pierre de l'Isle » en amont ;
- La station dite « de Vervant » en position médiane ;
- La station dite « de Saint Julien de l'Escap » en aval.

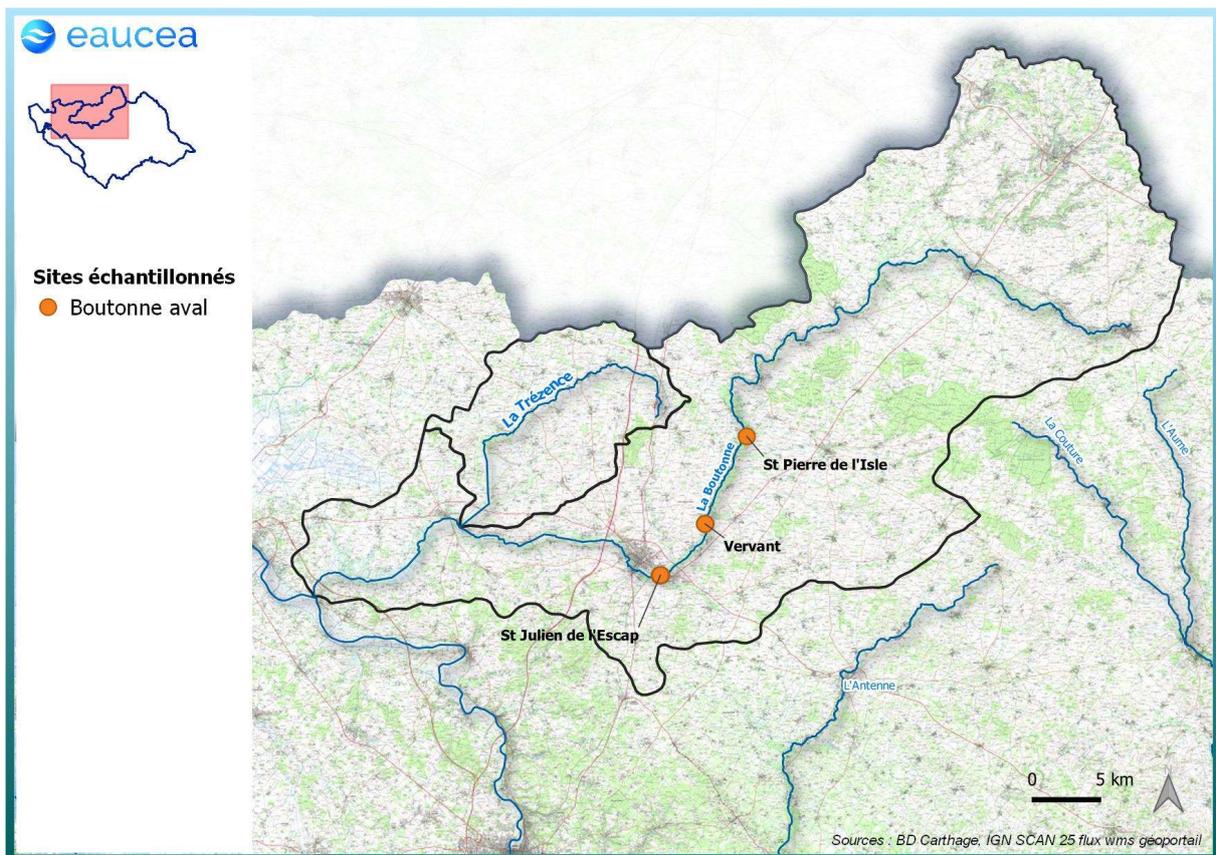


Figure 1 : Stations du bassin de la Boutonne secteur « Saint-Jean d'Angely »

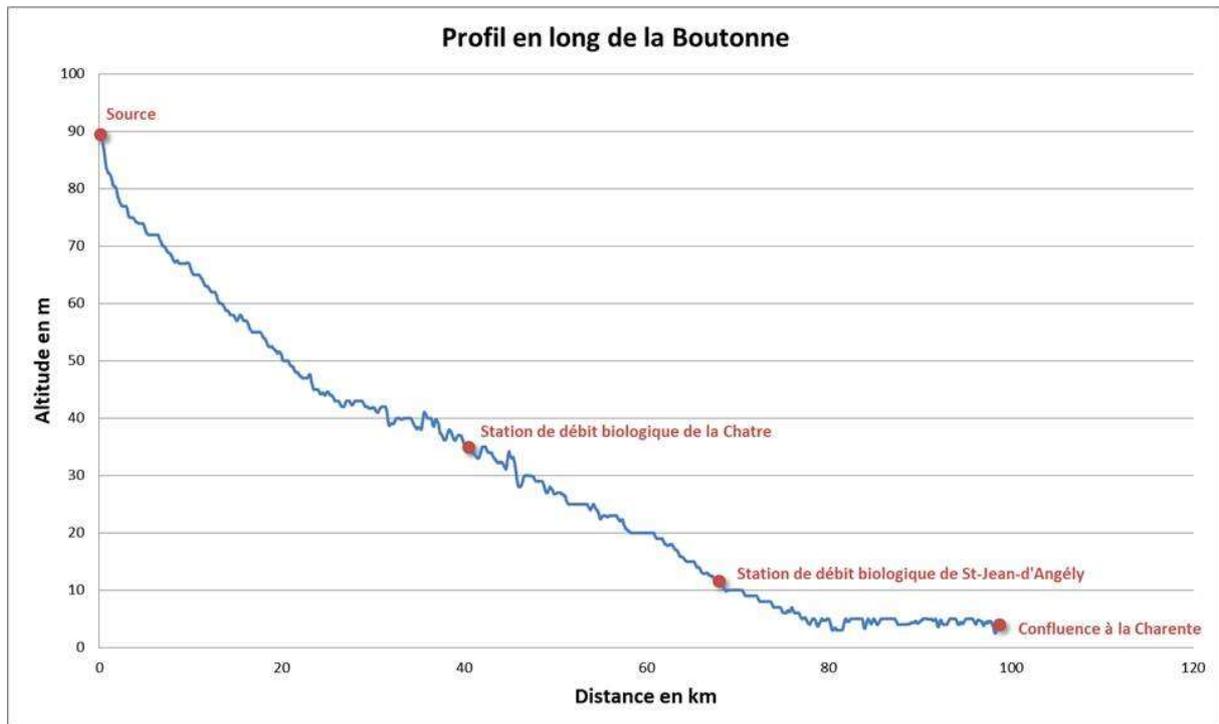
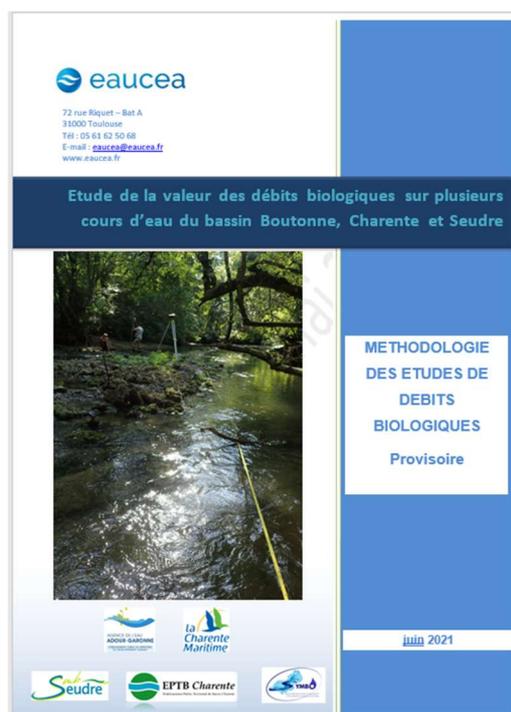


Figure 2 : Profil en long de la Boutonne et position des stations de débit biologique.

2 METHODOLOGIE

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



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

Pour chaque station, sont successivement présentés :

- 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

Le choix des débits étudiés doit permettre de couvrir à la fois l'étiage mais aussi le cycle annuel. Pour approcher la saisonnalité des enjeux, il faut donc apprécier le régime des débits auquel est soumise chaque station de débit biologique. Cela implique une analyse interannuelle qui ne peut se fonder que sur des extrapolations à partir de station de référence accumulant des historiques de mesures sur plusieurs années.

Les débits caractéristiques des stations d'étude biologique sur la Boutonne dans le secteur de Saint Jean d'Angely sont calculés sur la base des observations réalisées à la station de Saint Julien de l'Escap (R6110008 – la Boutonne à Saint-Julien-de-l'Escap).

Cette station récemment créée ne bénéficie pas d'un historique important mais les quelques années disponibles (2018/2022) constituent cependant une référence adaptée aux stations de débit biologique.

3.2 Résultats

juin 2018/juillet 2022		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
La Boutonne à Saint-Julien-de-l'Escap (station hydro et DB)	Débits (m ³ /s)	19.85	26.56	15.58	5.67	4.54	2.65	1.26	0.62	0.53	3.63	15.80	30.59	10.1
843 km ²	l/s/km ²	23.55	31.51	18.49	6.72	5.38	3.15	1.50	0.74	0.63	4.31	18.74	36.29	12.0
Vervant (station DB)	Reconstitués	18.60	24.89	14.60	5.31	4.25	2.49	1.18	0.58	0.50	3.40	14.81	28.67	9.50
790 km ²	l/s/km ²	23.55	31.51	18.49	6.72	5.38	3.15	1.50	0.74	0.63	4.31	18.74	36.29	12.0
Saint Pierre de l'Isle (station DB)	Reconstitués	14.60	19.54	11.46	4.17	3.34	1.95	0.93	0.46	0.39	2.67	11.62	22.50	7.5
620 km ²	l/s/km ²	33.18	44.40	26.05	9.47	7.59	4.43	2.11	1.04	0.88	6.07	26.41	51.13	16.9

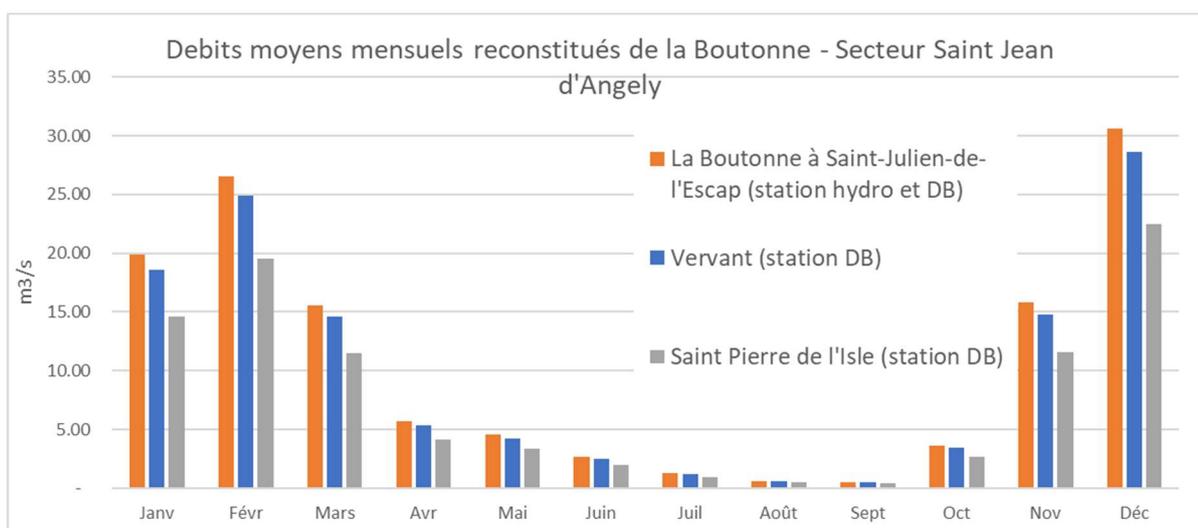


Figure 3 : Débits moyens mensuels mesurés et reconstitués de la Boutonne

La reconstitution des débits classés a été effectuée sur la base des enregistrements réalisés à Saint-Julien-de-l'Escap. 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.

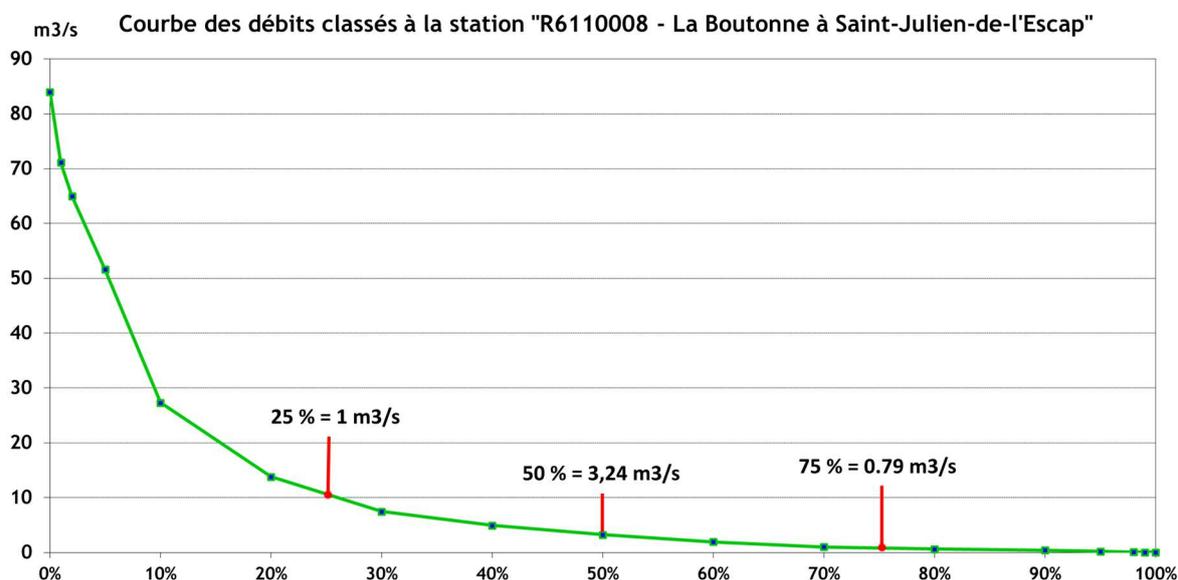


Figure 4: Courbe des débits journaliers classés de la Boutonne à Saint-Julien de l'Escap

Pour les stations de débits biologiques, ils sont calculés au prorata du bassin versant bien qu'en étiage sévère avec des valeurs de quelques litres par seconde, les apports de la nappe ne peuvent être décrit simplement et il faut garder à l'esprit le caractère très incertains de cette estimation.

	Saint Pierre de l'Isle (en m ³ /s)	Vervant (en m ³ /s)	Saint Julien de l'Escap (en m ³ /s)
Occurrence 25%	0,58	0,74	0,79
Occurrence 50%	2,38	2,04	3,24
Occurrence 75%	7,36	9,37	10,00

Le cycle annuel est représenté par une approche par quantile des débits mensuels estimés avec les mêmes règles de prorata depuis la station de Saint-Julien-de-l'Escap.

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.

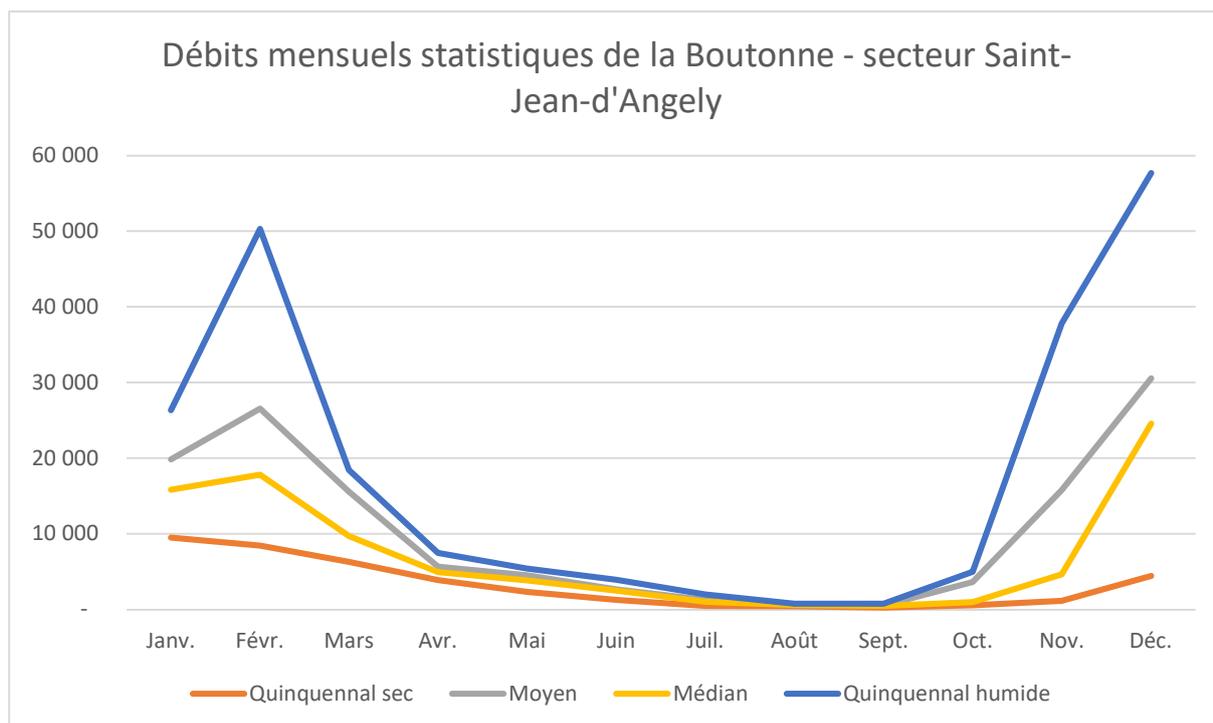


Figure 5: Débits caractéristiques mensualisés

Les valeurs à chaque station seront calculées au prorata.

3.3 Choix des 4 saisons hydrologiques

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.

Au regard de l'hydrologie à la station de Saint Julien de l'Escap, 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 793 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 sans période de transition automnale. La saison d’eaux moyennes et de hautes eaux (débit dépassé 50% du temps) s’observe de novembre à mai compris. Enfin, la saison de transition avec des débits diminuant encadre juin et juillet.

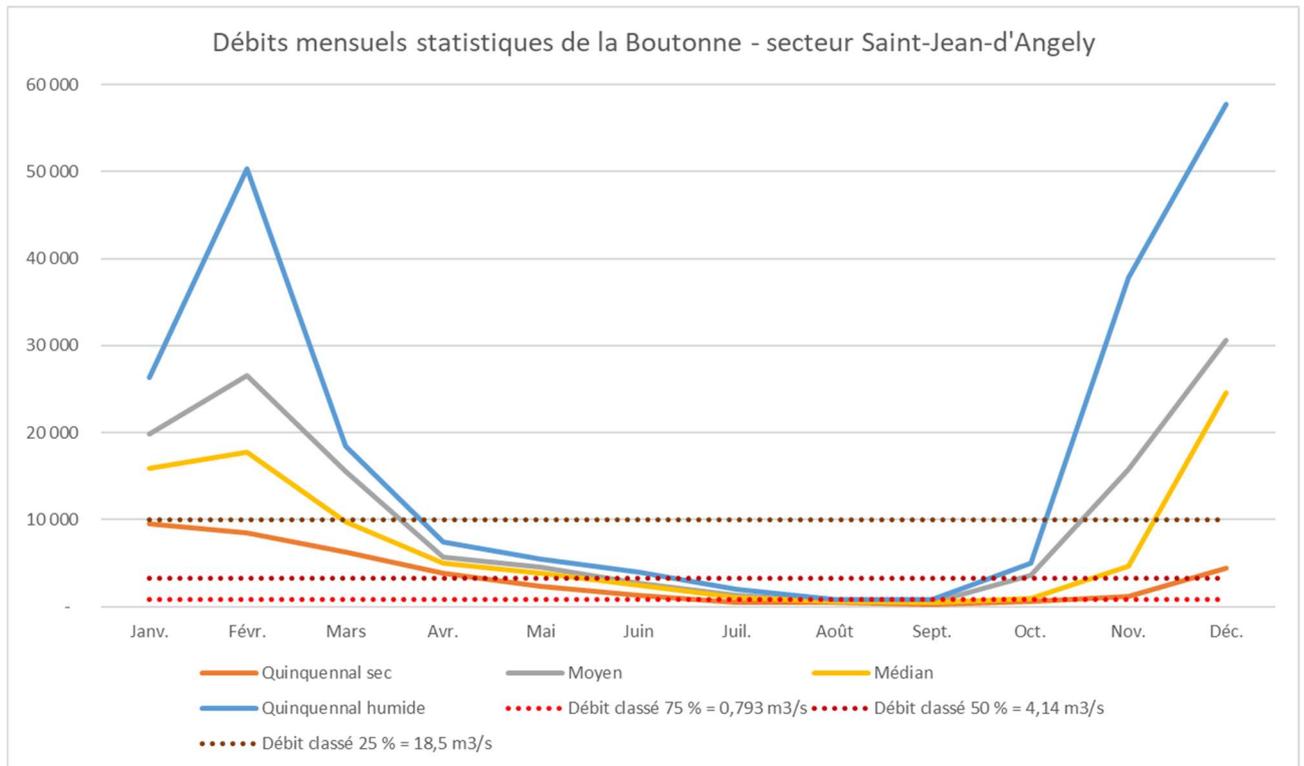


Figure 6 : Débits mensuels statistiques et débits classés de la Boutonne – Secteur Saint Jean d’Angely

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

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

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

La période de hautes-eaux correspond à :

- La majorité des étapes du cycle du brochet ;
- 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 et de la vandoise.

La période de transition printanière correspond à :

- la fin de la migration du brochet ;
- la maturation du chabot ;
- la fin de la période de reproduction du vairon
- la fin de la reproduction et la période d'émergence/maturation de la vandoise.

Le calendrier des différentes périodes d'analyse est donc :

Espèce	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novembre	Décembr
	Hautes-eaux					Période de transition		Basses-eaux			Hautes-eaux	

4 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA BOUTONNE A SAINT PIERRE DE L’ISLE

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 Saint-Pierre-de-l’Isle est située sur la Boutonne en amont de Saint-Jean-d’Angély et proche de Nuailly-sur-Boutonne.

Elle s’étend sur environ 120 m de long dans un secteur légèrement méandré.

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



Figure 7 : Position des transects de mesure de la station de Saint Pierre de l'Isle

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d’une venue sur site le 16/09/2021.

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 type station totale ;
- 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 le profileur de courant à effet doppler.

Le débit le jour des mesures a été mesuré au transect 2, aboutissant à une valeur moyenne de 373 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 lent. La pente générale est très faible, la ligne d'eau étant majoritairement tenue par un radier terminal.

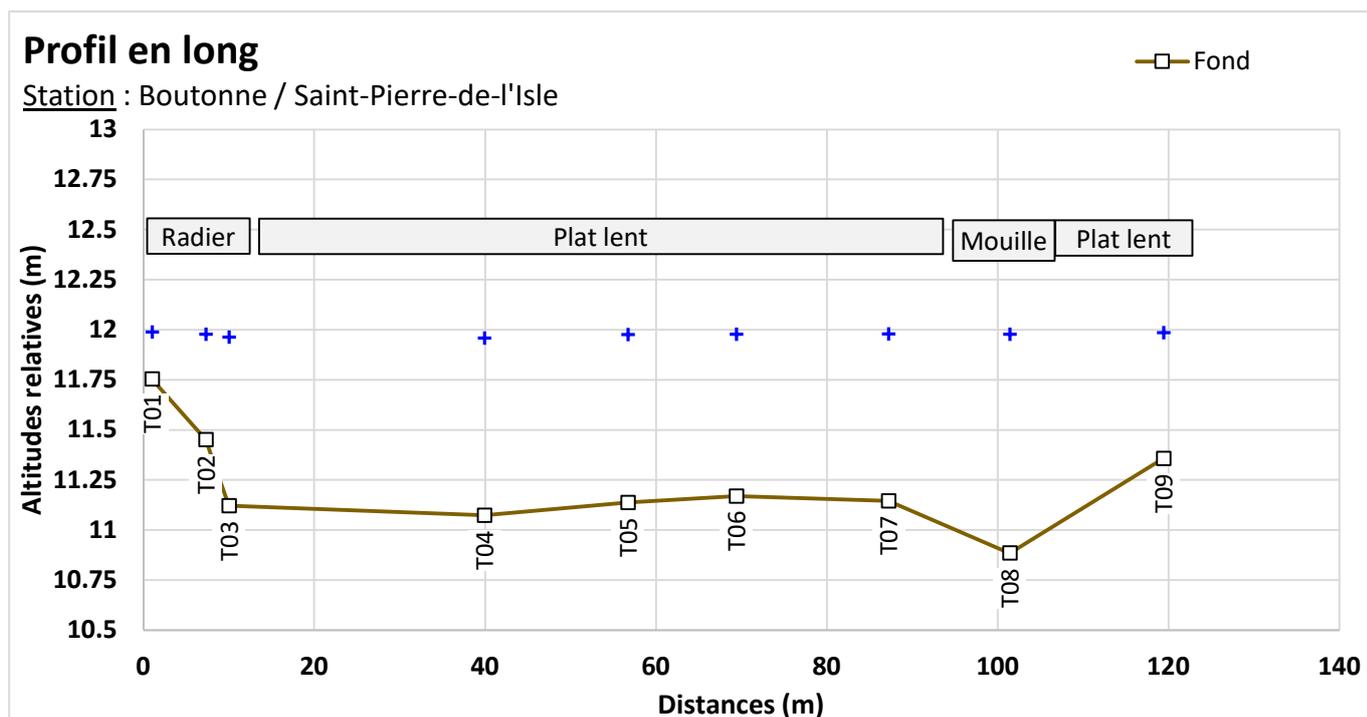
L'amont de la station est situé en fin de plat lent se convertissant progressivement en un profond au droit de T08. Celui-ci se prolonge jusqu'au T07, se convertissant en un chenal assez homogène sur un linéaire de pratiquement 80 m jusqu'en T03. Sur ce linéaire, le chenal est situé plutôt sur la gauche du cours d'eau, où la berge est plus abrupte. En rive droite, la berge remonte plus progressivement, via une sorte de banc latéral laissant place ensuite à la berge abrupte. Enfin, sur la partie terminale, la fond remonte assez brusquement et les hauteurs d'eau diminuent fortement, générant un effet de seuil caractérisé par une zone de léger radier sur une 10aine de mètres.

- **Type de berges**

Les berges sont globalement verticales et végétalisées. Elles peuvent s'élever de 1 à 1,5 m au-dessus du niveau 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 :



4.1.2 Modélisation hydraulique de la station

Principes du modèle

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

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

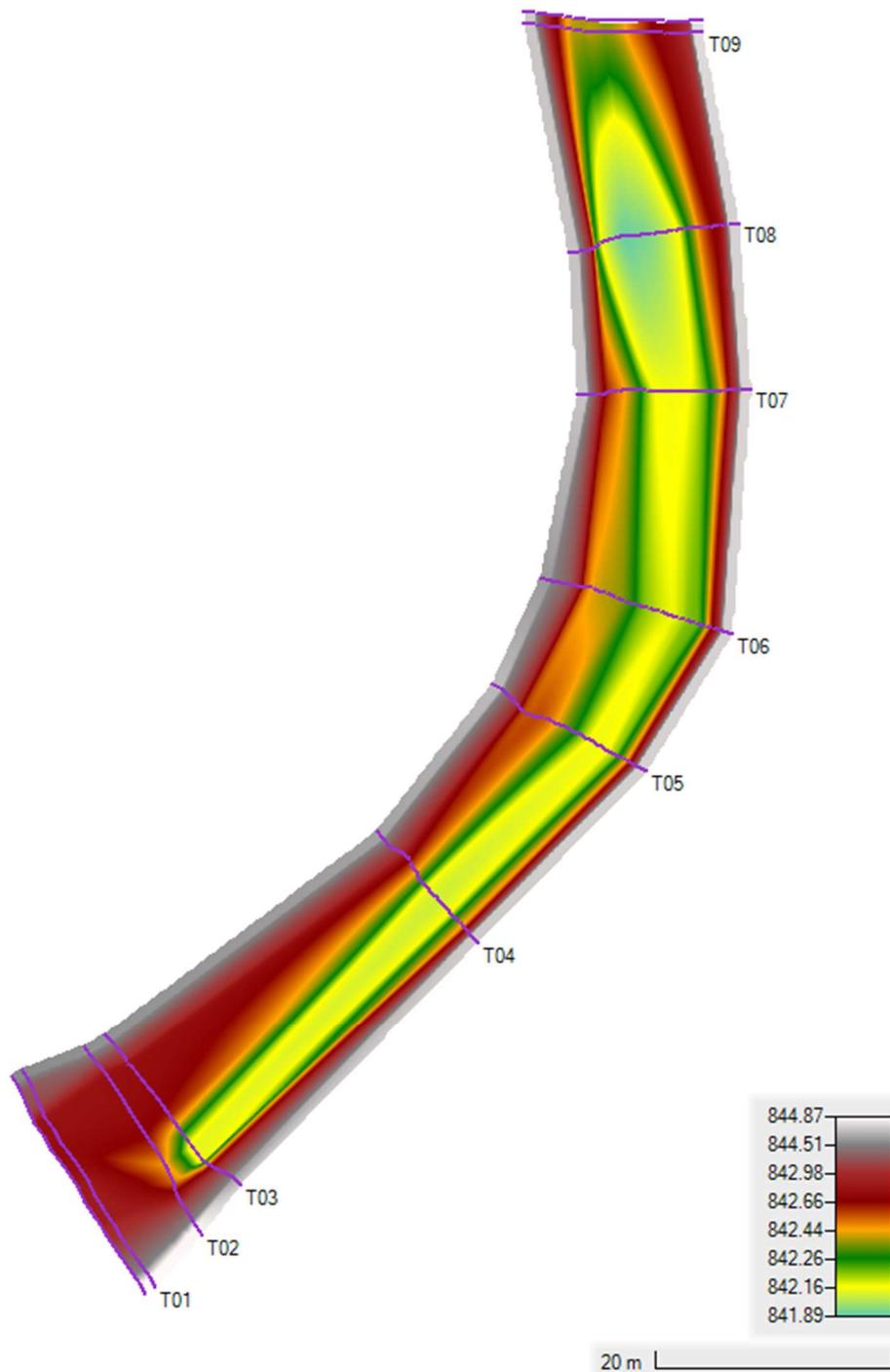


Figure 8 : Maillage de calcul et topographie de la station de Saint Pierre de l'Isle

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 373 l/s.

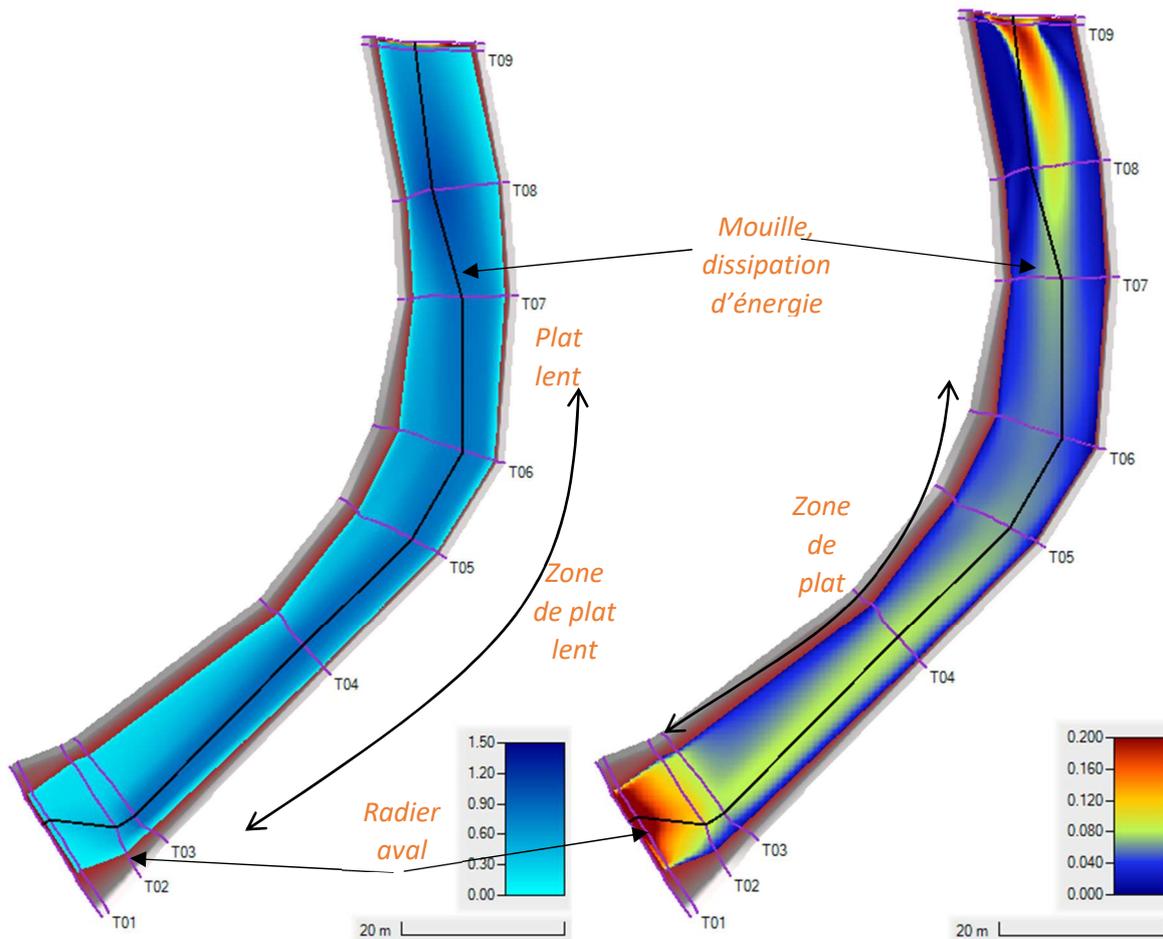


Figure 9 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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

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

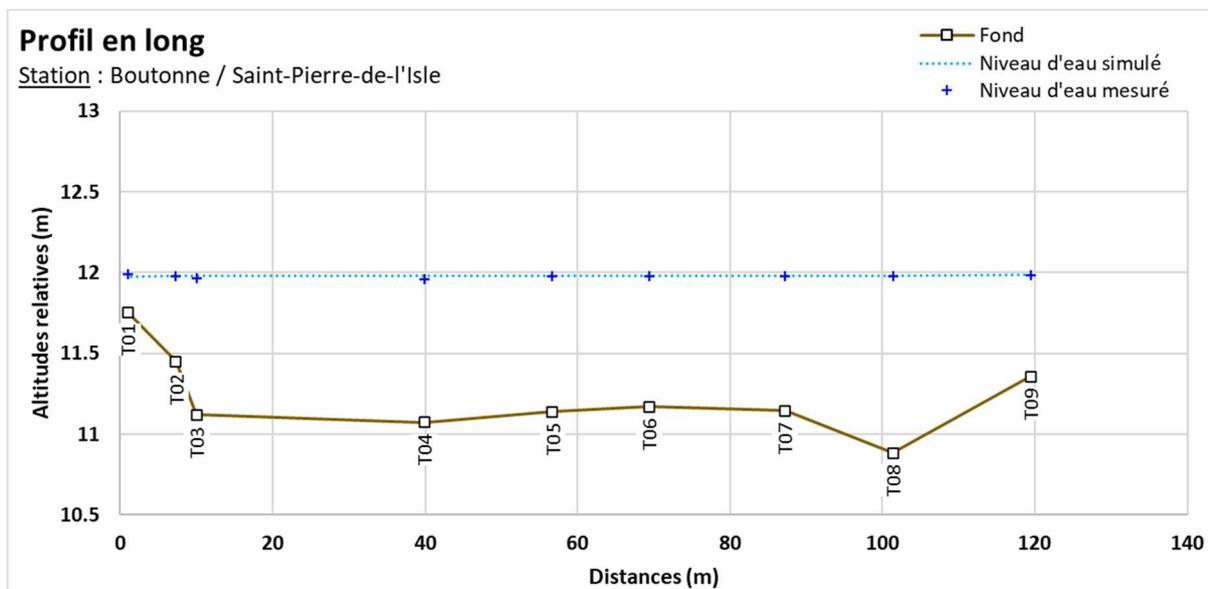


Figure 10 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d'eaux simulé et mesuré

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

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

Simulations réalisées

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

Des simulations ont été mises en œuvre pour plusieurs débits en régime permanent, sur une gamme allant de 10 l/s à 4500 l/s pour les débits biologiques et de 4500 à 20000 l/s pour le débordement. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage à plus que le module de la Boutonne à cette station mais aussi des débits extrêmes.

4.1.3 Exploitation des résultats

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 374 L/s et le module plutôt de 9002 L/s.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum	29
QMNA5 moyen	276
50 % du module	2580
Module	5160
Débit de débordement	20000

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 500 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 20000 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

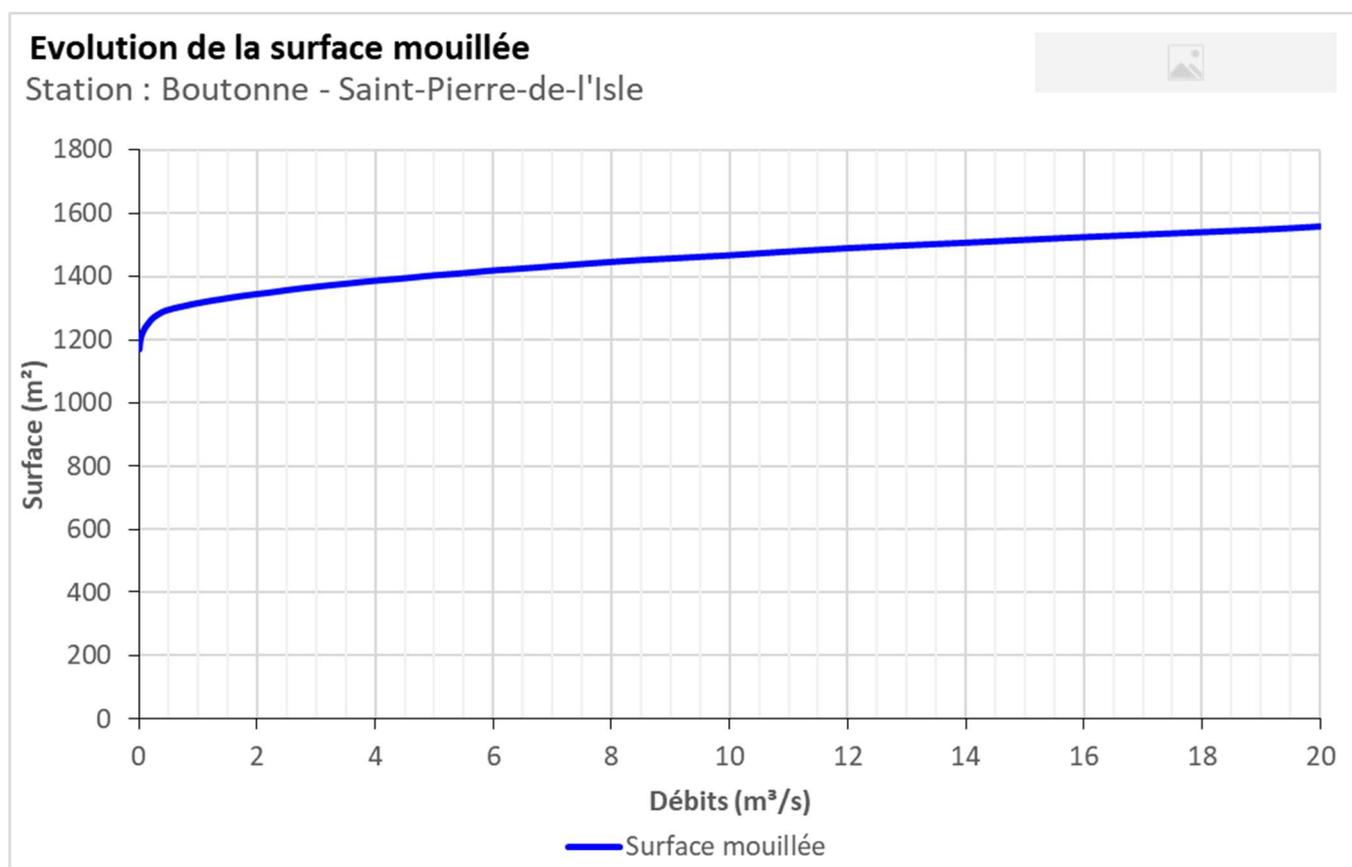


Figure 11 : Evolution de la surface mouillée à Saint Pierre de l'Isle

4.2.2 Granulométrie de la station

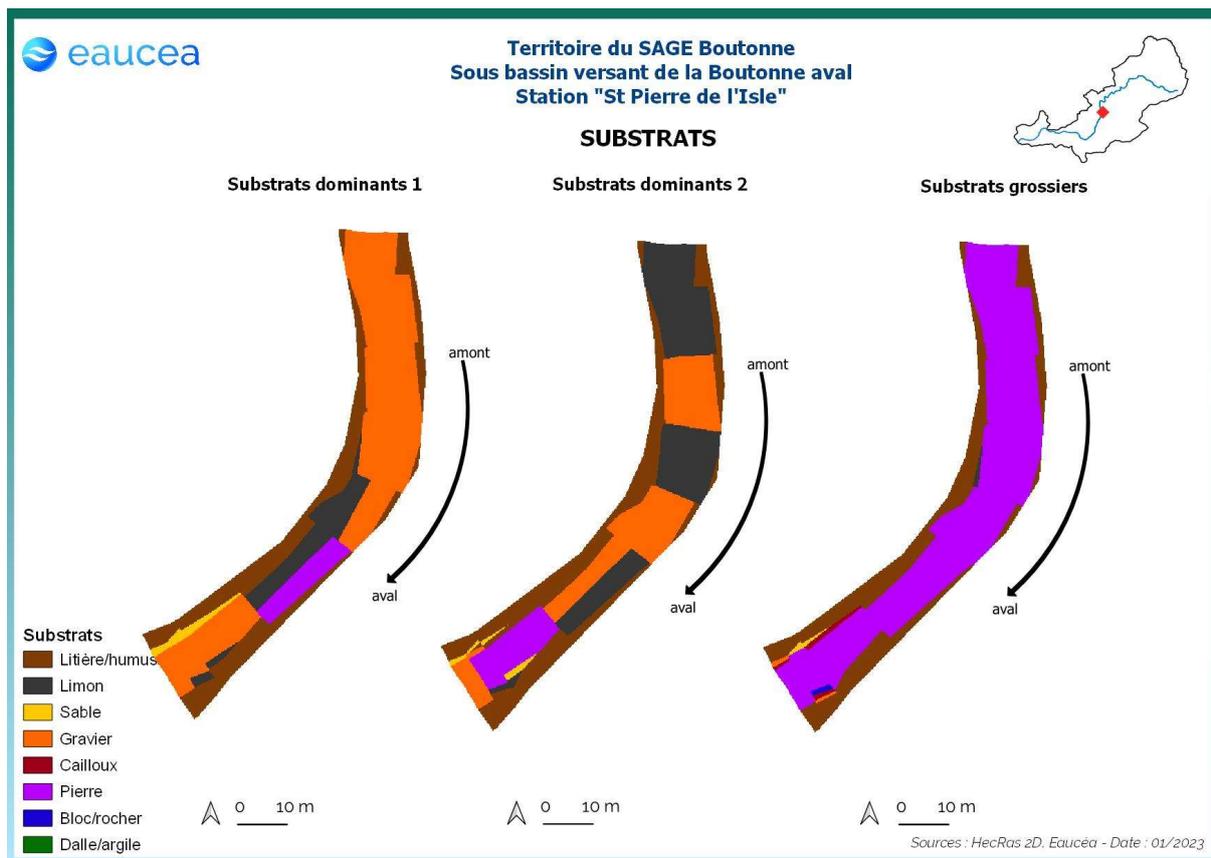


Figure 12 : Carte des substrats de la station de Saint Pierre de l’Isle

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

4.2.3 Profondeur

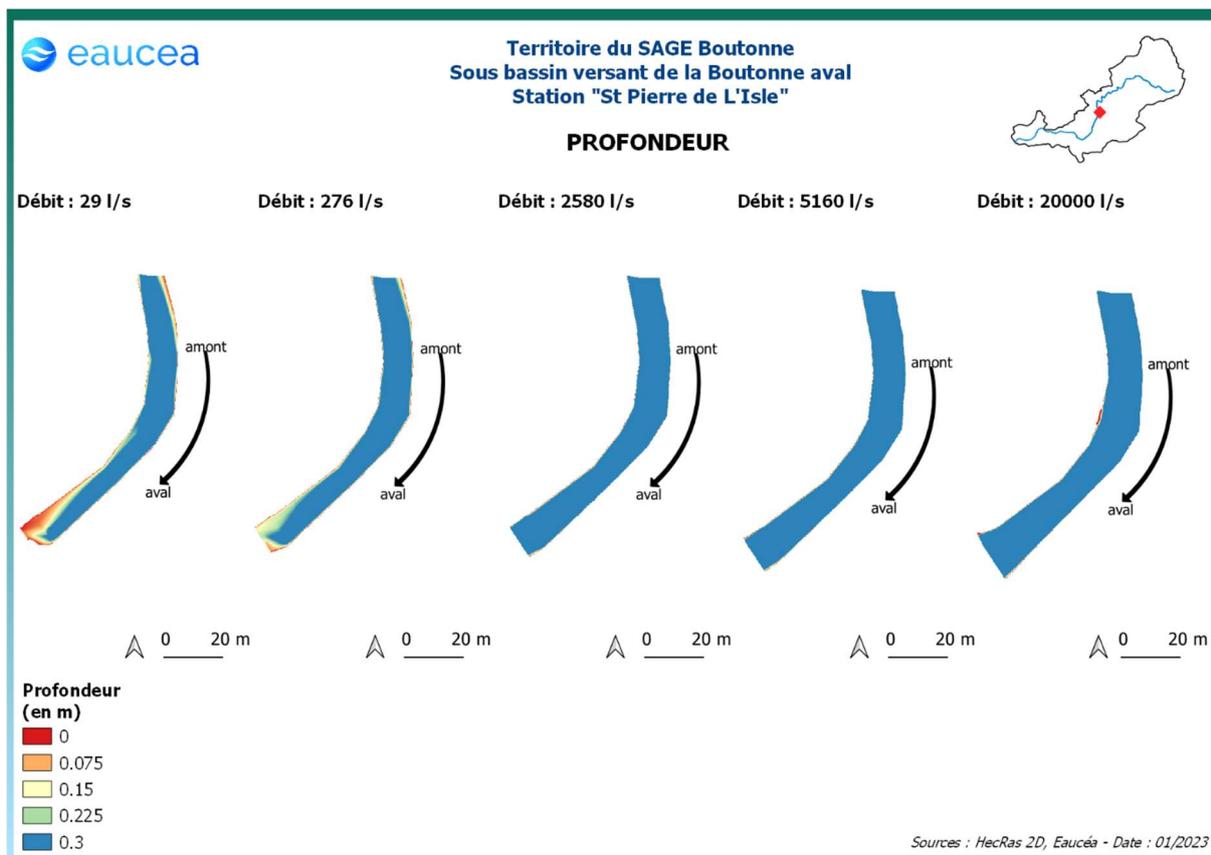


Figure 13: Evolution des profondeurs sur la station de Saint Pierre de l’Isle à différents débits

La station est assez uniformément profonde, seul le radier situé à l’aval fait exception. Il s’efface autour de 300 l/s.

4.2.4 Vitesse d'écoulement

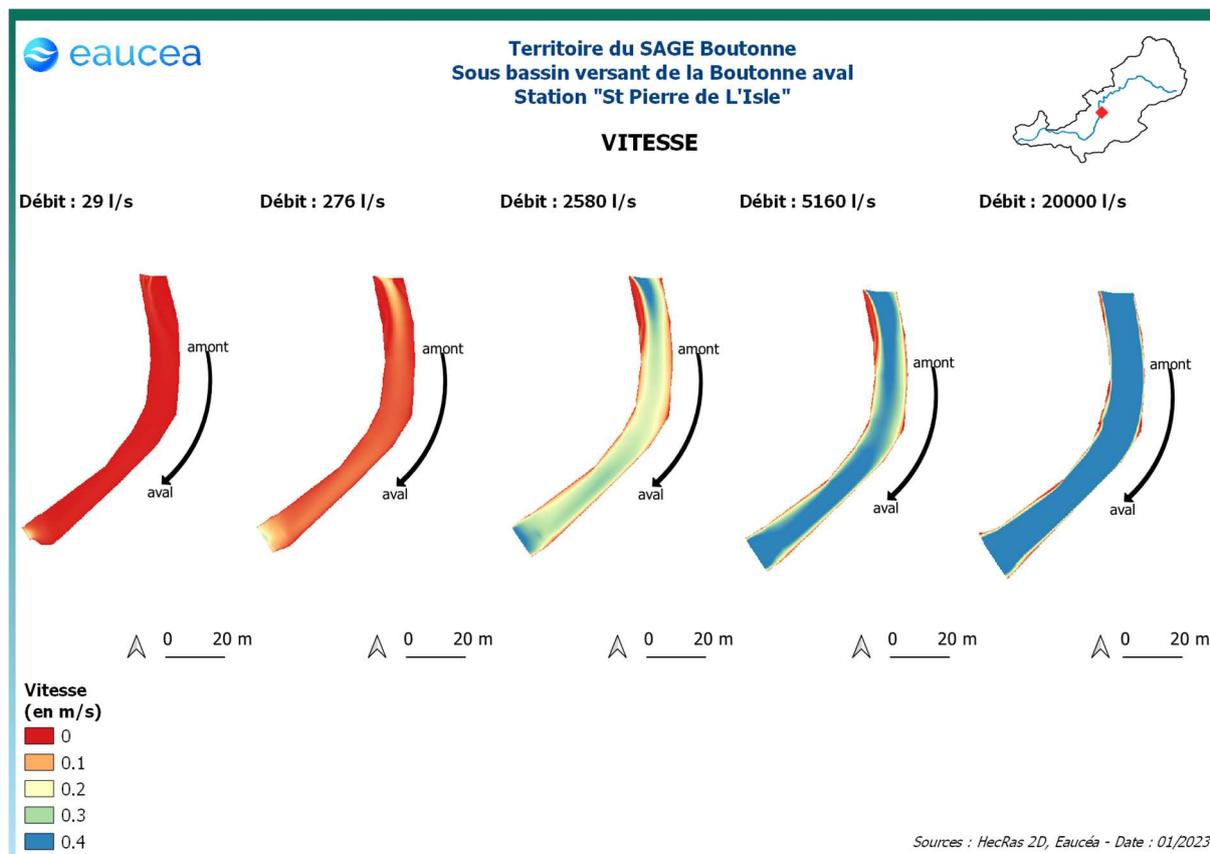


Figure 14: Evolution des vitesses d'écoulement sur la station de Saint Pierre de l'Isle à différents débits

Cette station sur la Boutonne 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 petit chenal de vitesse en amont de la station. Le radier en aval dépasse les 20 cm/s dès 300 l/s, à 2500 l/s ces deux zones rapides sont clairement visibles (en bleu/vert). Au-delà de 5000 l/s, la station s'uniformise avec des vitesses d'écoulements dépassant 40 cm/s à l'exception des abords direct des berges.

La modélisation des vitesses nous permet aussi d'identifier les habitats courants favorables aux espèces rhéophiles comme la vandoise et la truite et dans une moindre mesure le vairon. La valeur repère de 25 cm/s séparant les milieux rhéophiles des milieux lenticques présente aussi une forte valeur descriptive de l'habitat des invertébrés inventoriés dans le bassin charentais. Ce constat est justifié en annexe et à terme dans le rapport méthodologique.

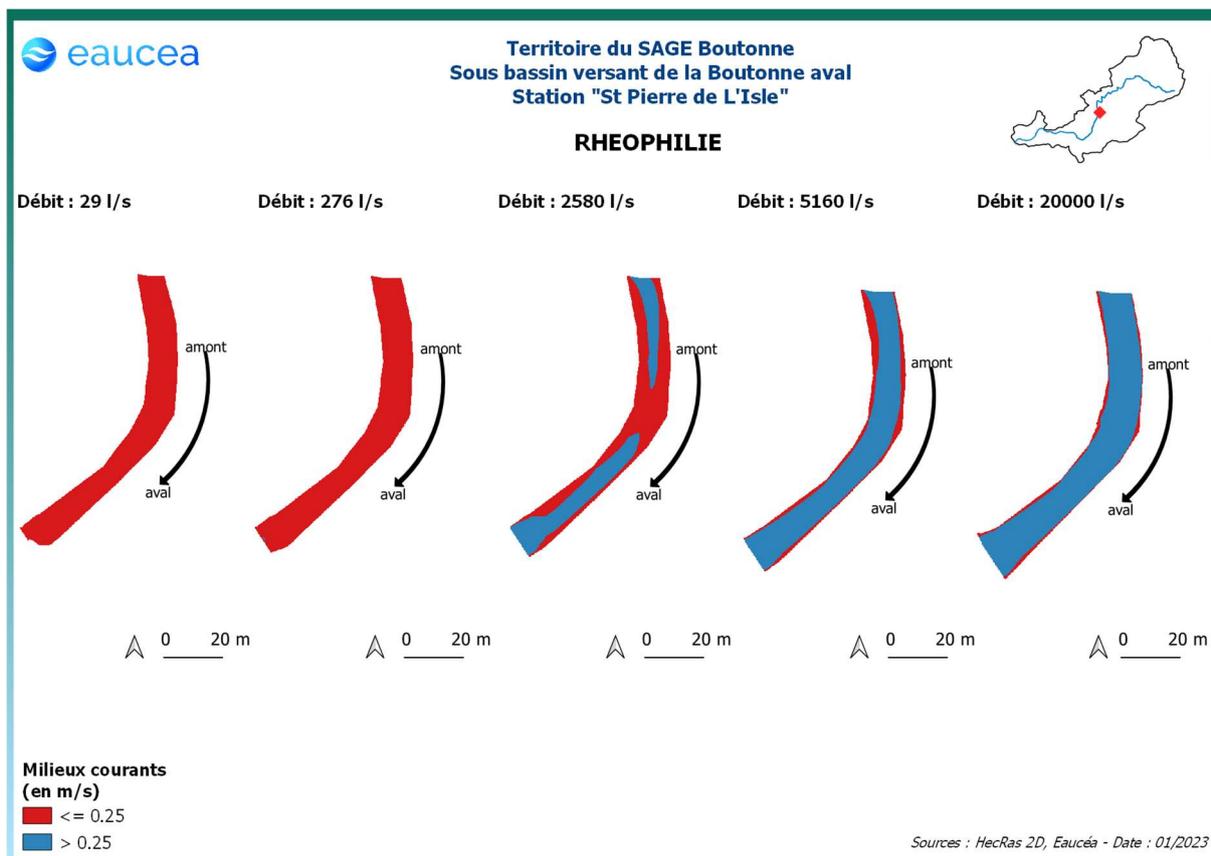


Figure 15: Evolution des milieux courants sur la station de Saint Pierre de l'Isle

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles est nulle en dessous de 300 l/s. L'accélération des vitesses d'écoulements au niveau du radier aval et dans le petit chenal de vitesse en amont est prononcée à 2580 l/s. A des débits plus importants, la totalité de la station devient lotique et n'offre plus que quelques habitats lenticques en berges qui se maintienne y compris en cas de débordement.

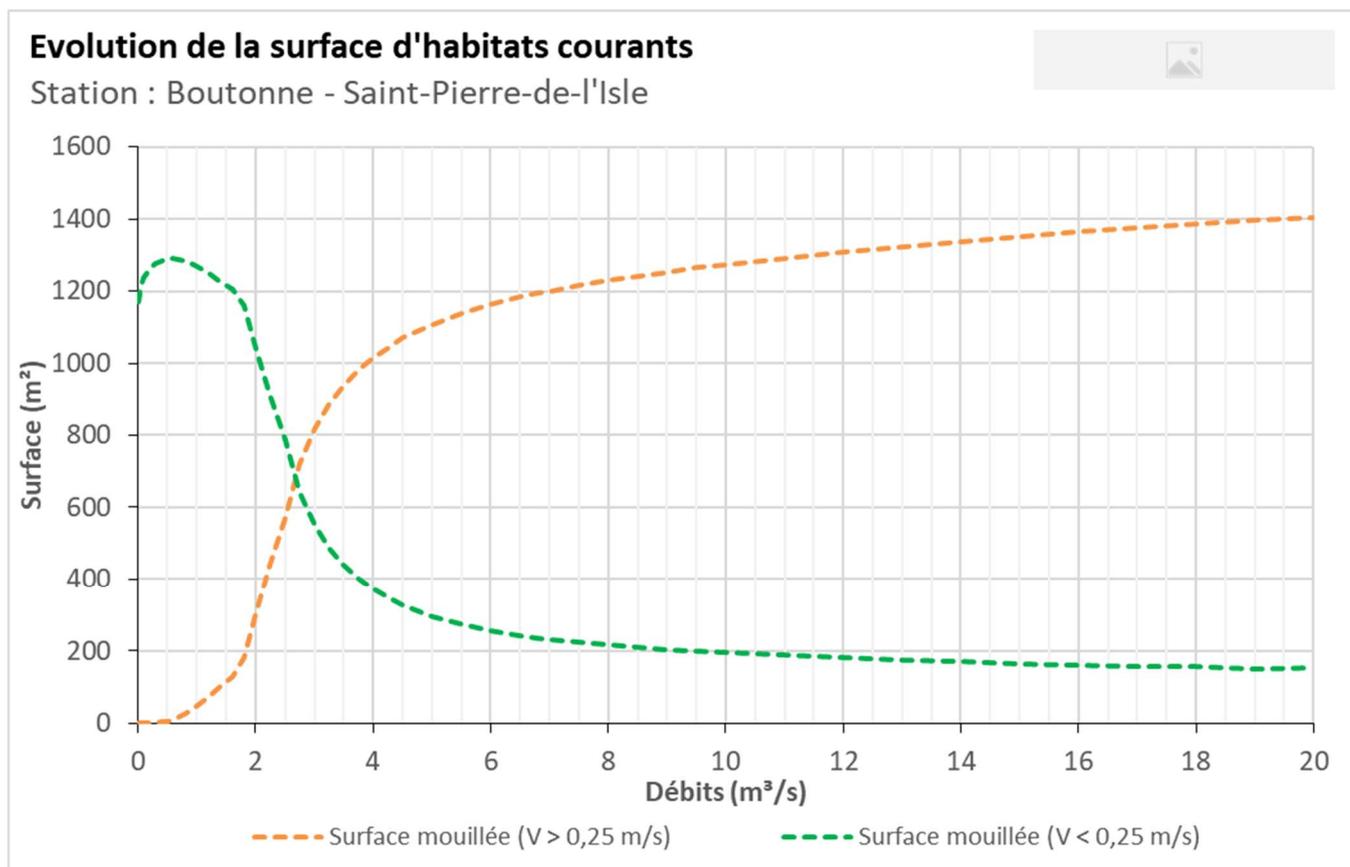


Figure 16 : Evolution de surface lotique (orange) et lentique (vert)

Les courbes ci-dessus traduisent une inversion de situation autour de 2700 l/s avec une forte accélération de la station à partir de 1800 l/s. La station est donc majoritairement lentique en basses-eaux et en eaux moyennes (débit inférieur à 2500 l/s environ). Elle est majoritairement lotique en hautes-eaux tout en conservant une surface d'environ 20 % d'habitat lentique. Sur la base de ce critère, nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 1500 l/s et 20 % pour les périodes de hautes eaux, soit environ 2100 l/s.

4.3 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

¹ Paramètre de Shields (cf annexe)

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.

A Saint Pierre de l'Isle, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 300 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.

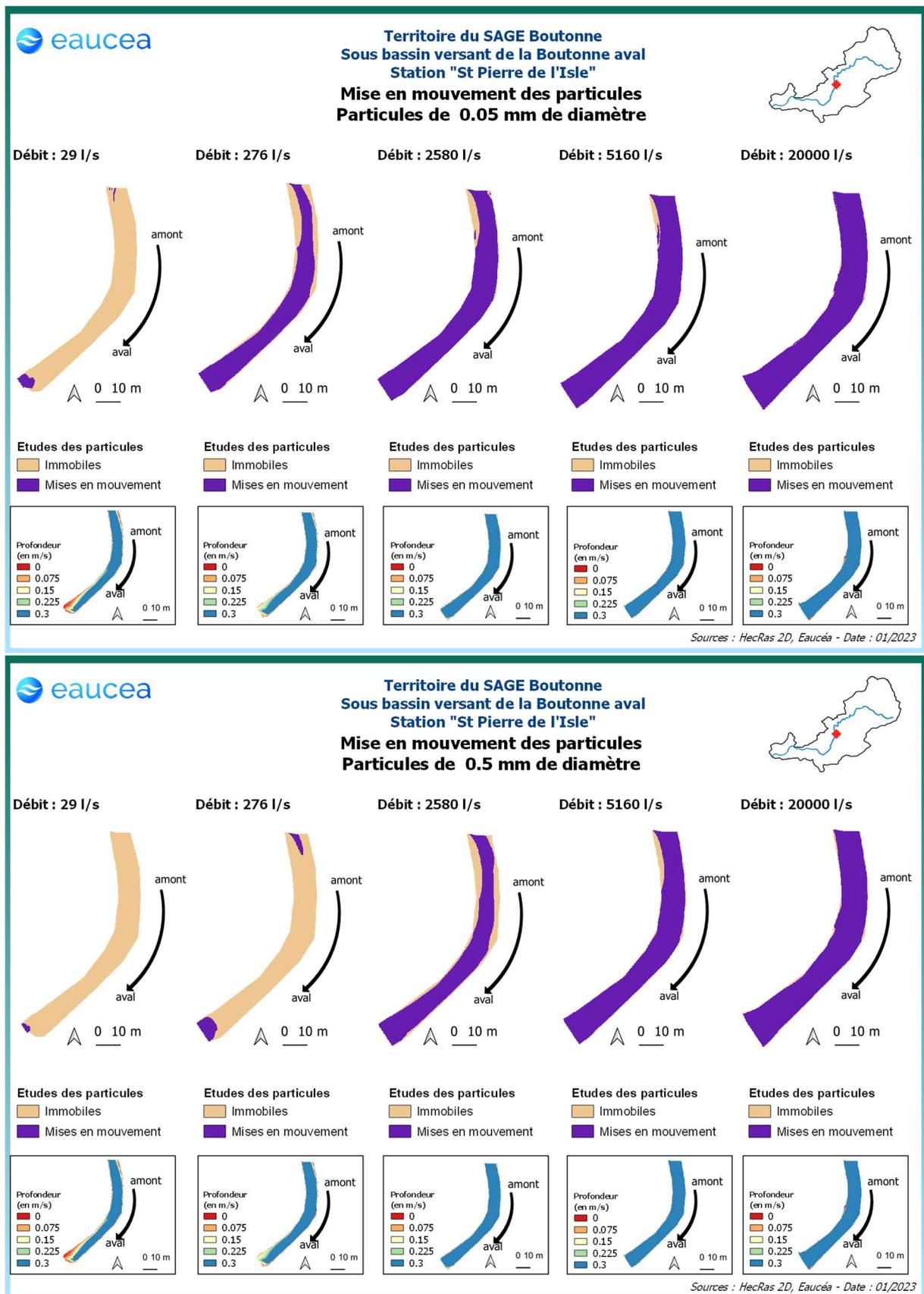


Figure 17 : Mise en mouvement des particules sur la station de Saint Pierre de l'Isle

4.4 Connectivité longitudinale (toutes saisons)

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 Boutonne est encore effective pour les petites espèces à un débit de 30 l/s. Elle ne l'est plus pour 20 l/s.

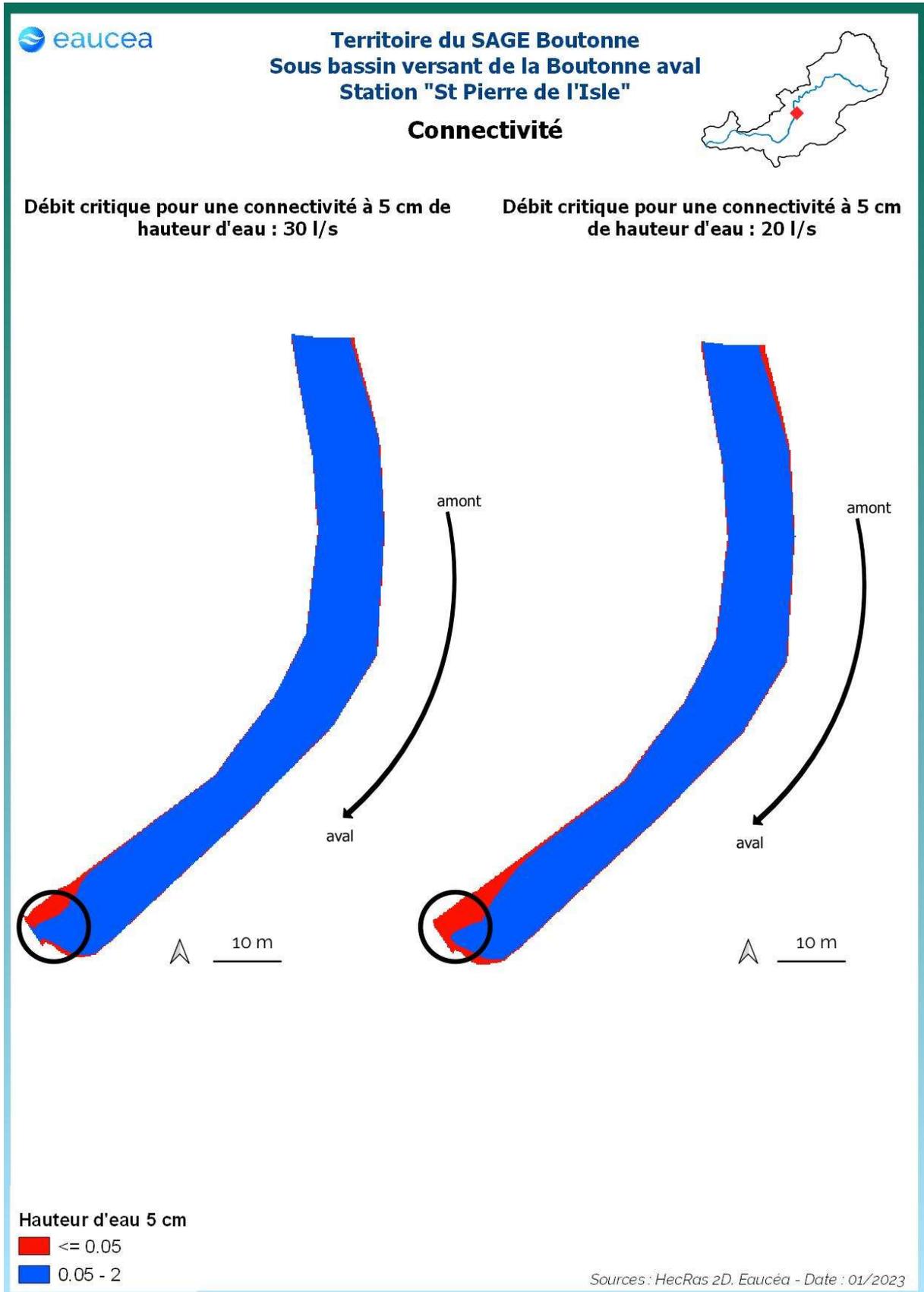


Figure 18: Connectivité de la station de Saint Pierre de l'Isle pour un seuil de 5 cm de hauteur d'eau

La connectivité de la station est encore effective pour les grandes espèces à un débit de 100 l/s. Elle ne l'est plus à 50 l/s.

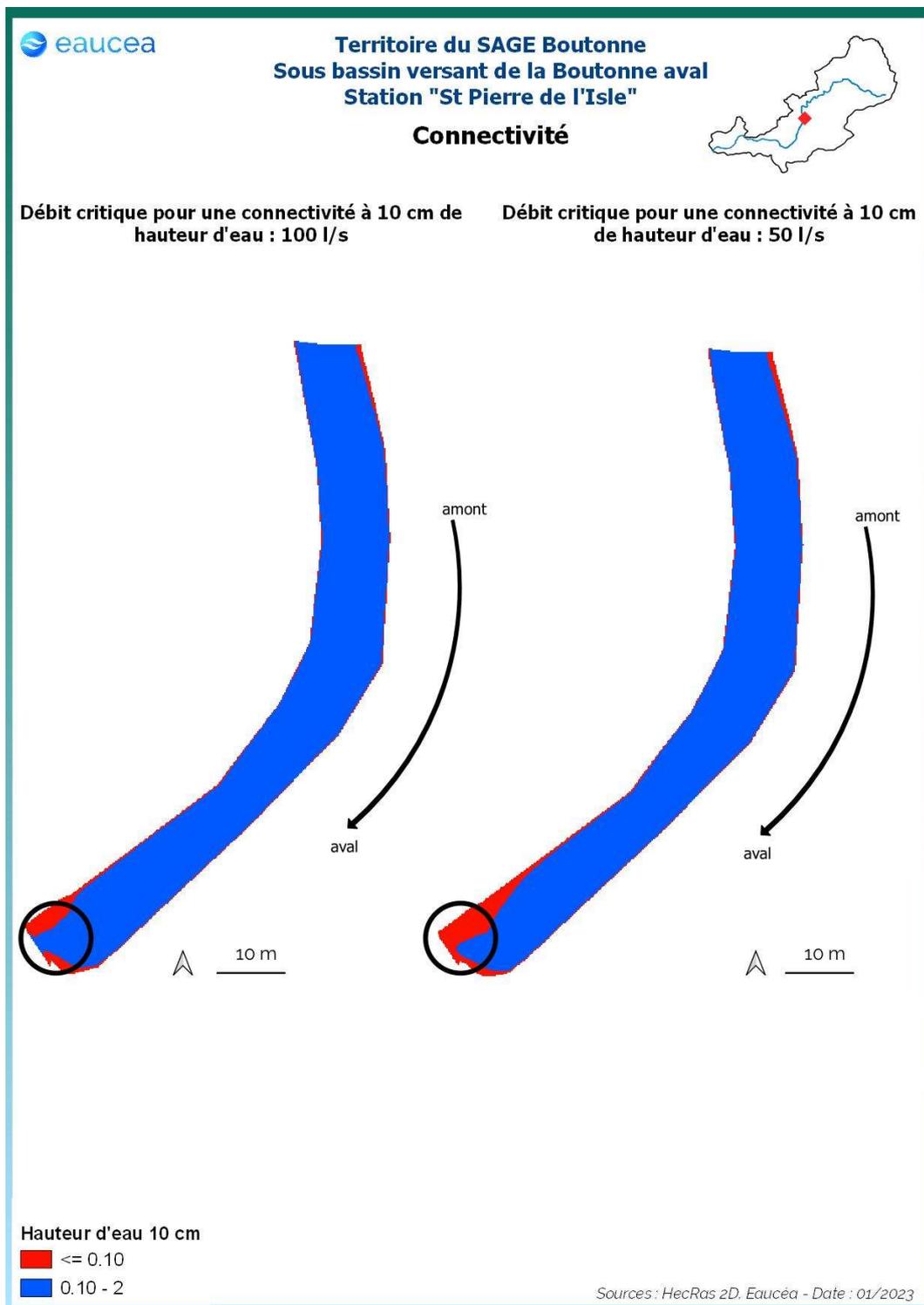


Figure 19: Connectivité de la station sur la Boutonne pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

4.5 Valeurs d'habitats et surfaces pondérées utiles

4.5.1 Courbes d'évolutions avec le débit jusqu'au débordement

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.

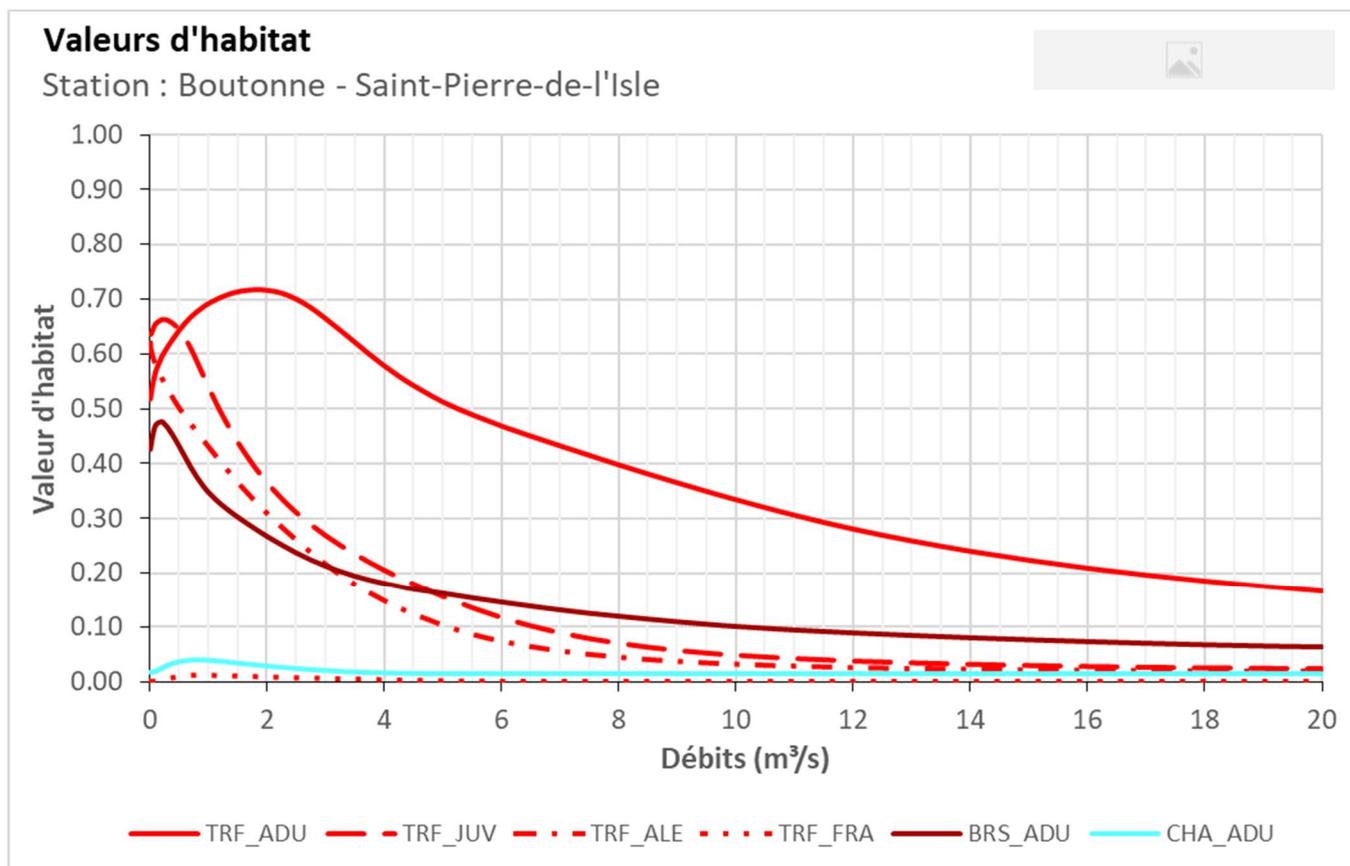


Figure 20: Valeurs d'habitat des différents stades de la truite fario, du Brochet et du chabot de la station de Saint Pierre de l'Isle

La station ne semble que très modérément favorable au brochet, sa valeur d'habitat est d'environ 0.45 aux bas débits et chute avec le débit jusqu'à atteindre une valeur plancher d'un peu plus de 0.05.

La station est encore moins favorable pour le chabot dont la valeur d'habitat n'excède pas 0.05. L'absence d'abri hydraulique (blocs rocheux, embâcles...) sur la station peut expliquer cette faible valeur.

A propos de la truite, aussi bien les stades adulte, juvénile et alevin présentent des valeurs d'habitat assez élevées aux bas débits aussi bien la valeur d'habitat des frayères est très basse et suggère un potentiel assez bas sur la station.

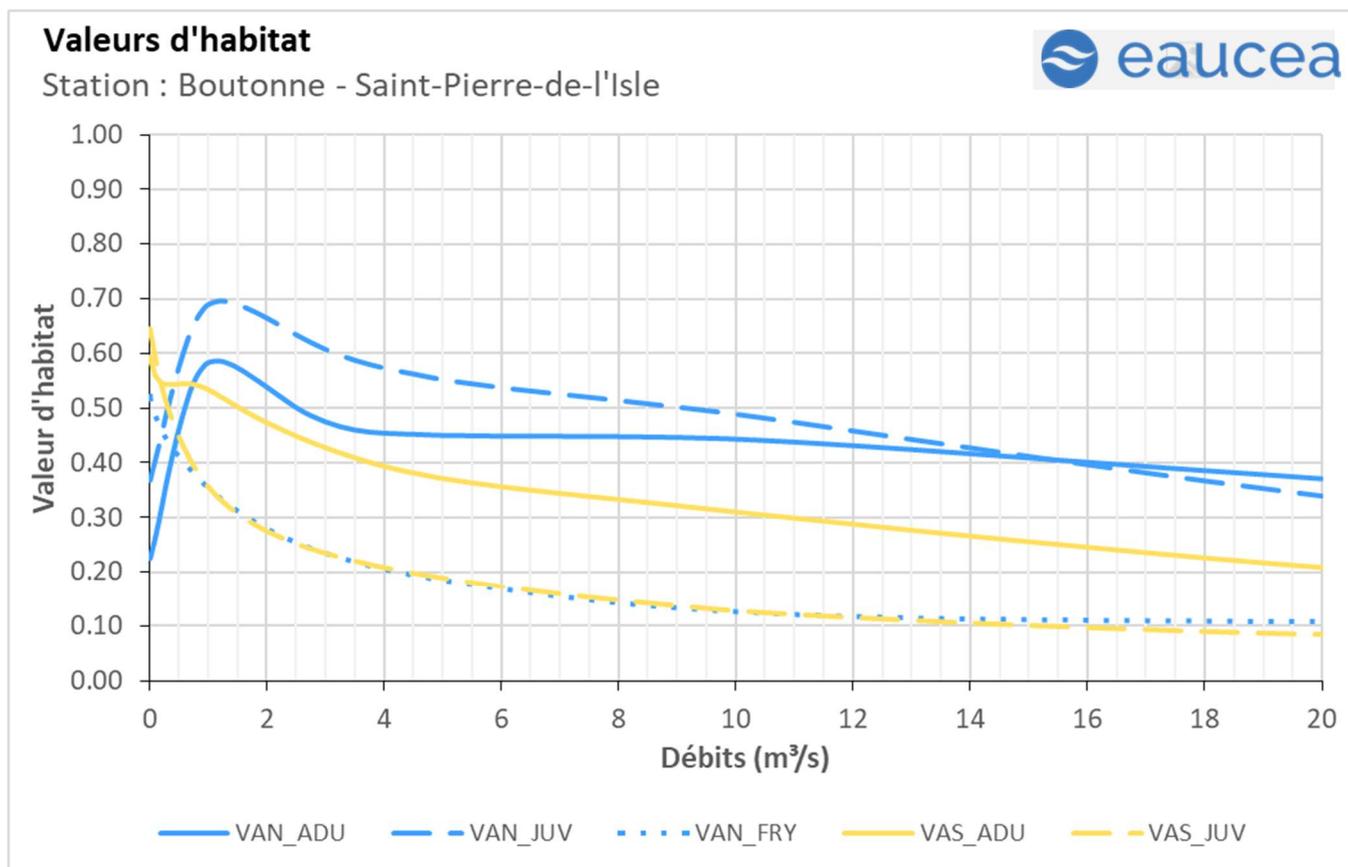


Figure 21 : Valeurs d'habitat des différents stades de la vandoise et du vairon de la station de Saint Pierre de l'Isle

Les valeurs d'habitats sont supérieures à 0.5 à bas débit pour le vairon adulte (VAS_ADU) jusqu' 1m³/s avant de baisser pour atteindre 0.2 ce qui traduit un biotope favorable à cette espèce à bas débit avant de devenir modérément hospitalière. Pour le vairon juvénile (VAS_JUV), la tendance est la même mais avec une chute constante de la valeur d'habitat jusqu'à atteindre 0.1 au débit de débordement.

Pour la vandoise, la valeur d'habitat n'excède jamais 0.7 pour tous les stades. La valeur d'habitat pour les adultes (VAN_ADU) augmente avec les débits avant de redescendre et de stagner. Celle des juvéniles (VAN_JUV) suit la même tendance. Pour les alevins de vandoise, la tendance est la même que pour le vairon juvénile.

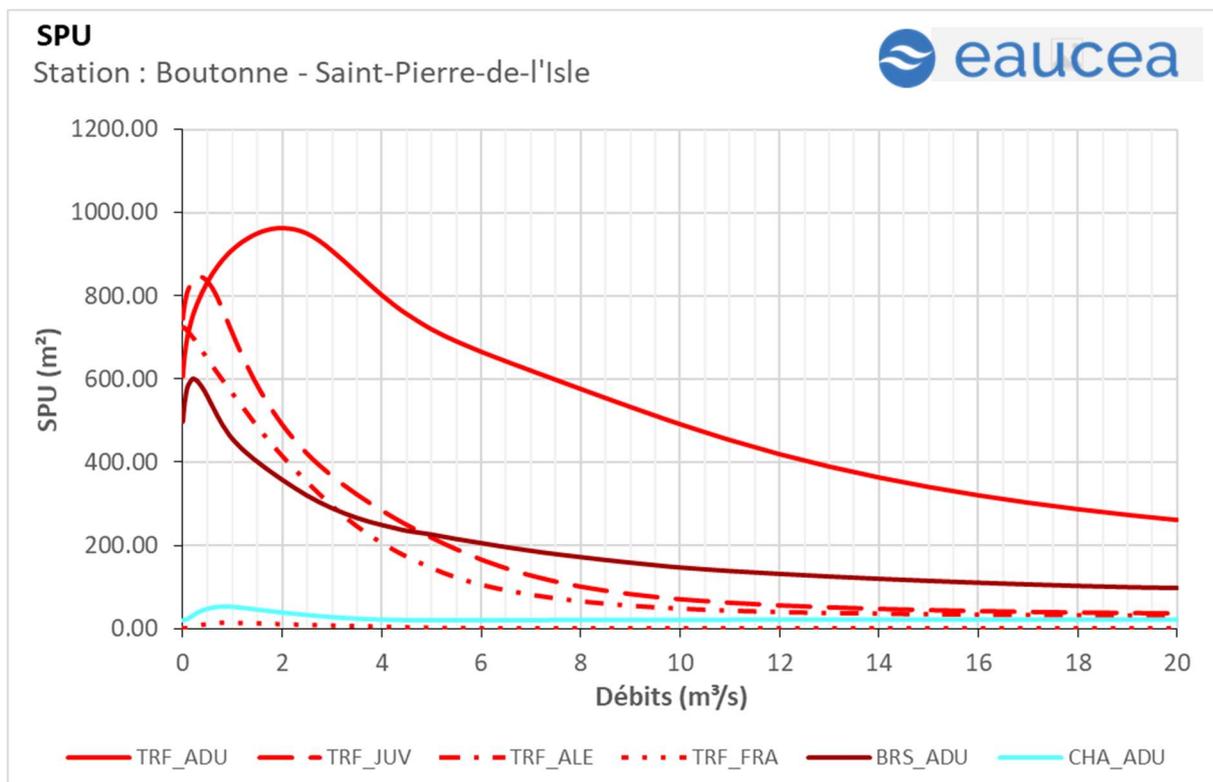


Figure 22: Surfaces pondérées utiles des différents stades de la truite fario, du Brochet et du chabot de la station de Saint Pierre de l'Isle

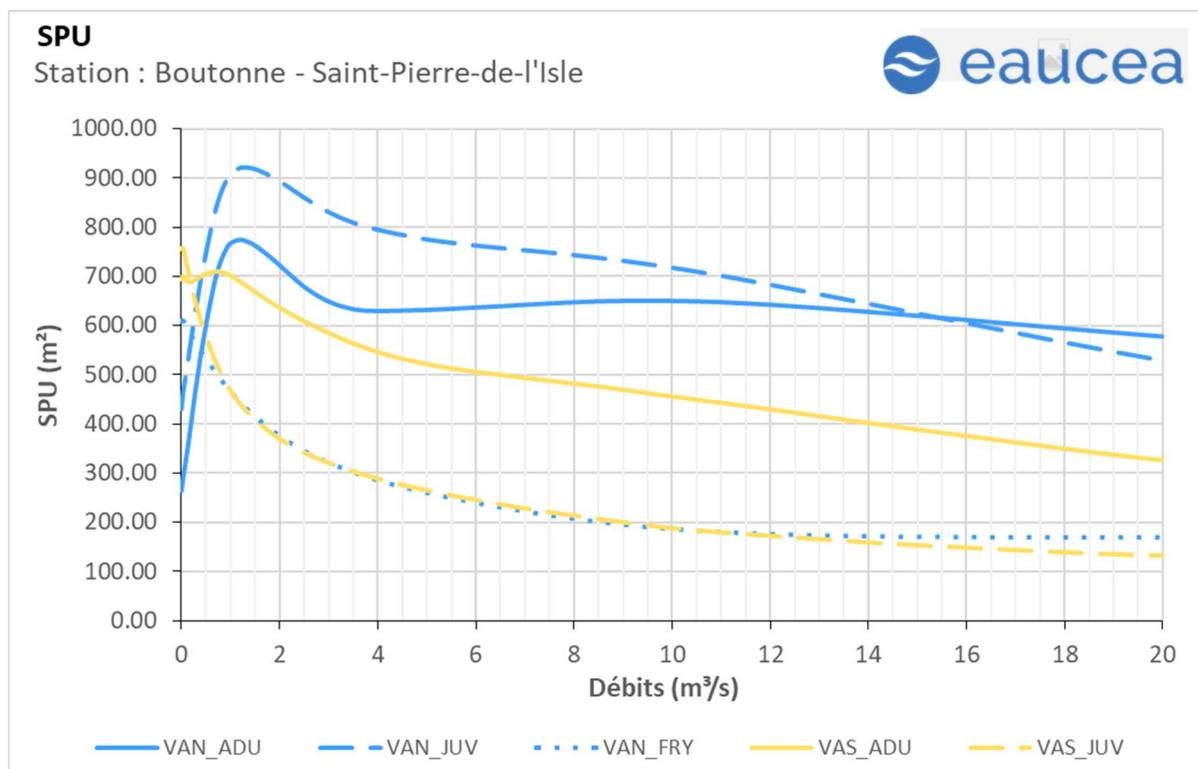


Figure 23 : Surfaces pondérées utiles des différents stades de la vandoise et du vairon de la station de Saint Pierre de l'Isle

Les surfaces pondérées utiles suivent globalement les mêmes évolutions en fonction du débit mais avec le bénéfice de l'augmentation de la surface mouillée. La station est très favorable aux vairons adultes. L'optimum est aux environs de 1000 L/s.

4.5.2 Saisonnalité

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

Boutonne à Saint Pierre de l'Isle	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	5.423	7.010	14.600	11.657	19.372	28.235
Févr.	4.747	6.206	19.535	13.091	36.994	46.761
Mars	4.117	4.628	11.461	7.152	13.562	30.309
Avr.	2.218	2.848	4.167	3.644	5.488	6.483
Mai	1.360	1.708	3.338	2.832	3.983	6.603
Juin	0.834	0.934	1.951	1.846	2.880	3.171
Juil.	0.278	0.361	0.927	0.743	1.471	1.864
Août	0.228	0.317	0.456	0.452	0.570	0.707
Sept.	0.161	0.195	0.389	0.361	0.575	0.659
Oct.	0.355	0.404	2.669	0.723	3.667	8.958
Nov.	0.736	0.838	11.620	3.435	27.801	42.657
Déc.	2.398	3.273	22.497	18.093	42.437	48.541

La période des hautes-eaux favorise des échanges faunistiques entre les différents bassins. Les poissons de plus grande taille peuvent explorer ces milieux pour s'y alimenter ou s'y reproduire. La première des conditions est donc celle de la connectivité qui doit être garantie pour permettre ces échanges.

Le débit de 100 l/s est donc la première valeur constitutive d'un débit biologique toutes eaux, valeur quasiment garantie sur la Boutonne aval.

L'évolution de l'habitat peut être approchée par un graphe annuel pour des quantiles sec, médian et humide des débits mensuels.

Pour la truite adulte, la période basses-eaux ne présente pas d'enjeu en termes de reproduction mais en termes de mobilité sur le bassin. Durant cette phase, l'habitabilité de la station est à son minimum soit environ 747 m² et correspondant à un débit de 195 l/s.

La période de transition printanière présente des SPU descendantes en quinquennal sec et montantes en quinquennal humide jusqu'à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU de la truite adulte passer de 903 m² environ (soit un débit de 934 l/s) en juin d'une année sèche à 799 m² en juillet (pour 361 l/s). Dans le cas d'une année humide, l'augmentation de débit et de SPU passe de 921 m² à 949 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s.

Pour la truite juvénile, la période basses-eaux représente des enjeux de croissance et de mobilité sur le bassin. Durant cette phase, l'habitabilité de la station est à son maximum soit environ 833 m² et correspondant à un débit de 195 l/s.

La période de transition printanière qui suit présente des SPU ascendantes jusqu'à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU de la truite juvénile passer de 729 m² environ (soit un débit de 934 l/s) en juin d'une année sèche à 843 m² en juillet (pour 361 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU passe de 379 m² à 591 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s.

Pour l'alevin de truite, la période basses-eaux représente des enjeux de croissance et de mobilité sur le bassin. Durant cette phase, l'habitabilité de la station est à son maximum soit environ 702 m² et correspondant à un débit de 195 l/s.

La période de transition printanière qui suit présente des SPU ascendantes jusqu'à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU de l'alevin de truite passer de 577 m² environ (soit un débit de 934 l/s) en juin d'une année sèche à 674 m² en juillet (pour 361 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU de 309 m² à 491 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s.

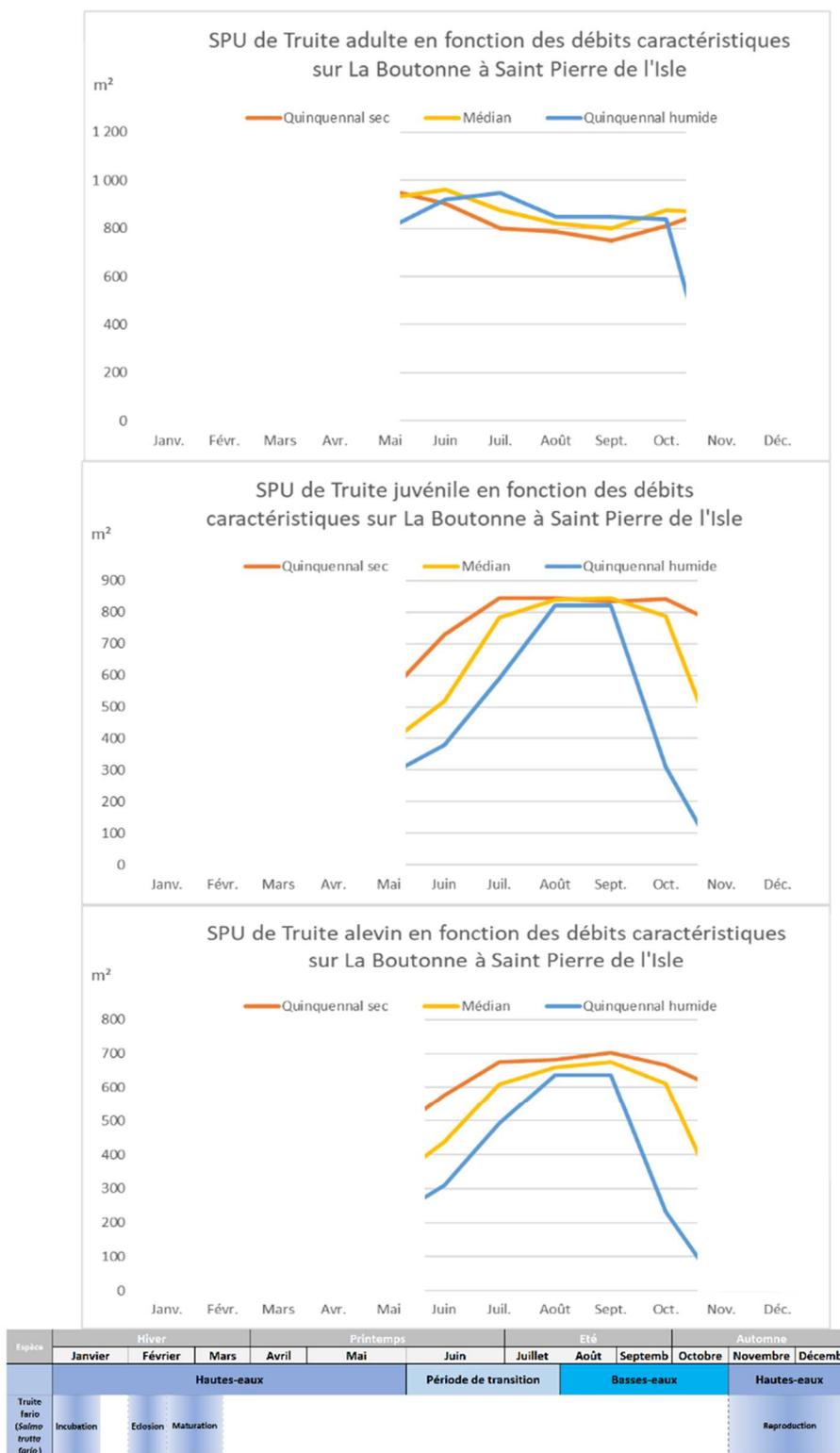


Figure 24 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile de la truite, calendrier biologique et hydrologique

Pour le brochet adulte, la période basses-eaux ne représente pas d'enjeux particuliers si ce n'est sa survie sur le bassin. Durant cette phase, l'habitabilité de la station est à son maximum soit environ 600 m² et correspondant à un débit de 195 l/s.

La période de transition printanière qui suit présente des SPU augmentant jusqu’à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU du brochet adulte passer de 467 m² environ (soit un débit de 934 l/s) en juin d’une année sèche à 586 m² en juillet (pour 361 l/s). Dans le cas d’une année humide, la diminution de débit entraîne une augmentation de SPU passant de 297 m² à 404 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s. L’augmentation de SPU et de débit observé lors de cette période de transition se poursuit lors de la période suivante de basses-eaux.

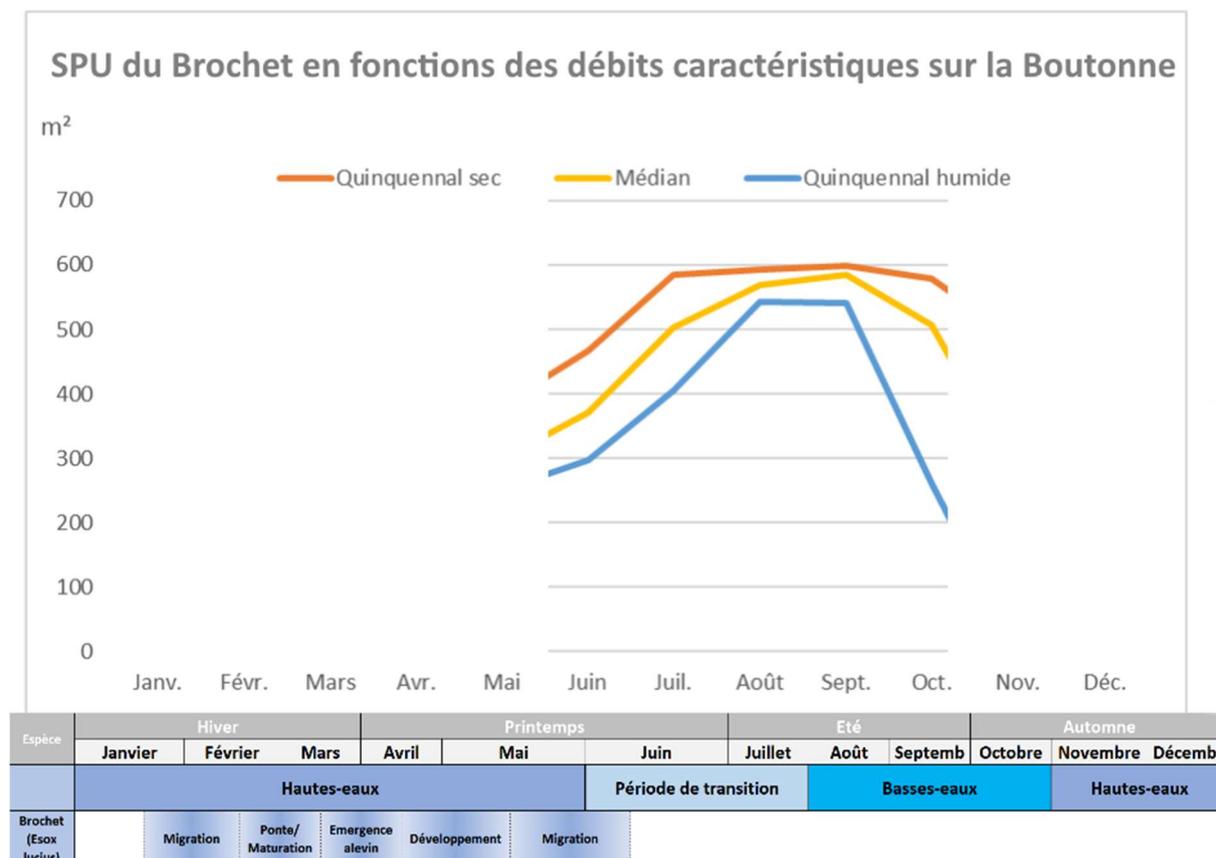


Figure 25 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du brochet, calendrier biologique et hydrologique

Pour le chabot adulte, la période basses-eaux représente des enjeux de mobilité sur le bassin. Durant cette phase, l’habitabilité de la station est à son minimum soit environ 30 m² et correspondant à un débit de 192 l/s.

La période de transition printanière qui suit présente des SPU évoluant jusqu’à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU du chabot adulte passer de 52 m² environ pour un débit de 934 l/s en juin d’une année sèche à 41 m² en juillet de cette même année pour 361 l/s. Dans le cas d’une année humide, la diminution de débit entraîne une augmentation de SPU passant de 29 m² à 46 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s.

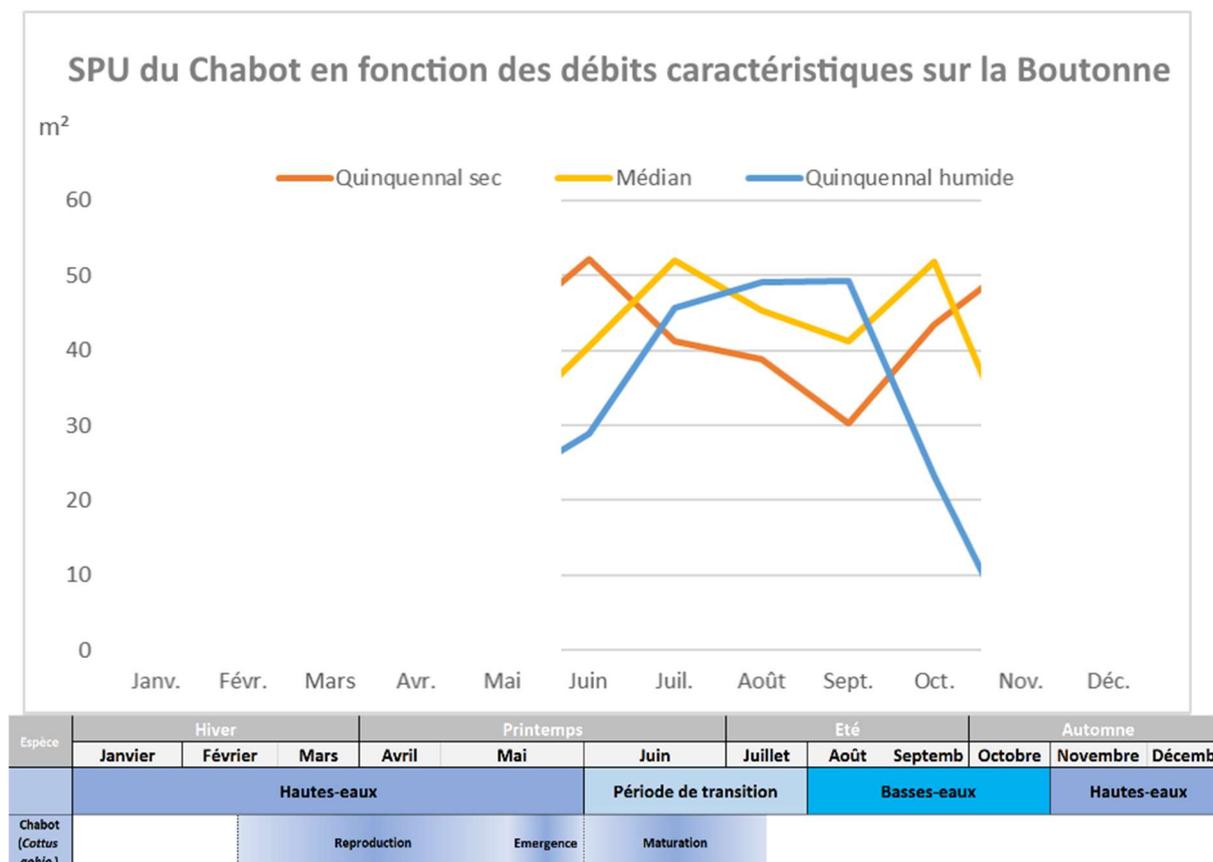


Figure 26 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du chabot, calendrier biologique et hydrologique

Pour le vairon adulte, la période basses-eaux représente des enjeux de mobilité sur le bassin et c'est durant cette phase que l'habitabilité de la station est à son quasi maximum soit environ 688 m² et correspondant à un débit de 195 l/s. Les juvéniles de l'espèce bénéficient eux d'un minimum de 686 m² de surface pondérée utile.

La période de transition printanière présente des SPU descendantes ou montantes suivant l'année considérée pour l'adulte jusqu'à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU du vairon adulte passer de 705 m² environ (soit un débit de 934 l/s) en juin d'une année sèche à 697 m² en juillet (pour 361 l/s). Dans le cas d'une année humide, la tendance est inversée avec des SPU passant de plus de 591 m² à 671 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s. Pour le juvénile, la SPU évolue de 479 m² à 623 m² pour une année sèche et de 325 m² à 411 m² pour une année humide.

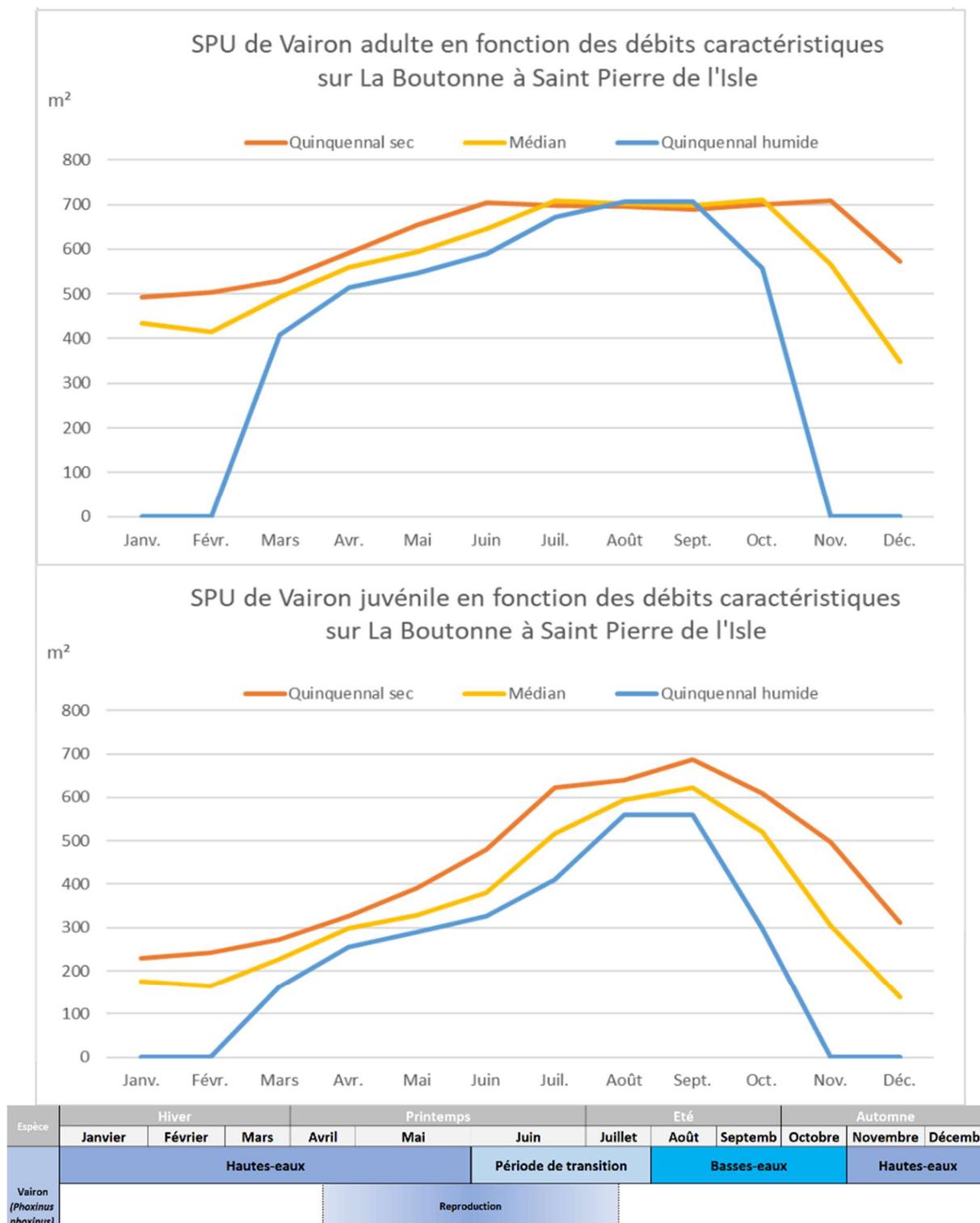


Figure 27: Evolution des surfaces pondérées utiles du vairon suivant le cycle annuel et calendrier biologique

Pour la vandoise adulte, l’habitabilité de la station est à son minimum soit environ 394 m² et correspondant à un débit de 195 l/s. Les juvéniles de l’espèce bénéficie eux d’un minimum de 564 m² de surface pondérée utile.

La période de transition printanière présente des SPU descendantes ou ascendantes pour l’adulte jusqu’à la période des basses-eaux. Cette évolution voit la SPU de la vandoise adulte passer de 757 m²

environ (soit un débit de 838 l/s) en juin d'une année sèche à 512 m² en juillet (pour 361 l/s). Dans le cas d'une année humide, la tendance est inversée avec des SPU passant de plus de 656 m² à 765 m² pour des débits de 2880 l/s à 1471 l/s. Pour le juvénile, la SPU évolue de 896 m² à 669 m² pour une année sèche et de 837 m² à 918 m² pour une année humide.

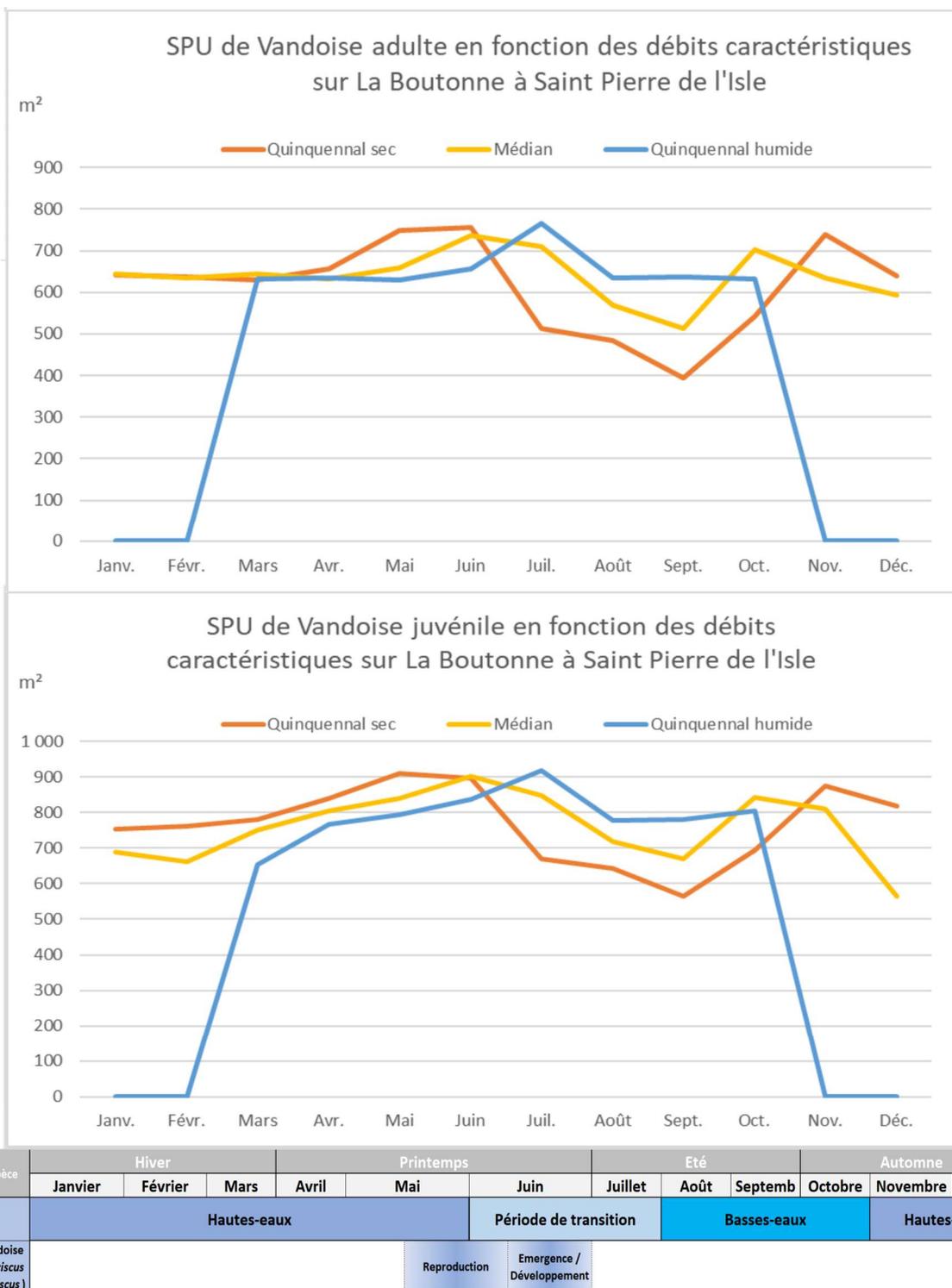


Figure 28: Evolution des surfaces pondérées utiles de la vandoise suivant le cycle annuel et calendrier biologique

4.5.1 Synthèse

Les valeurs proposées pour l'analyse de la sensibilité des conditions d'habitats aux débits sont donc les suivantes :

- -pour la période estivale, la valeur de déconnection longitudinale pour les grandes espèces est inférieure au débit naturel d'étiage (QMNA5). Celle-ci soit 374 l/s sera retenue comme valeur de référence, bornée par le débit le plus bas (10 l/s) et le débit classé 75 % (583 l/s) ;
- -pour la période de transition, une valeur intermédiaire entre les débits classés 75 % et 50 % comme valeur de référence, bornée par ces mêmes débits (583 l/s et 2383 l/s) ;
- -pour la période de hautes-eaux, la valeur de référence est l'optimum de débit biologique (1000 l/s) comparée à une gamme de débit allant jusqu'au débit de débordement.

4.6 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Saint Pierre de l’Isle (matrice)

Analyse piscicole		Saint-Pierre-de-l'Isle																			
		Oref																			
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade	0.01	0.025	0.05	0.075	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.375	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-25%	-21%	-18%	-15%	-13%	-10%	-7%	-4%	-3%	-1%	803	1%	2%	4%	5%	6%	
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenille	-12%	-10%	-7%	-6%	-4%	-3%	-1%	0%	0%	0%	843	0%	-1%	-2%	-3%		
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	-15%	-11%	-6%	-3%	-1%	1%	3%	3%	2%	1%	583	-1%	-2%	-4%	-6%		
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-52%	-43%	-43%	-47%	-44%	-36%	-27%	-18%	-10%	-3%	42	3%	8%	13%	16%		
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-50%	-47%	-43%	-40%	-37%	-31%	-24%	-17%	-10%	-3%	522	3%	9%	14%	19%		
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenille	-36%	-34%	-31%	-28%	-26%	-21%	-16%	-11%	-6%	-2%	677	2%	6%	10%	13%		
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-1%	0%	0%	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	0%	698	0%	1%	1%	1%		
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenille	22%	22%	22%	20%	18%	14%	11%	7%	4%	1%	619	-1%	-4%	-6%	-9%		
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-98%	-68%	-23%	2	23%	79%	136%	224%	311%	
Principal	Surface mouillée				-9%	-7%	-5%	-5%	-4%	-3%	-2%	-1%	-1%	0%	1285	0%	0%	1%	1%		
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	
		Petits poissons			non	non	oui	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																					

La variation des SPU autour du QMNA5 est faible. Elle est plus sensible à la baisse qu’à la hausse. Si nous considérons les vandoises et les chabots, une variation à +/- 20% de la SPU de référence est observée entre la valeur de 250 l/s comme borne basse et 550 L/s en borne haute en période de basses-eaux.

Figure 29 : Matrice période de basses-eaux

Analyse piscicole		Saint-Pierre-de-Tsile																			Qref						
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade	1	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Principal	Vitesse	Milieu rapide > 25 cm/s			47	1113%	1643%	1895%	2057%	2175%	2255%	2373%	2452%	2515%	2565%	2607%	2646%	2682%	2715%	2744%	2772%	2800%	2824%	2846%	2871%	2887%	
Principal	Surface mouillée				1314	3%	4%	5%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	12%	13%	14%	15%	15%	16%	16%	17%	18%	18%	
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons Petits poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	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 31 : Matrice de la période de hautes-eaux.

En période de hautes-eaux, tous les indicateurs sont stables et remplissent les conditions de vie et de mobilité des espèces.

Rappelons que pour l'entretien du lit la valeur plancher de 300 l/s a été proposée.

Nous proposons donc de retenir une plage de minimum 1000 l/s, à minima, à 20000 l/s débit de débordement potentiellement favorable à la mise en eau de frayère à brochet. En outre ce débit de débordement n'est atteint que lors des années quinquennales humides donc cette station n'est pas favorable à la reproduction de cette espèce ou alors, très occasionnellement.

5 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA BOUTONNE A VERVANT

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 Vervant est située sur la Boutonne au droit d'une diffluence située en aval du village de Vervant. La totalité de la station représente un linéaire de cours d'eau d'environ 200 m. 6 transects de mesure ont été positionnés sur le bras principal et 9 sur le bras secondaire. Ils permettent de rendre compte du fonctionnement hydraulique de la zone (répartition, radiers, chutes, plats, ...). Ils sont représentés ci-dessous.



Figure 32 : Position des transects de mesure de la station de Vervant

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d’une venue sur site le 15/09/2021.

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 type station totale ;

- 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 le profileur de courant à effet doppler.

Le débit le jour des mesures a été jaugé à 573 l/s dans la boutonne en amont à la difffluence au transect 14, et à 45 l/s dans le bras secondaire. Soit un débit résiduel dans le bras principal estimé à environ 530 l/s dans le bras principal en aval de la difffluence.

Profil en long, faciès d'écoulement et connectivité aux 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 bras principal de la boutonne présente un faciès très lent et peu varié de type chenal lentique. Il est constaté une rehausse du fond au droit du dernier transect induisant un léger contrôle aval sur la zone pour des débits peu élevés. Le contrôle hydraulique marquant de la zone est probablement situé à minima plusieurs centaines de mètres plus en aval et n'a par conséquent pas été relevé.

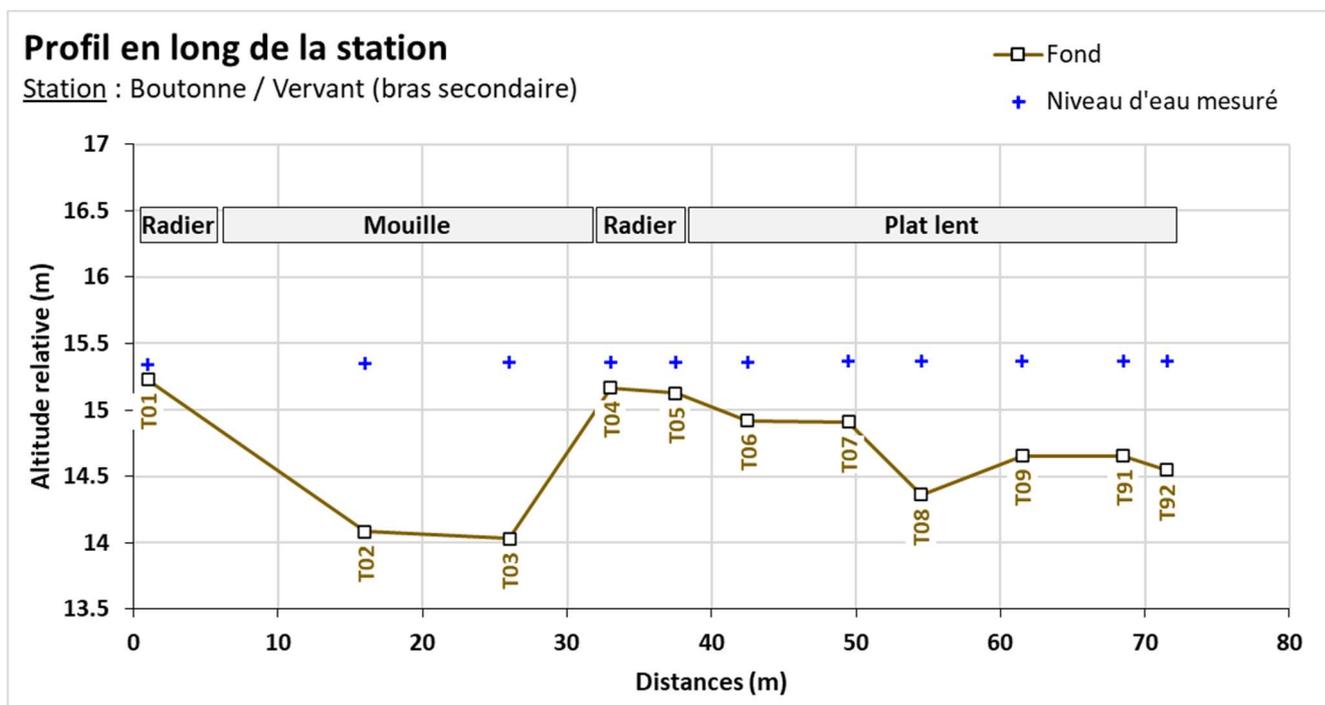
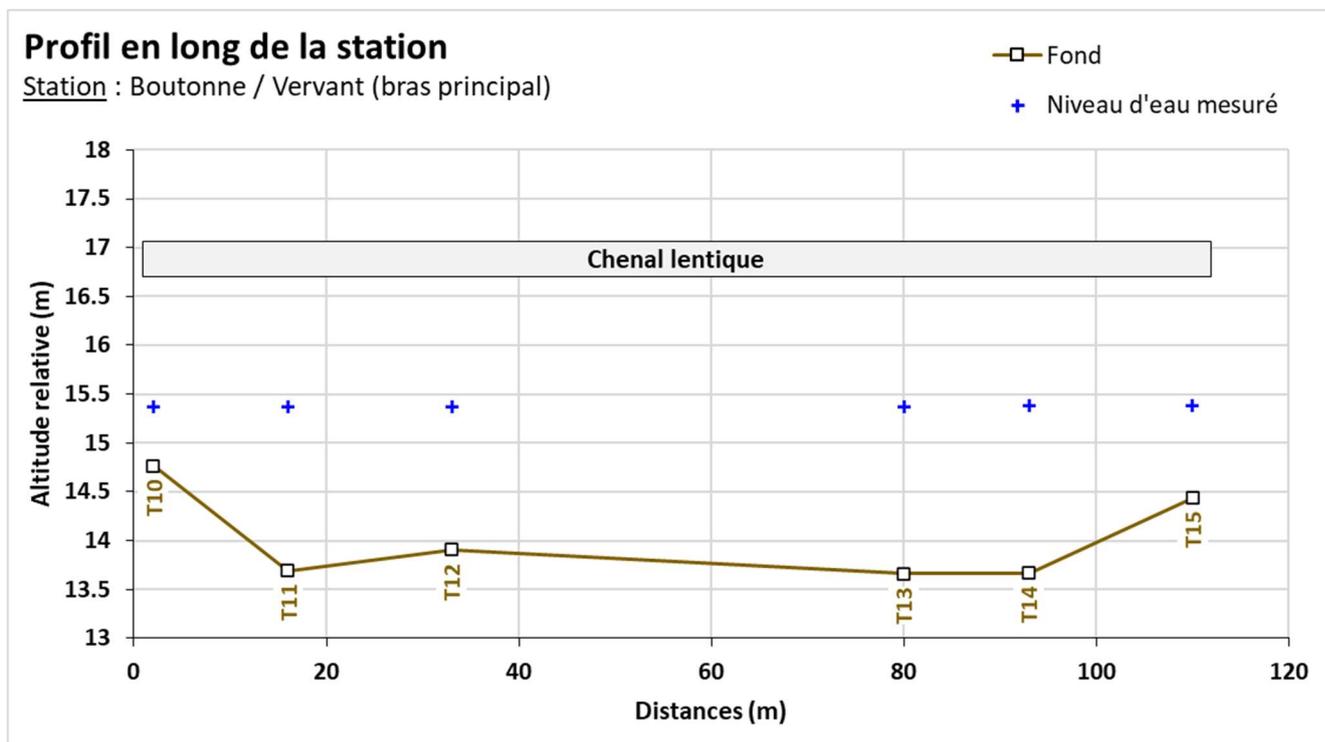
Le bras secondaire présente en revanche des faciès plus variés. L'amont jusqu'au T05 environ correspond à une zone profonde issue de l'ouverture dans la berge droite du chenal principal, le niveau d'eau y est le même. La zone T05-T04 correspond à un petit passage à gué générant un effet de seuil et un faciès de radier. Les profondeurs y sont faibles et la vitesse plus élevée, la ligne d'eau s'abaisse très légèrement au passage de la zone. En aval, sur une 20aine de mètres, le bras méandre à gauche et reprend la forme d'un chenal profond à l'écoulement lent (mouille). Le contrôle hydraulique du bras secondaire est finalement généré par le transect terminal T01 constituant un seuil étendu sur environ 3 m générant un faciès de radier. La chute en aval est marquée (plusieurs dizaines de centimètres).

Malgré des effets de seuil et des faciès de radier observés, les vitesses sur la station demeurent néanmoins très faibles ne dépassant pas les 10 cm/s.

- **Type de berges**

Les berges du chenal principal sont assez verticales et végétalisées, se prolongeant en haut de berge par un terrain uniformément plat. Elles s'élèvent à environ 1 m au-dessus du niveau d'eau. Dans le bras secondaire les berges sont d'abord verticales comme dans le bras principal. Puis elles s'aplatissent légèrement notamment au droit de l'ancien passage à gué. La végétation contre la berge est dense (broussailles, ronces ..).

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 50 cm x 50 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.

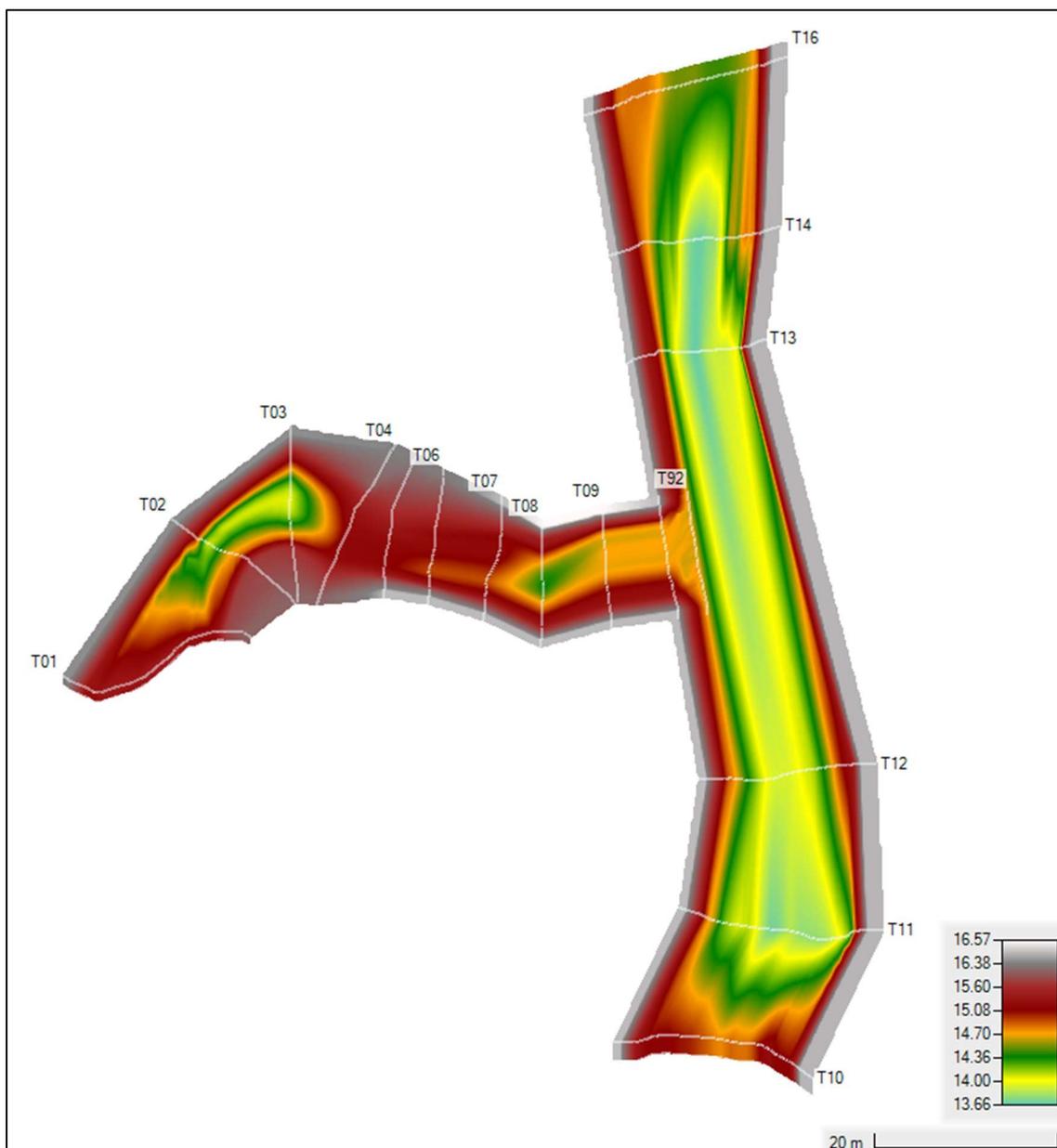


Figure 33 : Maillage de calcul et topographie de la station de Vervant - Boutonne

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 mesuré en amont de la diffuence est évalué à 573 l/s.

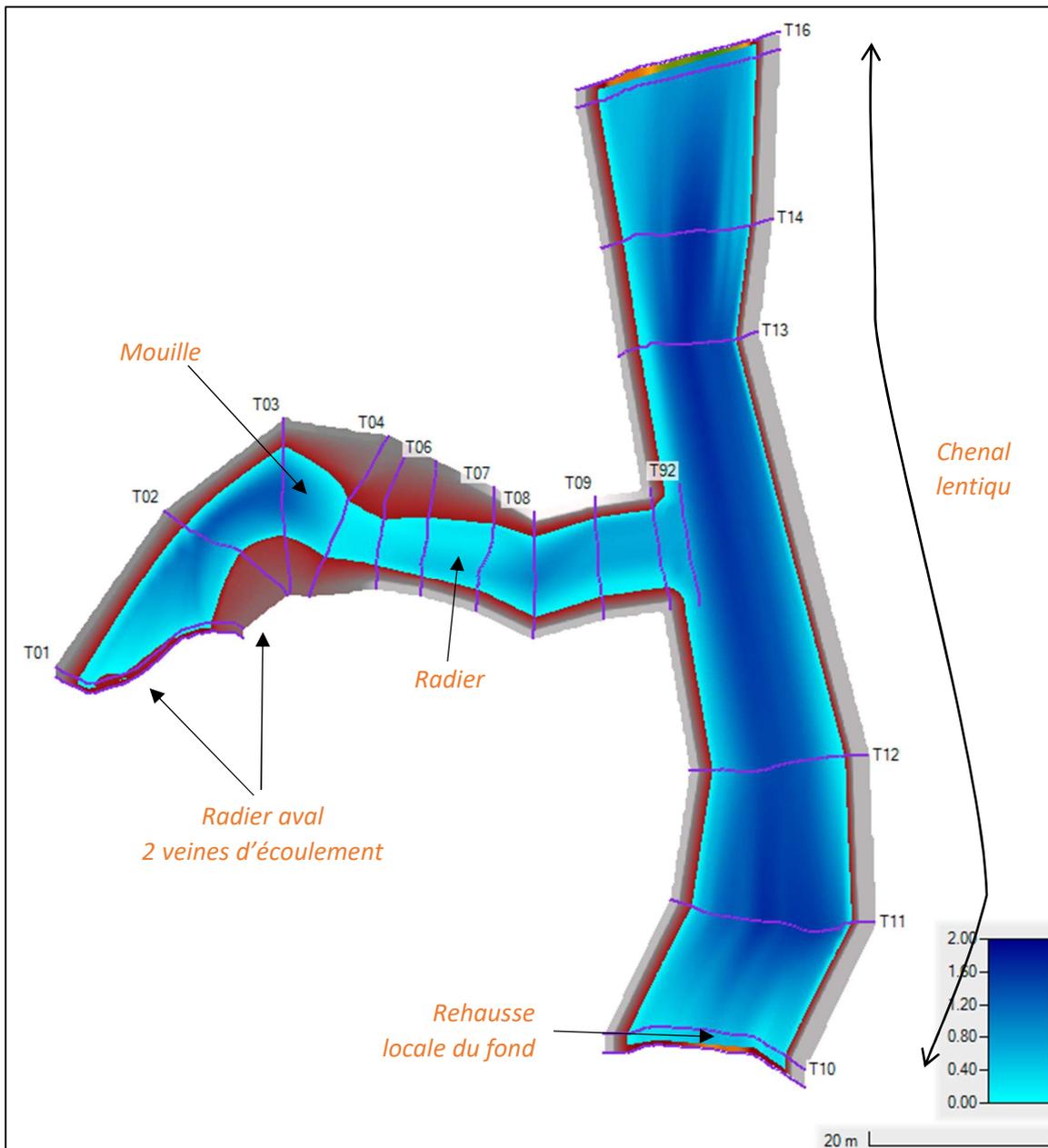


Figure 34 : Faciès d'écoulements du modèle (fidèles aux observations de terrain) et profondeur (en mètre)

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.

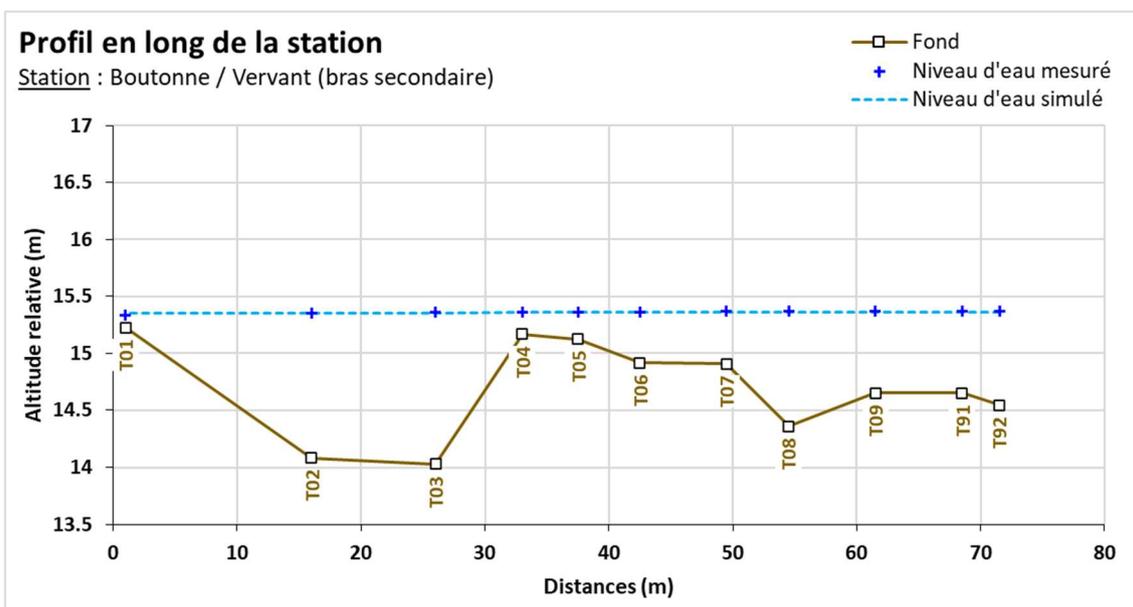
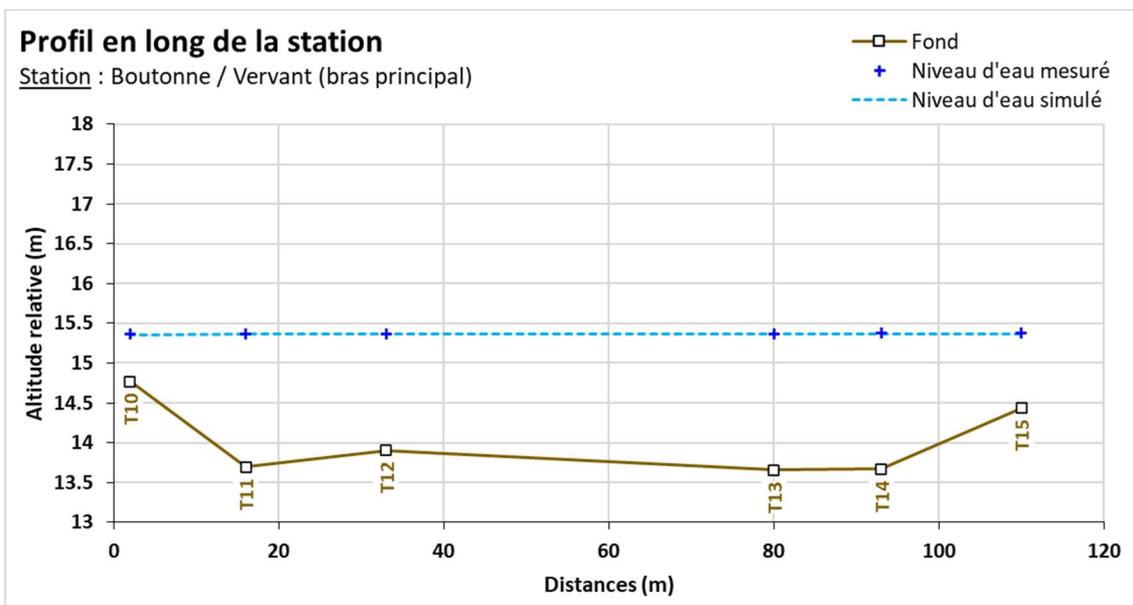


Figure 35 : Profil en long de la station et comparaison des niveaux d’eaux simulé et mesuré (bras principal en haut et bras secondaire en bas)

Sur la base des profondeurs modélisées, la ligne d’eau le long de la station est calculée. On la compare aux niveaux d’eau relevés le jour des mesures sur les profils en long suivants. Globalement, le calage aboutit à des lignes d’eau comparables à celles mesurées sur site.

Outre les aspects de ligne d’eau, les vitesses d’écoulement sont également observées pour valider le calage. Les valeurs relevées grâce à l’utilisation du doppler pour la bathymétrie sont confrontées aux vitesses modélisées.

On montre en suivant les profils en travers doppler au droit de 3 transects significatifs : le T13 en amont de la diffuence, le T06 dans le bras secondaire, le T10 en aval de la diffuence.

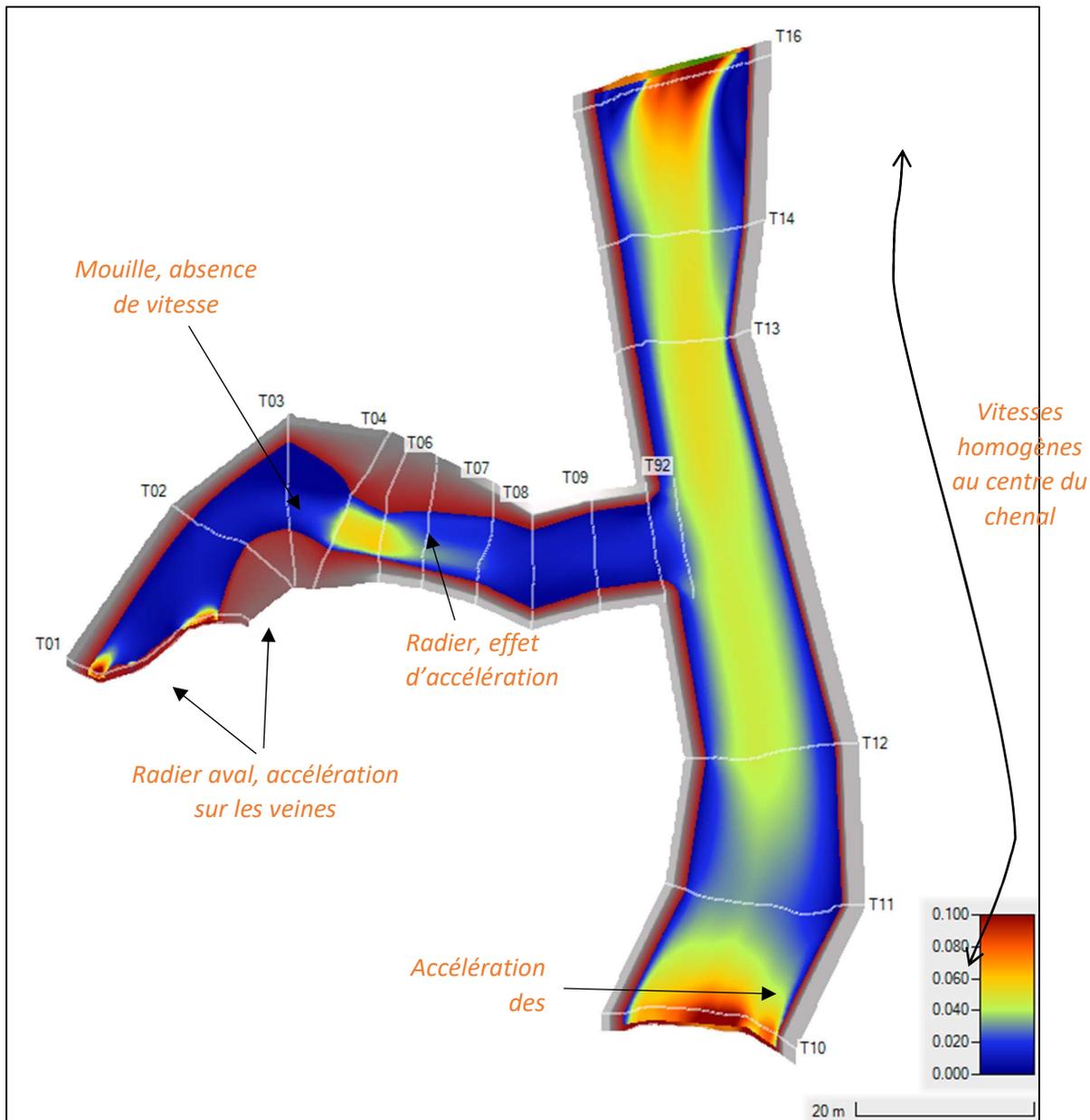
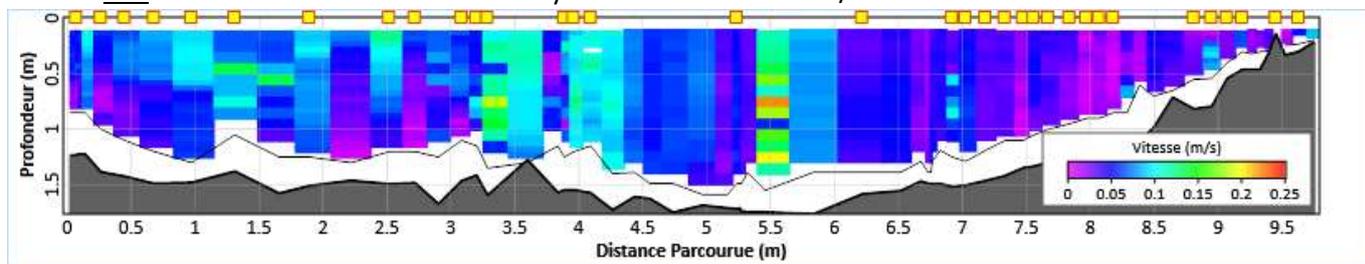
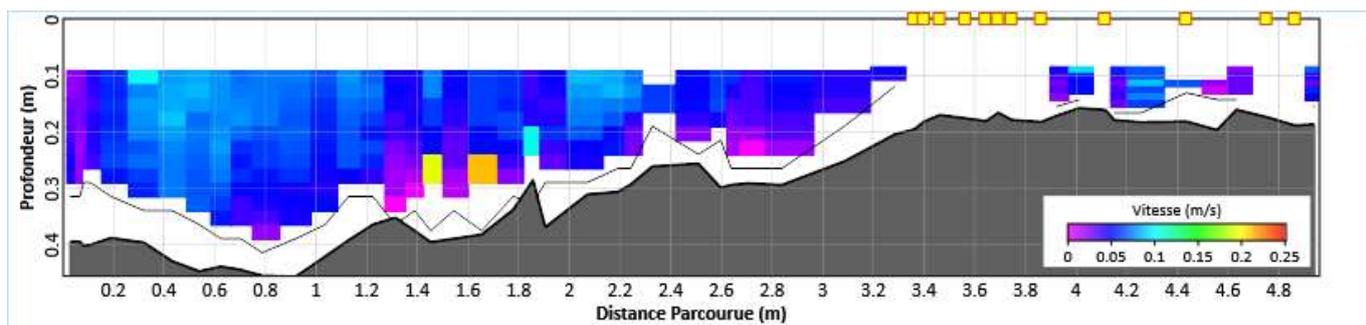


Figure 36 : Représentation des vitesses d’écoulement modélisées au débit de calage

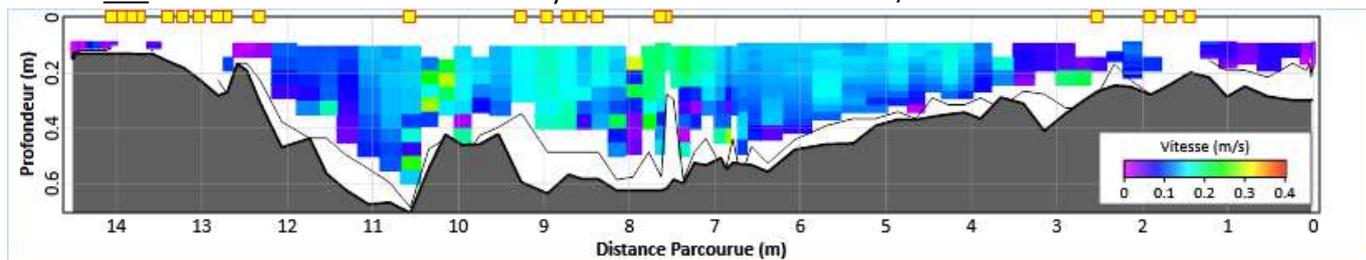
- **T13** : vitesses relevées maximales moyennes entre 6 et 10 cm/s.



- **T06** : vitesses relevées maximales moyennes autour de 7 cm/s.



- **T10** : vitesses relevées maximales moyennes autour de 10 à 15 cm/s.



Globalement la répartition des vitesses dans les 2 dimensions d’espace horizontale apparaît satisfaisante, rendant bien compte des observations terrain. La comparaison avec les profils en travers mesurés donnant une discrétisation verticale de la vitesse montre également une cohérence de la modélisation, on rappelle que la comparaison ne peut se faire qu’en considérant des vitesses moyennes sur une verticale donnée.

Enfin du fait de la spécificité de la station au droit d’une diffluence, le calage est aussi validé par la vérification de la bonne répartition quantitative des écoulements. Ainsi, le débit modélisé dans le bras secondaire était également suivi pour orienter le calage. In fine on aboutit à un paramétrage du modèle permettant de représenter cette répartition de manière cohérente.

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 4500 l/s pour les débits biologiques et de 4500 à 15 000 l/s pour le débordement qui se situe à 7500 l/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d’étiage à plus que le module de la Boutonne à cette station mais aussi des débits extrêmes.

5.1.3 Exploitation des résultats

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 476 l/s et le

module plutôt de 11470 L/s. Le débit de débordement de la station étant de 7500 l/s, le secteur est sensible au débordement et donc a priori favorable à la reproduction du brochet.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum	41
QMNA5 moyen	363
50% du module	3261
Module max	6522
Débit de débordement	7.5

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

5.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

5.2.1 Surface mouillée

Le modèle hydraulique permet de calculer l’évolution de la surface mouillée.

La surface mouillée évolue de manière importante jusqu’aux environs de 700 l/s. Son évolution est ensuite assez modérée avant de refaire un pic de progression entre 11000 l/s et 12000 l/s. Le lit se remplit progressivement jusqu’à son débordement à 7500 l/s. Au-delà de 7500 L/s le cours d’eau déborde sur cette section.

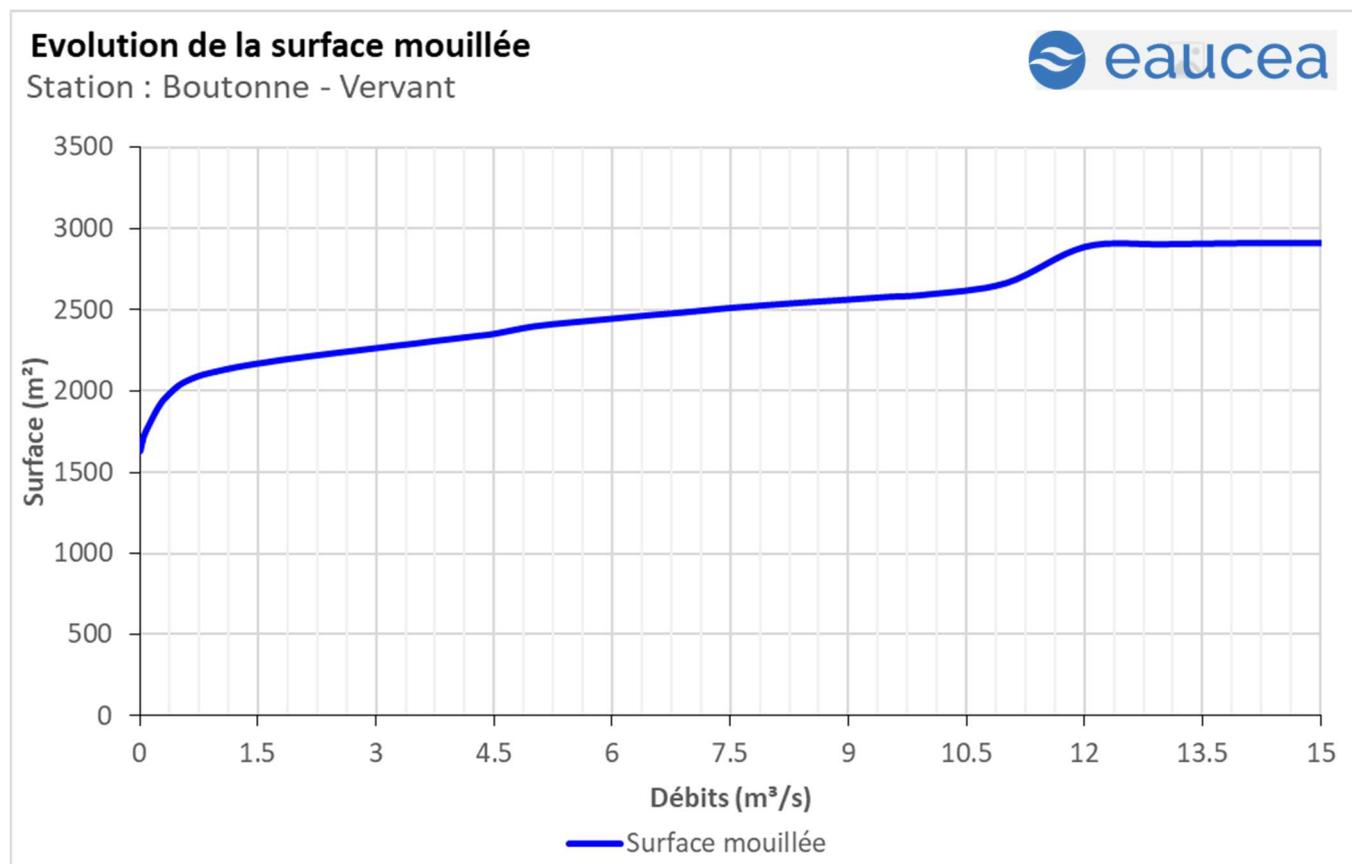


Figure 37: Evolution de la surface mouillée sur la station de Vervant

5.2.2 Granulométrie de la station

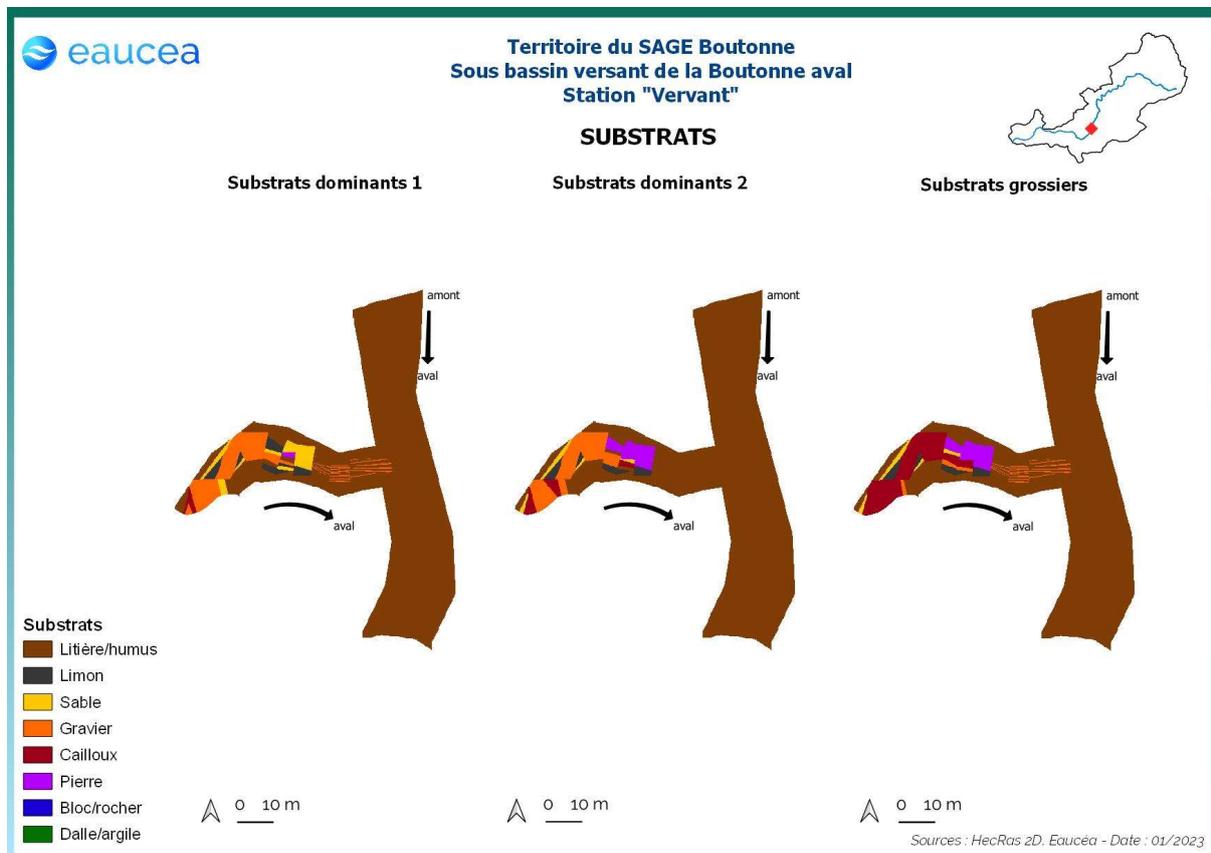


Figure 38: Carte des substrats sur la station de Vervant

La station présente des substrats dominés par la litière dans le bras principal tandis que le bras secondaire apparaît dominé par les sables et les cailloux.

5.2.4 Vitesse d’écoulement

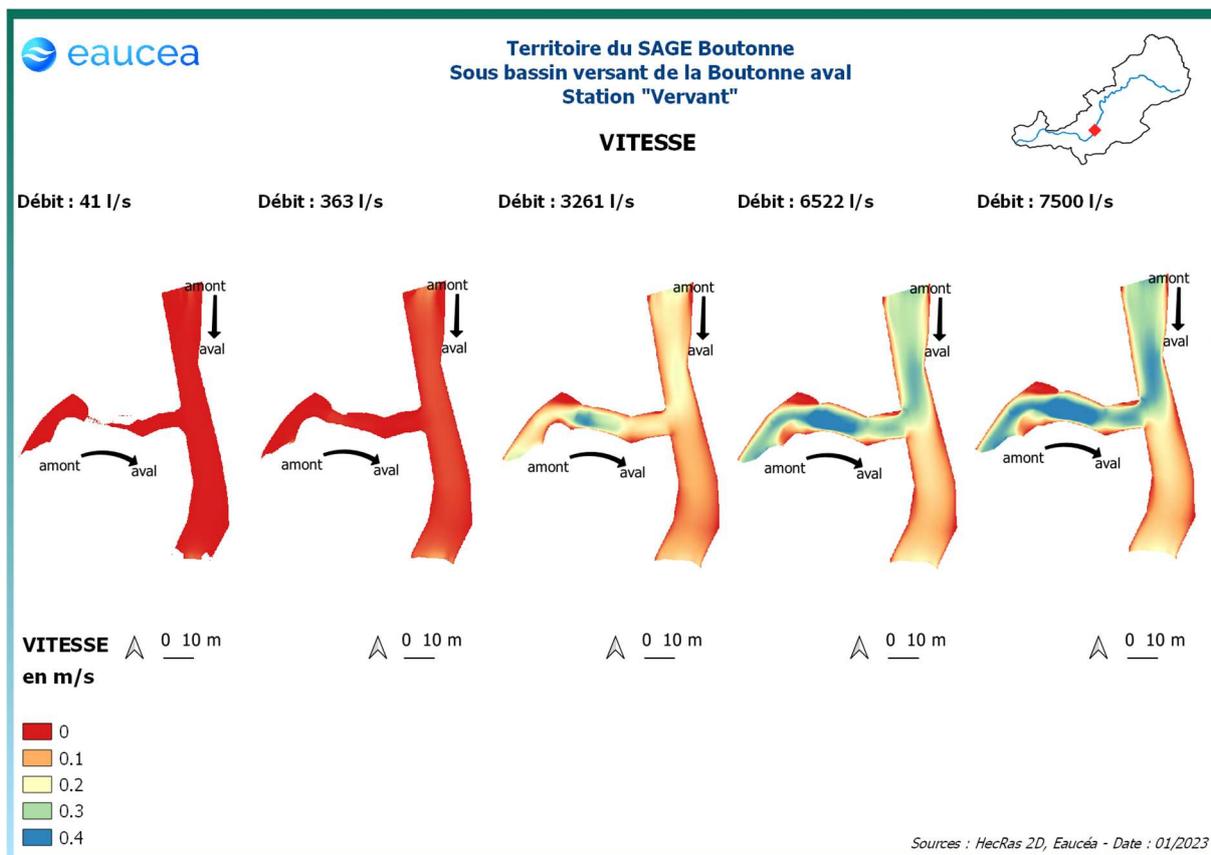


Figure 40: Evolution des vitesses d’écoulements sur la station de Vervant

La station de Vervant, 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 dans la partie aval du bras principal. L’amont de ce bras ainsi que le bras secondaire accélèrent au-delà du module (6522 l/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. La valeur repère de 25 cm/s est justifiée dans le rapport méthodologique.

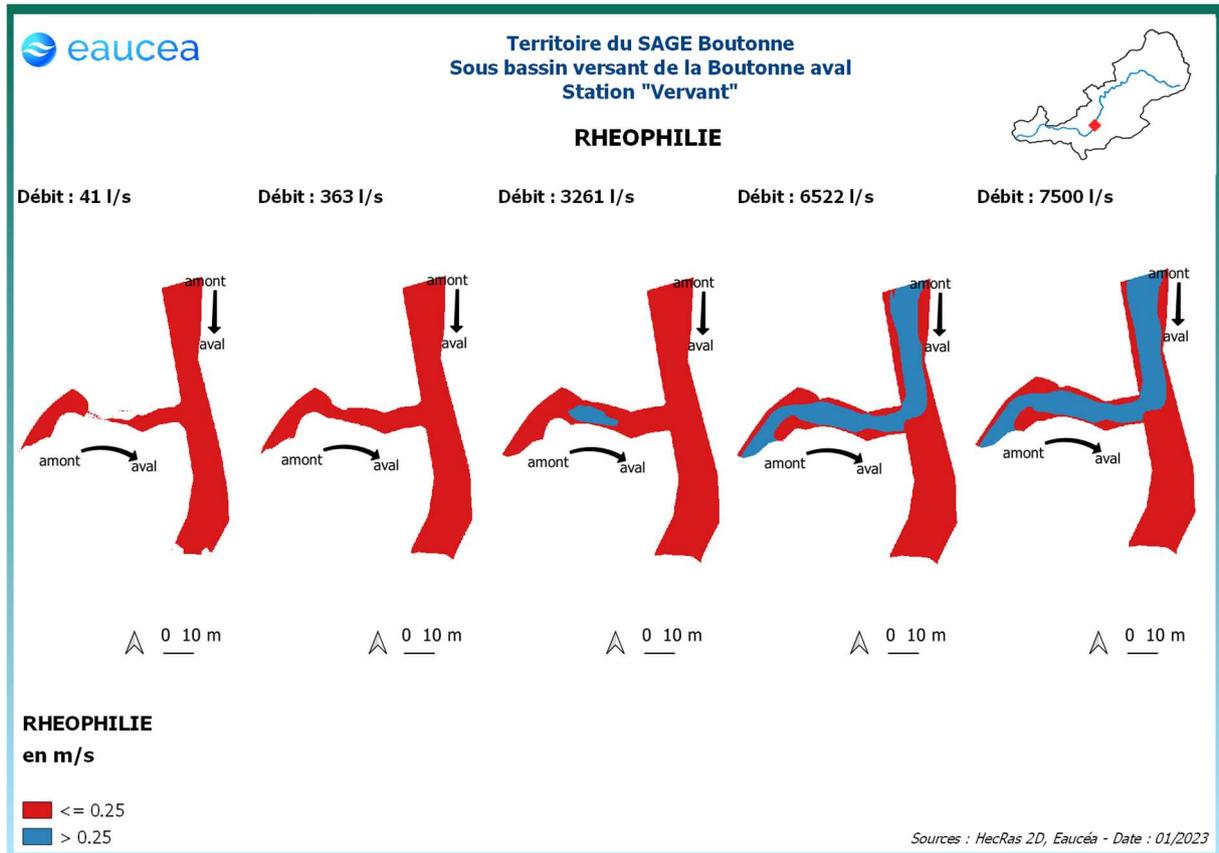
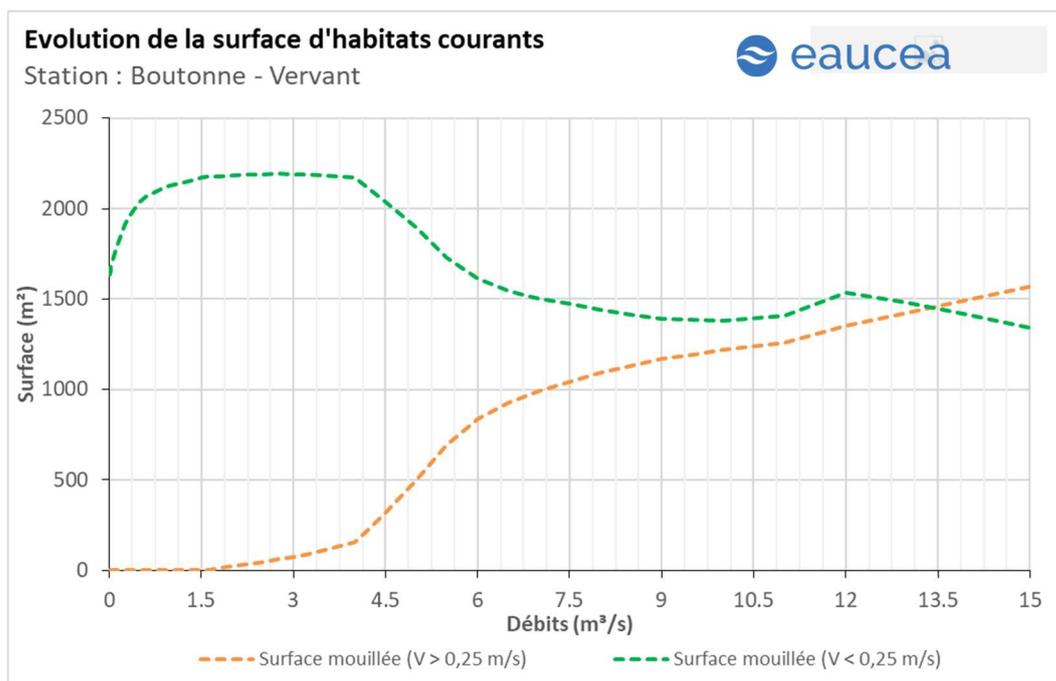


Figure 41: Carte des habitats courants sur la station de Vervant

On peut noter ici que la quantité d’habitats rhéophiles sur la station est assez limitée sauf dans la zone amont de la station et dans le bras secondaire. Dans la partie aval du bras principal, les habitats lotiques sont absents et compris au débit de débordement.



Les courbes ci-dessus traduisent une inversion de situation autour de 13500 l/s avec une forte accélération de la station à partir de 4000 l/s. La station est donc majoritairement lenticulaire en basses-eaux et en eaux moyennes (débit inférieur à 2000 l/s environ). Sur la base de ce critère, nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 4250 l/s et 20 % pour les périodes de hautes eaux, soit environ 5000 l/s.

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

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

A Vervant, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 400 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 mises en mouvement. La station n'est donc pas vulnérable au colmatage dans les secteurs qui ne le sont pas déjà, le bras principal présentant un fond fait de débris végétaux calcifiés.

² Paramètre de Shields (cf annexe)

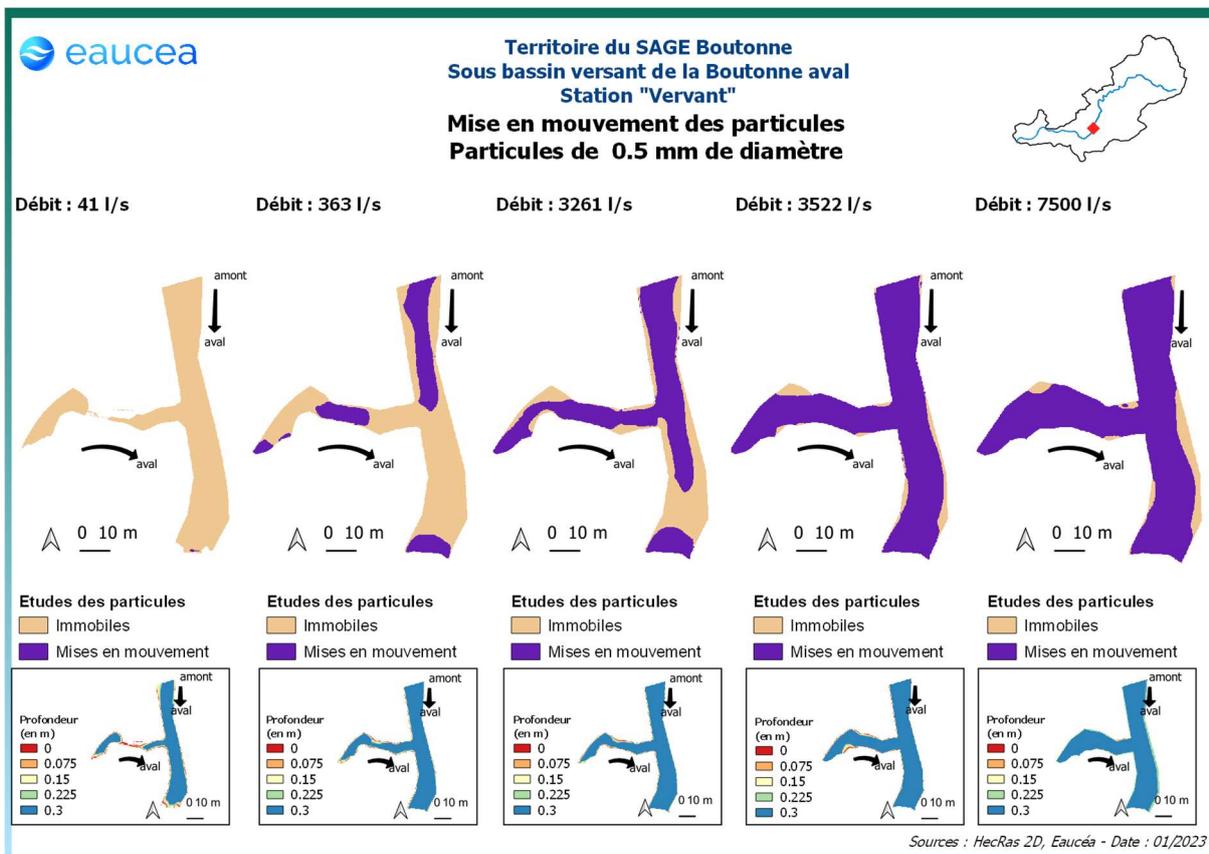
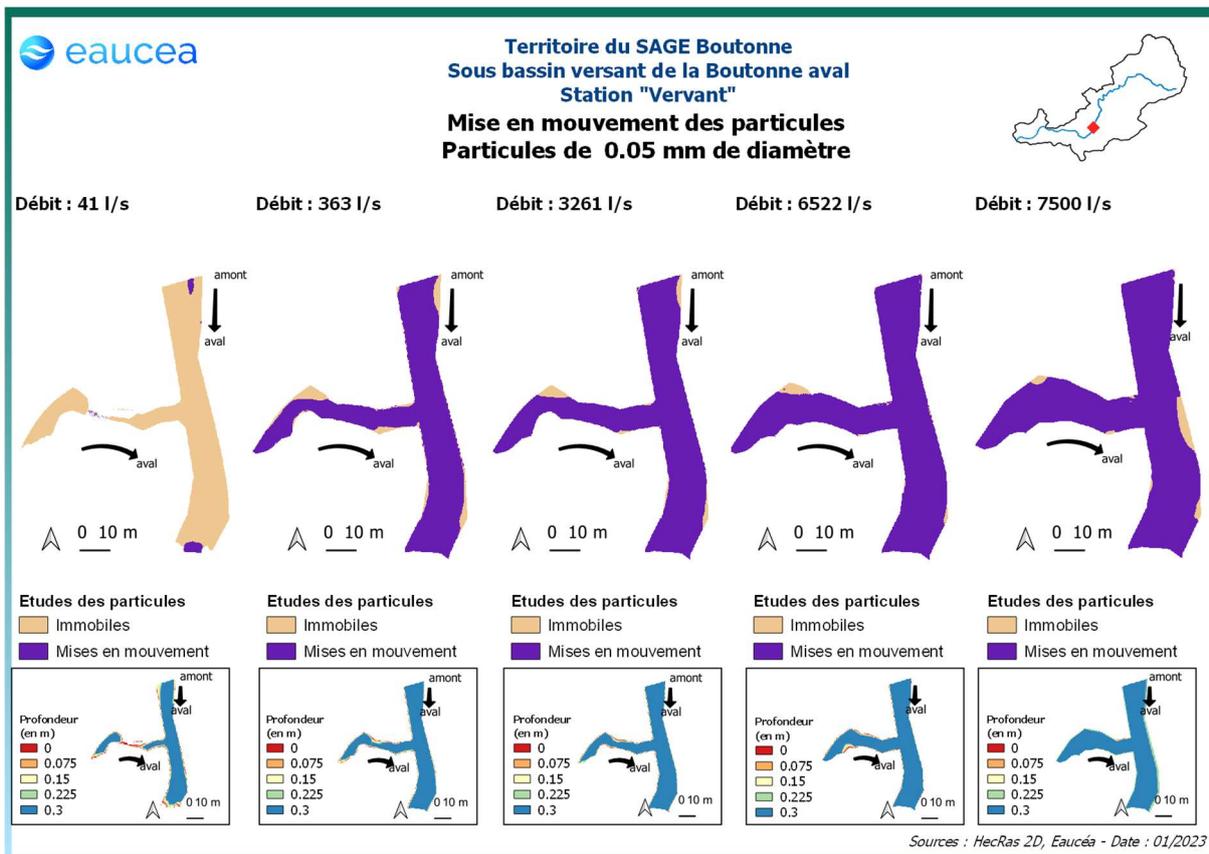


Figure 42 : Mise en mouvement des particules sur la station de Vervant

5.4 Connectivité longitudinale (toutes saisons)

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 la station est encore bonne pour les petites espèces à un débit de 300 l/s. A 250 l/s, le bras secondaire se déconnecte.

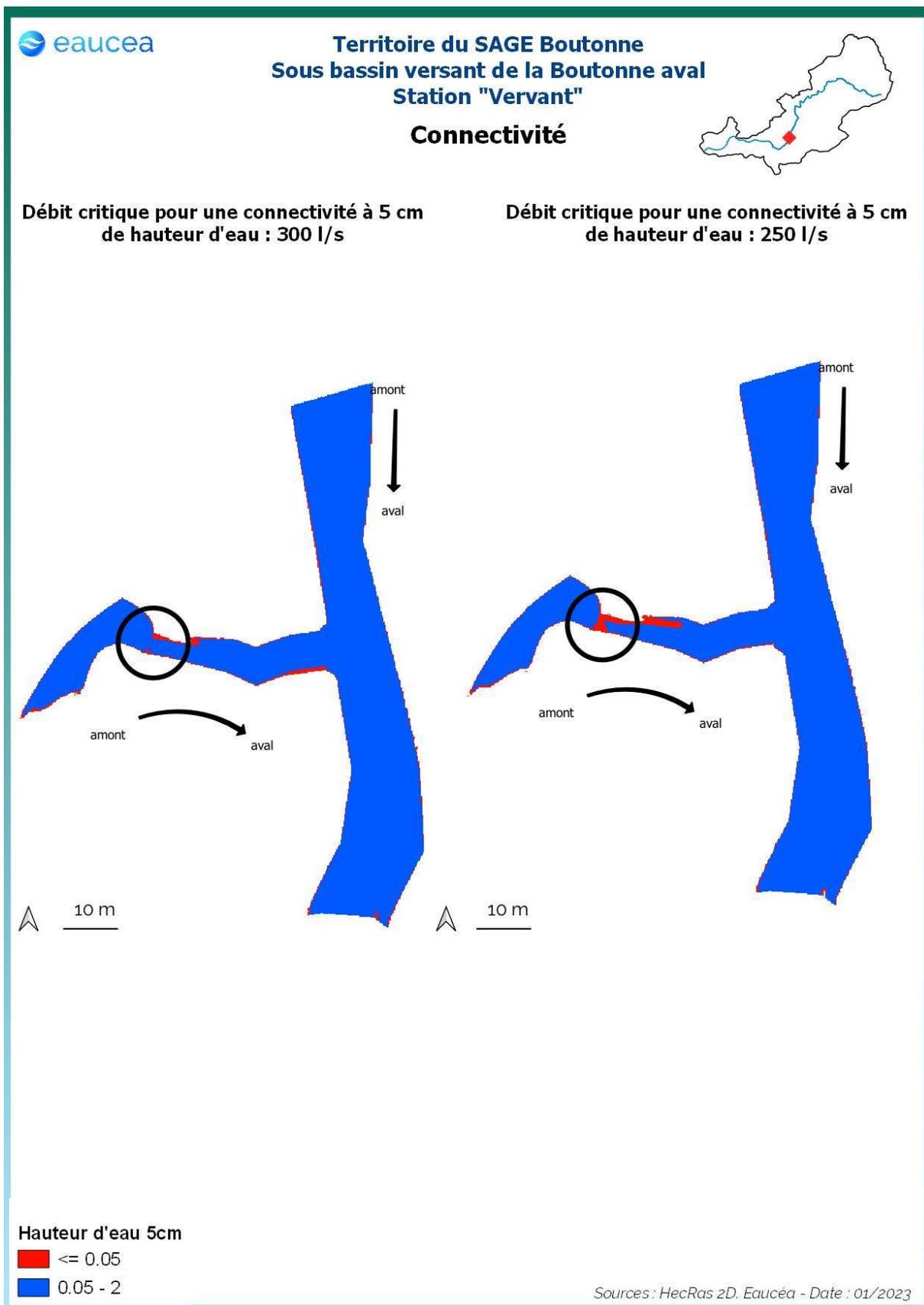


Figure 43: Connectivité de la station de Vervant avec un seuil à 5 cm de hauteur d'eau

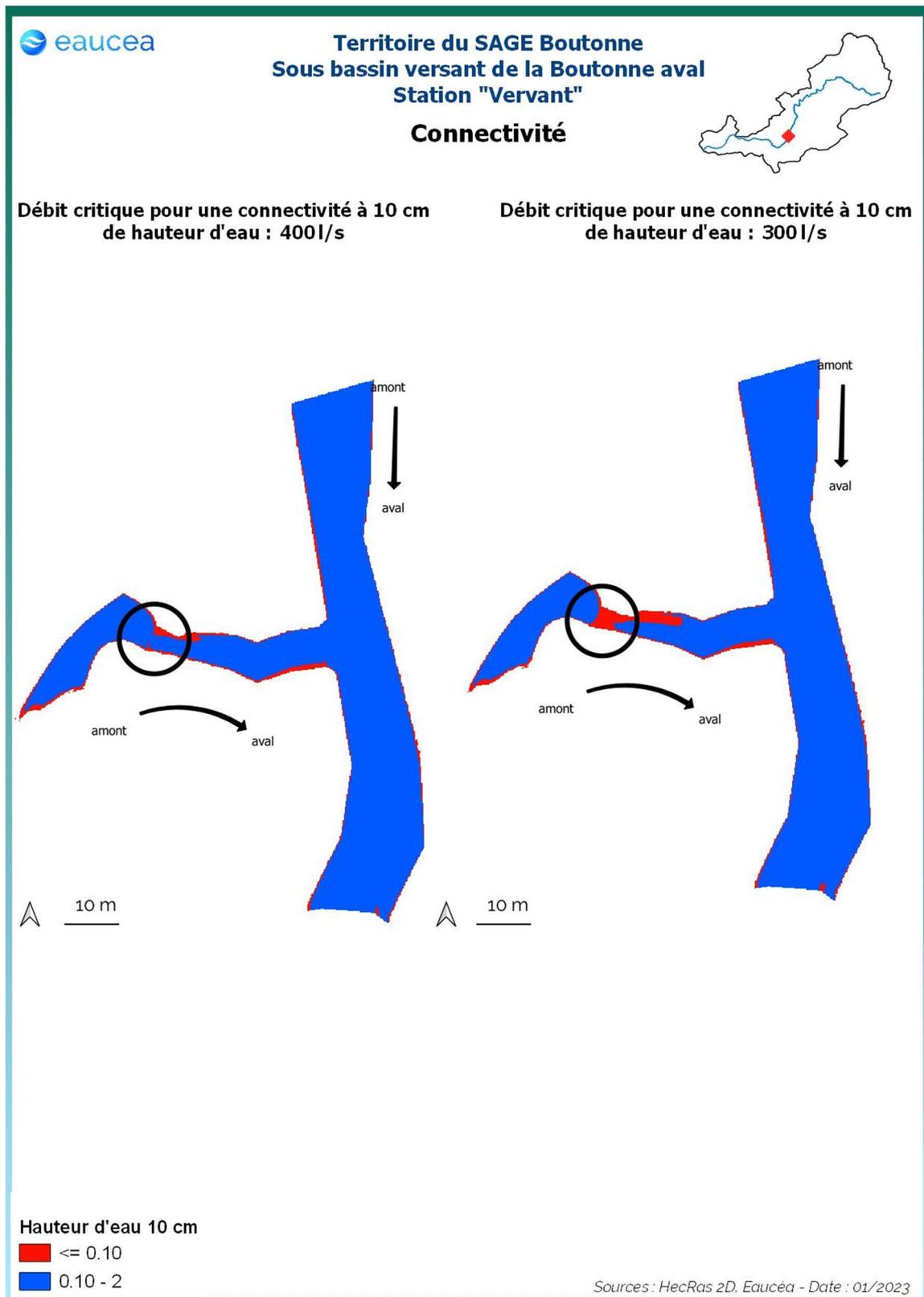


Figure 44: Connectivité de la station de Vervant pour un seuil de 10 cm de hauteur d'eau

La connectivité de la station sur la Boutonne est encore assurée pour les grandes espèces à un débit de 400 l/s. Elle ne l'est plus à 300 l/s uniquement sur le bras secondaire, le bras principal n'étant pas vulnérable à ce risque.

5.5 Valeurs d'habitats et surfaces pondérées utiles

5.5.1 Courbes d'évolutions avec le débit jusqu'au débordement

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

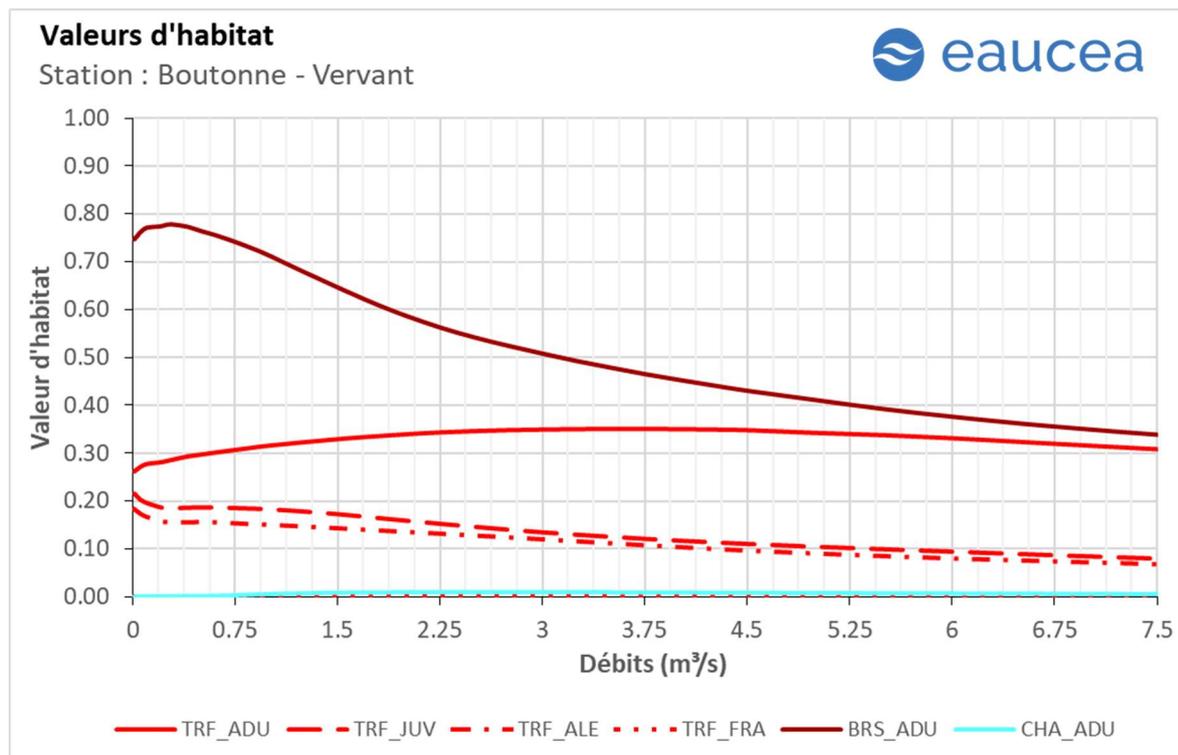


Figure 45: Valeur d'habitat sur la station de Vervant pour la truite fario, le brochet et le chabot

Les valeurs d'habitats pour la truite adulte sont stables ne variant que de 0.25 à bas débit à 0.3 environ au débordement, ce qui traduit un biotope moyennement favorable à cette espèce mais stable dans le temps. Pour les autres stades, les valeurs suivent les mêmes tendances avec des maxima de 0.2 pour le juvénile et l'alevin, avec cependant une chute de la valeur d'habitat à des débits importants avec une influence de l'augmentation de la vitesse et des capacités natatoires limitées pour les juvéniles et les alevins. Les frayères présentent une valeur d'habitat nulle.

Pour le brochet, la valeur d'habitat est maximale à bas débit avec presque 0.8. Elle chute ensuite rapidement à mesure que le débit augmente et atteint 0.35 environ au débit de débordement.

Pour le chabot, la valeur d'habitat est quasi nulle à tous les débits, la station n'est pas hospitalière pour l'espèce.

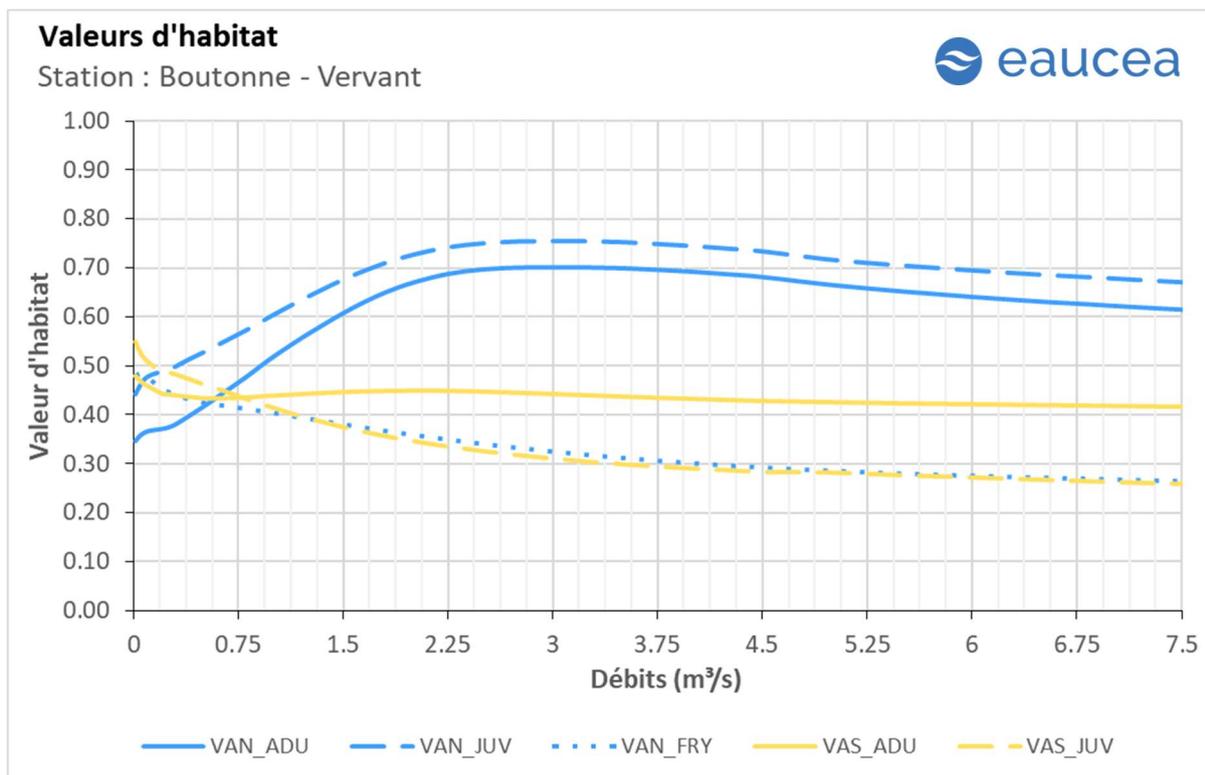


Figure 46 : Valeur d'habitat sur la station de Vervant pour la vandoise et le vairon

Concernant la vandoise, la valeur d'habitat de l'adulte augmente d'abord avec le débit pour atteindre un maximum aux environs de 2700 l/s puis se stabilise à 0.6 aux débits plus importants. Pour le juvénile, la valeur d'habitat augmente avec le débit jusqu'à à 0.75. Pour l'alevin, la valeur est forte à bas débit avant un maximum à presque 0.5 avant de chuter à 0.25.

Le vairon adulte a une valeur d'habitat maximale de 0.45 à bas débit qui baisse ensuite, se stabilisant à 0.4. Le juvénile voit sa valeur d'habitat chuté à mesure que le débit augmente jusqu'aux environs de 0.25.

Les surfaces pondérées utiles suivent globalement la même évolution que la valeur d'habitat mais avec le bénéfice de l'augmentation de la surface mouillée. La station est très favorable aux vairons adultes et à la truite et inhospitalière pour le chabot. L'optimum est aux environs de 1500 L/s.

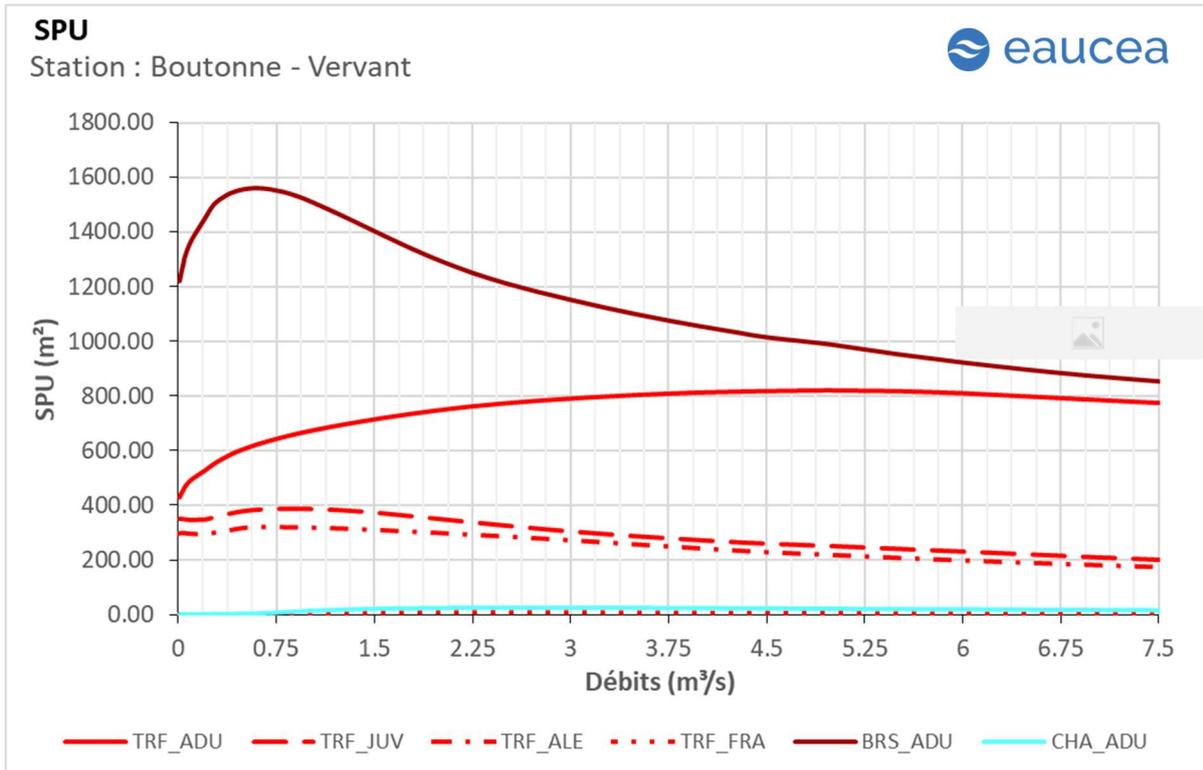


Figure 47: Surfaces pondérées utiles sur la station de Vervant pour la truite, le brochet et le chabot.

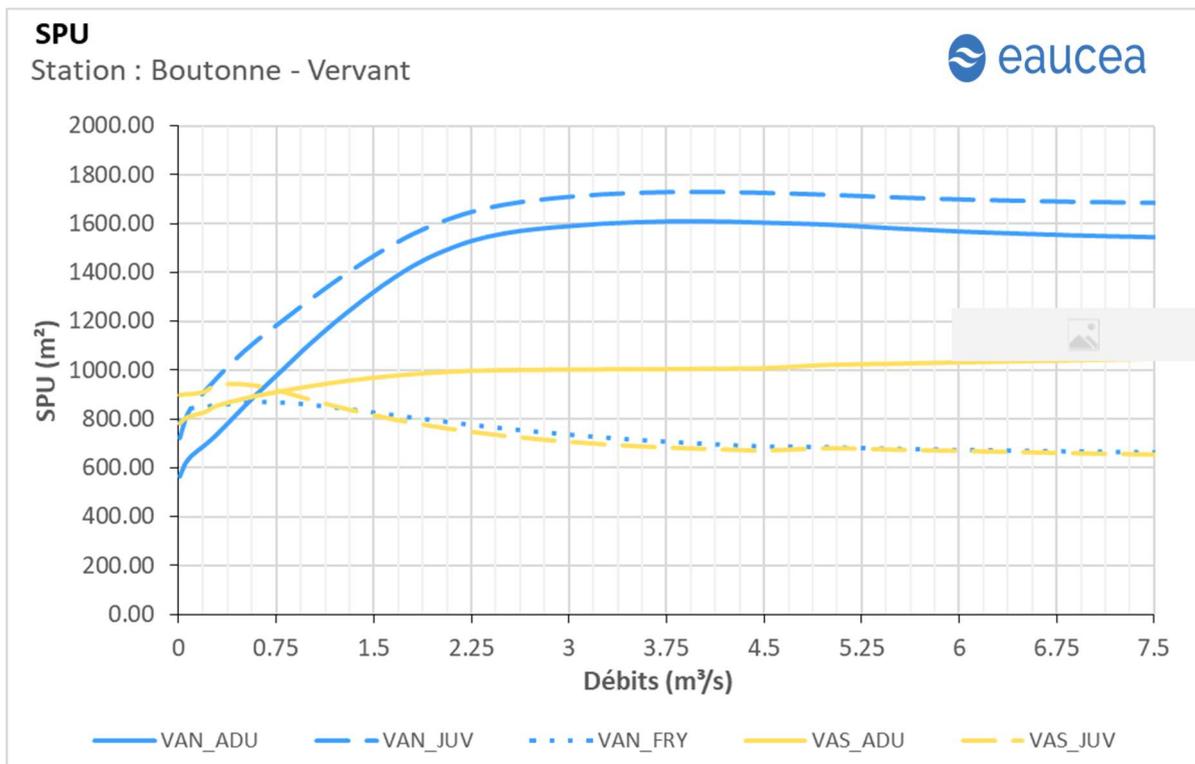


Figure 48 : Surfaces pondérées utiles sur la station de Vervant pour la vandoise et le vairon

5.5.2 Saisonnalités

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

Boutonne à Vervant	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	6.910	8.933	18.603	14.853	24.684	35.976
Févr.	6.048	7.907	24.892	16.681	47.138	59.583
Mars	5.246	5.896	14.604	9.114	17.281	38.619
Avr.	2.826	3.629	5.310	4.643	6.993	8.261
Mai	1.733	2.176	4.253	3.608	5.075	8.414
Juin	1.063	1.190	2.486	2.352	3.670	4.041
Juil.	0.355	0.460	1.182	0.947	1.874	2.376
Août	0.291	0.403	0.581	0.575	0.727	0.901
Sept.	0.205	0.249	0.496	0.460	0.732	0.839
Oct.	0.452	0.515	3.401	0.921	4.673	11.414
Nov.	0.938	1.068	14.806	4.376	35.423	54.353
Déc.	3.055	4.170	28.666	23.053	54.072	61.851

La période des hautes-eaux favorise des échanges faunistiques entre les différents bassins. Les poissons de plus grande taille peuvent explorer ces milieux pour s’y alimenter ou s’y reproduire. La première des conditions est donc celle de la connectivité qui doit être garanti pour permettre cette colonisation plus ou moins temporaire.

Le débit de 400 l/s est donc la première valeur constitutive d’un débit biologique toutes eaux.

L’évolution de l’habitat peut être approchée par un graphe annuel pour des quantiles sec, médian et humide des débits mensuels.

Pour la truite adulte en période de basses-eaux, l’habitabilité de la station est à son minimum soit environ 543 m² et correspondant à un débit de 249 l/s.

La période de transition printanière qui suit présente des SPU descendantes jusqu’à la période des basses-eaux en année quinquennale sèche. Cette évolution voit la SPU de la truite adulte passer de 689 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d’une année sèche à 598 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 807 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 740 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

Pour la truite juvénile en période basses-eaux, l’habitabilité de la station est d’environ 354 m² et correspondant à un débit de 249 l/s.

La période de transition printanière voit la SPU de la truite juvénile passer de 384 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d’une année sèche à 377 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 282 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 357 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

Pour la truite alevin en période de basses eaux, l’habitabilité de la station est d’environ 299 m² et correspondant à un débit de 249 l/s.

La période de transition printanière voit la SPU de la truite alevin passer de 317 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d'une année sèche à 316 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 252 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 303 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

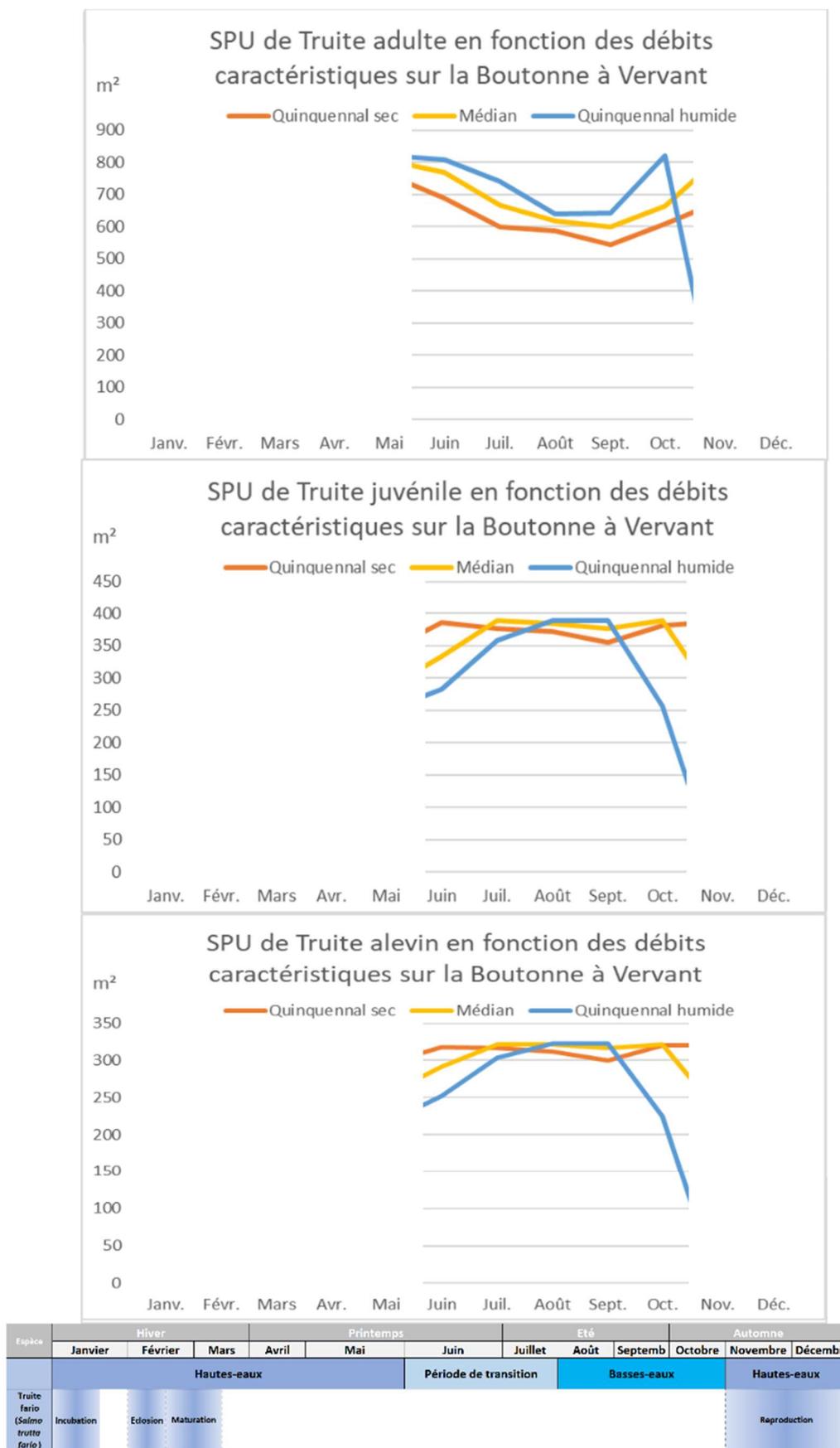


Figure 49 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile de la truite, calendrier biologique et hydrologique

Pour le brochet adulte en période de basses-eaux, l’habitabilité de la station est d’environ 1485 m² et correspondant à un débit de 249 l/s.

La période de transition printanière qui suit voit la SPU du brochet passer de 1472 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d’une année sèche à 1550 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 1082 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 1320 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

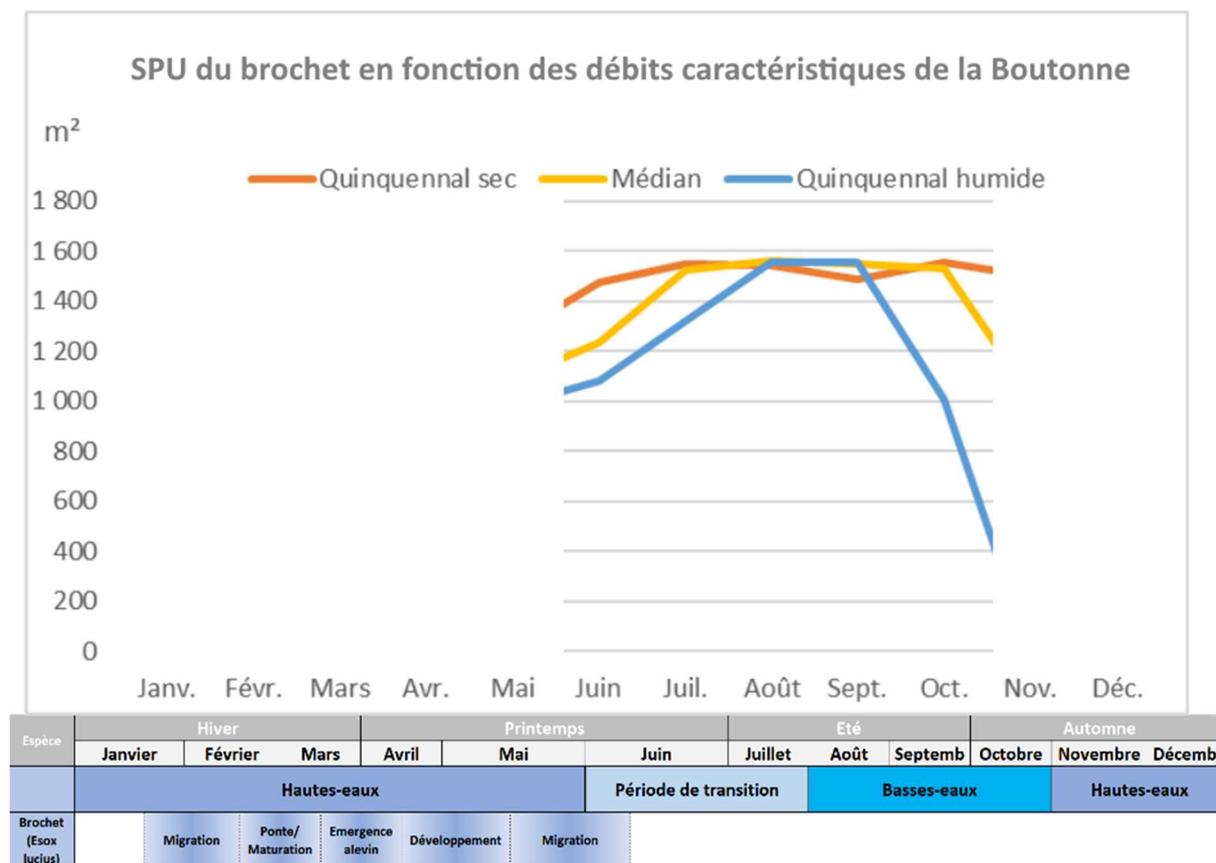


Figure 50 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du brochet, calendrier biologique et hydrologique

Pour le chabot adulte en période de basses-eaux, l’habitabilité de la station est d’environ 2 m² et correspondant à un débit de 249 l/s.

La période de transition printanière qui suit voit la SPU du brochet passer de 16 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d’une année sèche à 3 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 23 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 22 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

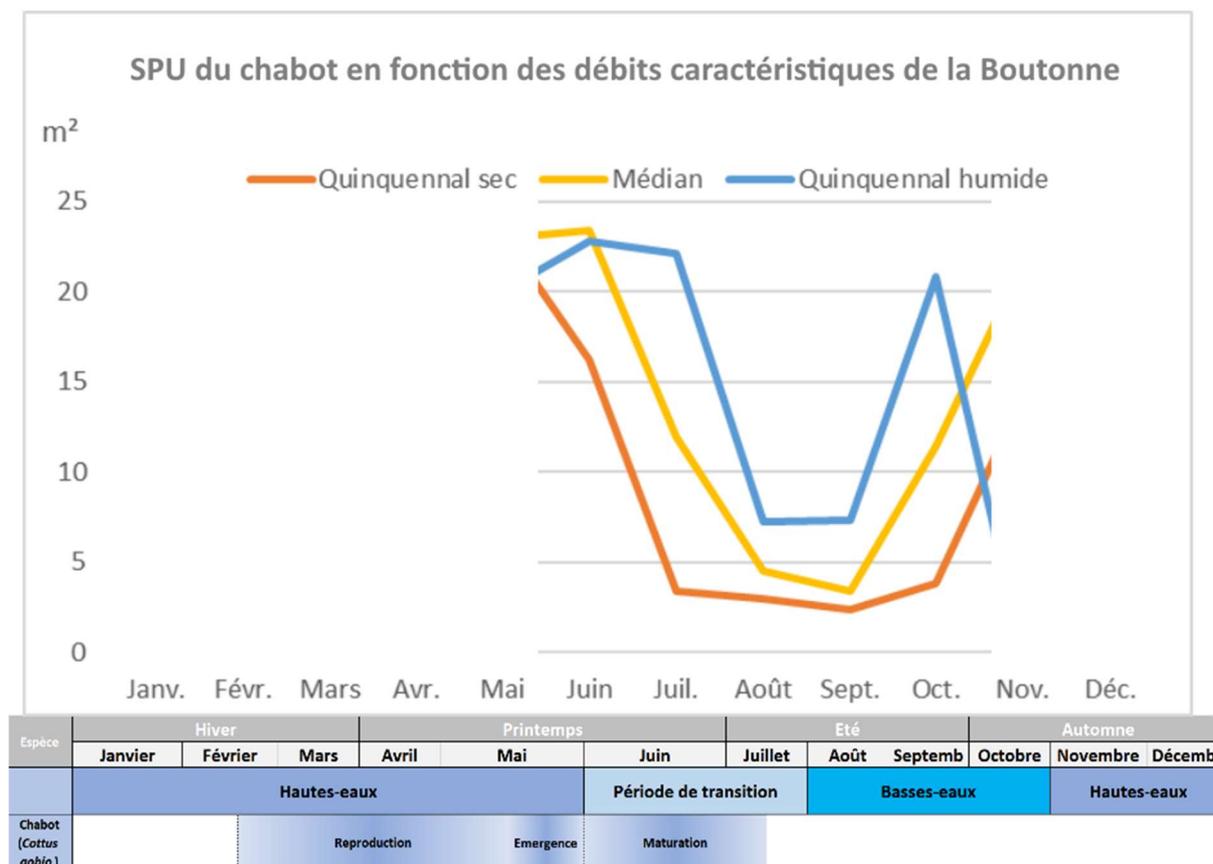


Figure 51 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du chabot, calendrier biologique et hydrologique

Pour le vairon adulte en période de basses-eaux, l’habitabilité de la station est d’environ 843 m² et correspondant à un débit de 249 l/s. Les juvéniles de l’espèce bénéficie eux d’un minimum de 929 m² de surface pondérée utile.

La période de transition printanière voit la SPU du vairon adulte passer de 948 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d’une année sèche à 877 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 1003 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 985 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

Pour le juvénile, la variation est de 853 m² à 942 m² en année sèche contre 683 m² en juin et 776 m² en juillet d’une année humide.

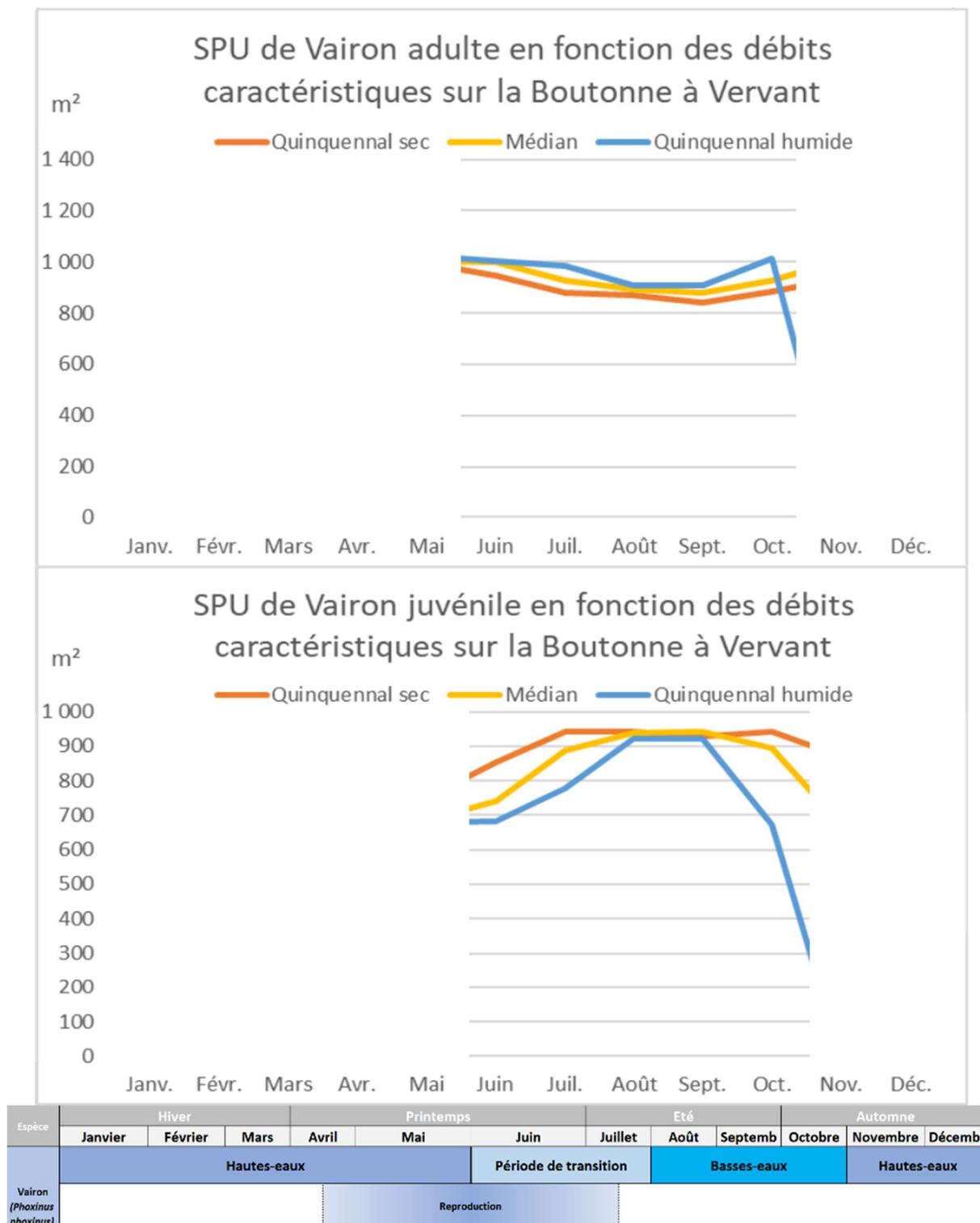


Figure 52: Evolution des surfaces pondérées utiles du vairon suivant le cycle annuel et calendrier biologique

Pour la vandoise adulte en période de basses-eaux, l’habitabilité de la station est d’environ 713 m² et correspondant à un débit de 249 l/s. Les juvéniles de l’espèce bénéficient eux d’un minimum de 942 m² de surface pondérée utile.

La période de transition printanière voit la SPU de la vandoise adulte passer de 1190 m² environ (soit un débit de 1190 l/s) en juin d’une année sèche à 827 m² en juillet (pour 460 l/s). Dans le cas d’une

année humide, la SPU est de 1608 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 1446 m² pour un débit de 1874 l/s en juillet.

Pour le juvénile, la variation est de 1360 m² à 1057 m² en année sèche contre 1730 m² en juin et 1576 m² en juillet d’une année humide.

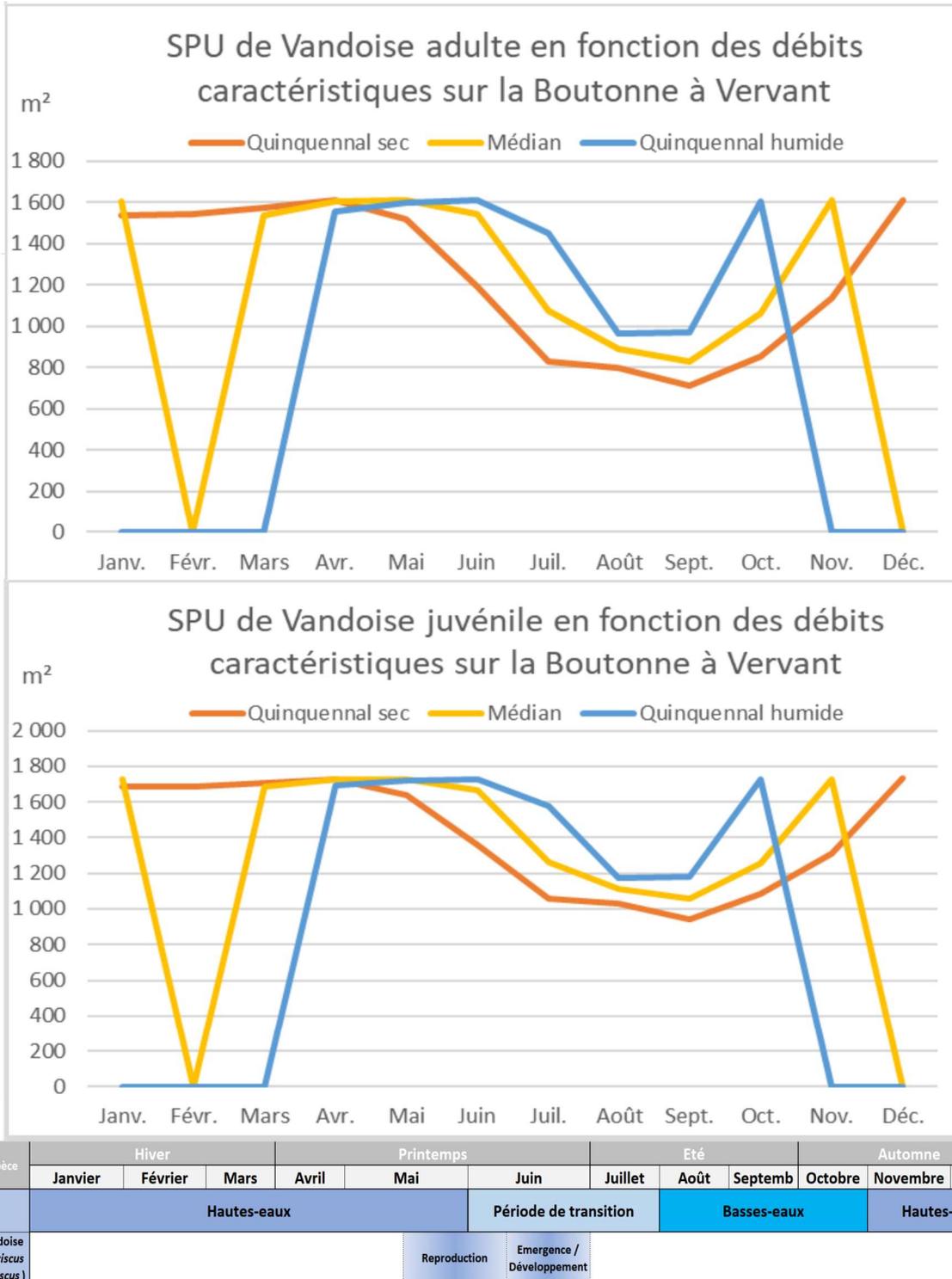


Figure 53: Evolution des surfaces pondérées utiles de la vandoise suivant le cycle annuel et calendrier biologique

5.5.1 Synthèse

Les valeurs proposées pour l'analyse de la sensibilité des conditions d'habitats aux débits sont donc les suivantes :

-pour la période estivale, la valeur de déconnexion longitudinale pour les grandes espèces comme valeur de référence soit 400 l/s et est inférieure au débit d'étiage (QMNA5) de 476 l/s), la valeur de référence retenue est donc cette valeur de 500 l/s bornée par le débit le plus bas (10 l/s) et le débit classé 75 % (743 l/s) ;

-pour la période de transition, une valeur intermédiaire entre les débits classés 50 % et 25 % comme valeur de référence, bornée par ces mêmes débits (743 l/s et 2.036 l/s) ;

-pour la période de hautes-eaux, la valeur de référence est l'optimum de débit biologique (1500 l/s) comparée à une gamme de débit allant jusqu'au débit de débordement.

5.6 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Vervant

Analyse piscicole					Vervant										Qref									
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade	0.01	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75				
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-23%	-23%	-15%	-16%	-13%	-10%	-8%	-5%	-3%	-2%	606	1%	3%	4%	5%	6%				
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-8%	-8%	-3%	-8%	-8%	-7%	-5%	-4%	-2%	-1%	380	1%	1%	2%	2%	2%				
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	-22%	-16%	-12%	-10%	-7%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	1556	0%	0%	0%	0%	0%				
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-66%	-64%	-60%	-54%	-48%	-36%	-28%	-24%	-19%	-10%	4	16%	31%	56%	81%	112%				
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-34%	-27%	-24%	-21%	-18%	-16%	-13%	-10%	-6%	-3%	848	3%	6%	9%	12%	15%				
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-33%	-26%	-21%	-18%	-15%	-12%	-10%	-7%	-5%	-2%	1077	2%	4%	6%	8%	10%				
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-11%	-9%	-8%	-7%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	-1%	883	1%	1%	2%	2%	3%				
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	-5%	-4%	-4%	-4%	-3%	-1%	0%	0%	0%	0%	941	0%	-1%	-1%	-2%	-3%				
Principal	Surface mouillée				-20%	-16%	-13%	-11%	-8%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	2037	1%	1%	2%	2%	3%				
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui				
		Petits poissons			non	non	non	non	non	non	non	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 54 : Matrice période de basses-eaux

La variation des SPU autour du débit de déconnexion est faible et proche du QMNA5. Elle est plus sensible à la baisse qu'à la hausse. Si nous considérons le chabot, une variation à +/- 20% de la SPU de référence est observée entre la valeur de 400 l/s comme borne basse et 550 L/s en borne haute en période de basses-eaux.

Analyse piscicole				Vervant			Qref			
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-10%	-6%	-3%	714	2%	5%
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	4%	4%	2%	375	-3%	-6%
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	11%	8%	4%	1402	-4%	-8%
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-61%	-34%	-14%	20	8%	14%
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-26%	-16%	-8%	1321	7%	12%
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-19%	-12%	-6%	1470	5%	9%
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-6%	-4%	-2%	968	1%	2%
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	13%	8%	4%	814	-3%	-6%
Principal	Surface mouillée				-4%	-2%	-1%	2171	1%	2%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui
		Petits poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui
Synthèse indicateurs principaux										
Habitat	SPU									
Habitat	Surface mouillée									
Habitat	Connectivité	Longitudinale								
Résultat										

Figure 55 : Matrice des périodes de transition

En période de transition, tous les indicateurs sont stables et remplissent les conditions de vie des espèces avec cependant une forte sensibilité de l'habitat pour l'adulte de vandoise et le chabot.

Nous proposons donc de retenir un débit plancher entre 1250 l/s et 2000 l/s.

Analyse piscicole				Vervant			Qref										
Niveau	Critère	Code	Espece	Stade	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			0	2371%	4541%	7479%	10966%	15426%	31616%	50121%	69274%	83579%	92465%	98882%	103872%
Principal	Surface mouillée				2171	2%	3%	4%	6%	7%	8%	10%	12%	13%	14%	15%	16%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			oui	oui	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	Habitats rapides																
Habitat	Surface mouillée																
Habitat	Connectivité	Longitudinale															
Résultat																	

Figure 56 : Matrice de la période de hautes-eaux.

En période de hautes-eaux, la plupart indicateurs sont stables et remplissent les conditions de vie et de mobilité des espèces.

Nous proposons donc de retenir un débit biologique entre 1500 l/s ,optimum de l'habitat, à 7500 l/s, débit de débordement potentiellement favorable à la mise en eau de frayère à brochet.

6 ETUDE DES DEBITS BIOLOGIQUES DE LA BOUTONNE A SAINT JULIEN DE L'ESCAP

6.1 Paramètres physiques de la station et modélisation hydraulique

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

6.1.1 Description de la station

Localisation et position des transects de mesure

La station de Saint Julien de l'Escap explorée est située sur la Boutonne. Elle est positionnée environ 500 m en aval de Saint Julien de l'Escap.

Elle s'étend sur environ 140 m de long.

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

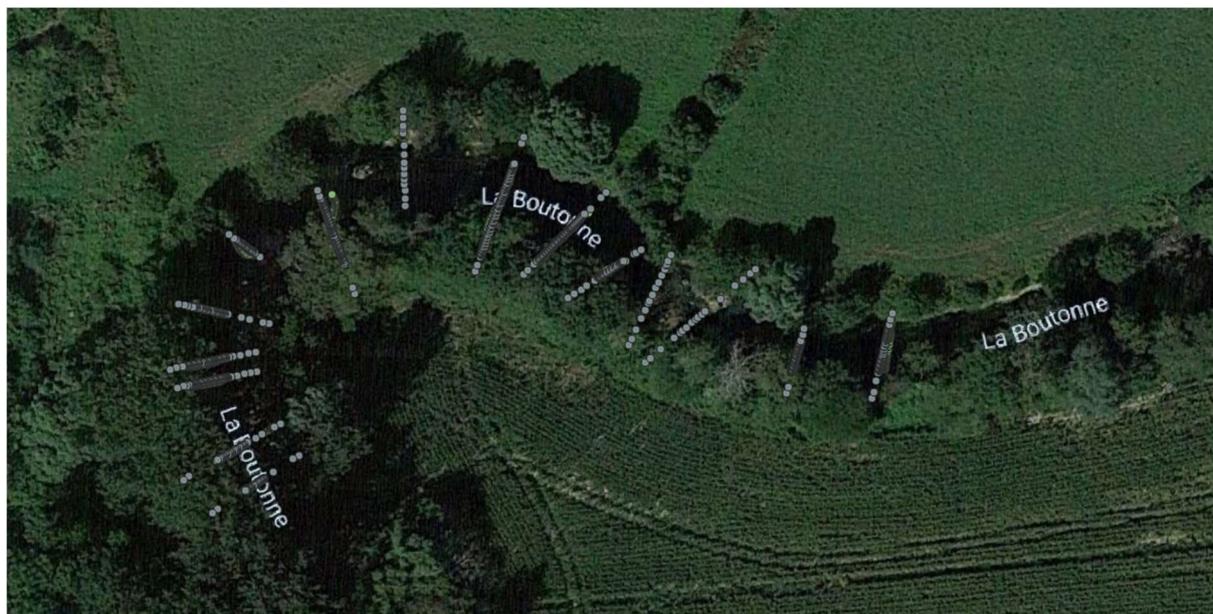


Figure 57 : Position des transects de mesure de la station de Saint Julien de l'Escap

Conditions de mesure

Les mesures ont été réalisées lors d'une venue sur site le 14/09/2021.

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

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

Le débit le jour des mesures a été mesuré à 600 l/s.

Profil en long, faciès d'écoulement et connectivité aux 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 majoritairement lent et calme. Il se caractérise par la présence d'herbiers immergés denses sur une grande proportion de la station. Ils se répartissent essentiellement sur les 2/3 gauche du lit mineur. La présence de ces herbiers influence très fortement le fonctionnement hydraulique sur la station, participant au ralentissement général des écoulements et le maintien d'une ligne d'eau relativement constante voire localement « inversée ». On note également la confluence d'un bras secondaire de la boutonne en rive gauche en amont de la station.

En amont du bras « principal », le faciès est de type plat lent, il se prolonge sur les premier profils amont (T14-T13) avant un passage en radier léger au droit du T12.

Le bras secondaire converge entre le T21 et le T17 marquant un approfondissement du fond à ce niveau. Le bras présente un faciès légèrement courant mais le niveau d'eau semble toutefois largement contrôlé par celui à la confluence, la zone étant particulièrement dense en herbiers.

En aval de la confluence, le faciès passe progressivement de plat lent à plat courant léger jusqu'à T08 environ. On note une répartition des vitesses plutôt du côté droit où les herbiers sont moins denses.

L'écoulement passe ensuite assez franchement à un type radier entre T07 et T05, au niveau d'une sorte de « passage à gué » où le fond remonte brusquement d'une trentaine de centimètres.

Plus vers l'aval, la dynamique d'écoulement redevient calme puis très calme au fur et à mesure de l'approfondissement du fond. La mouille terminale se prolonge ensuite sur plusieurs dizaines de mètres au-delà de l'aval de la station.

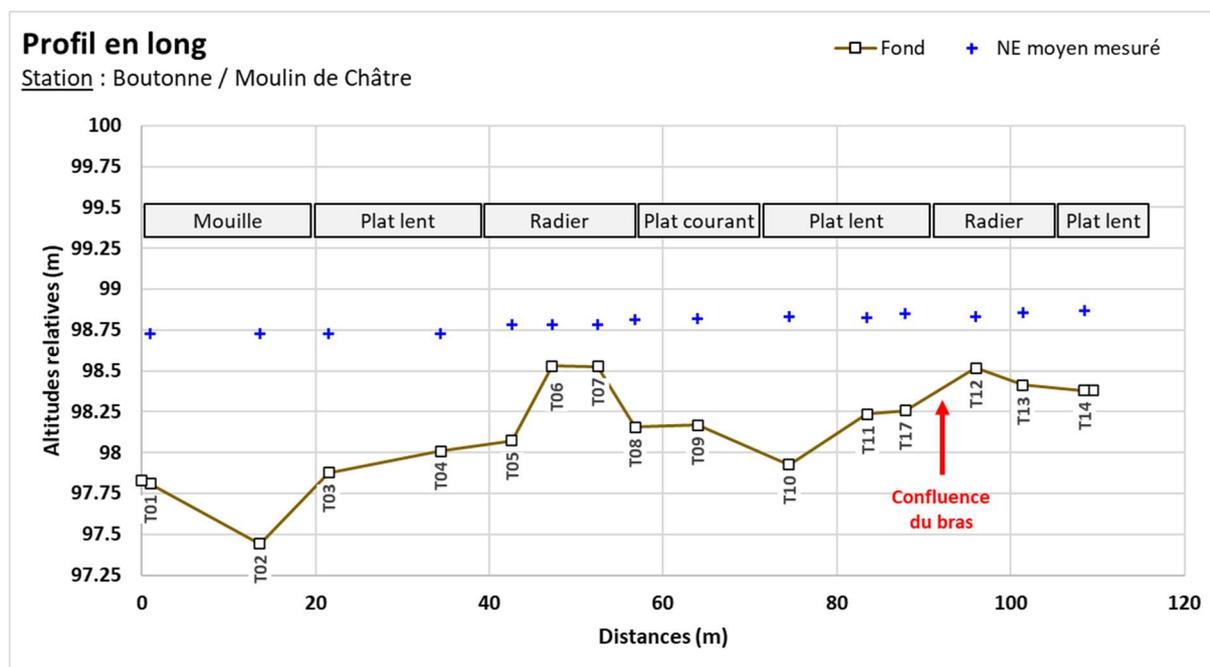
- **Type de berges**

Les berges de part et d'autre du cours d'eau sont uniformes le long de la station en termes d'élévation.

La rive gauche se caractérise par des berges abruptes couvertes par végétation dense descendant parfois jusqu'au pied de berge en formant des touffes denses. L'amont rive gauche de la station est plutôt boisé.

La rive droite présente un cordon de ripisylve mince mais continu tout le long de la station, les berges sont également abruptes. On observe localement des sous berges du fait de l'affleurement de racines voire de troncs des arbres présents en haut de berge. Sur l'amont, une plage assez longue est observée, la berge y est alors moins pentue et colonisée par des espèces végétales herbacées.

Ponctuellement de petits atterrissements formant de petites plages sont observés en pieds de berges. Soit constitués de limons, donc très meubles, soit couverts d'éléments granulométriques plus grossiers (cailloux, graviers) qui stabilisent les zones.



6.1.2 Modélisation hydraulique de la station

Compte tenu de la sensibilité hydraulique de la station, elle a été choisie comme station de référence pour établir la sensibilité maximale des modèles. Les modalités de calage et de simulation figurent donc dans les documents méthodologiques.

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 4500 l/s. Cette gamme permet ainsi de modéliser des débits d'étiage jusqu'au débordement de la Boutonne à ce niveau.

6.1.3 Exploitation des résultats

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 508 L/s et le module plutôt de 12 240L/s à Saint Jean d'Angely.

Débit représenté	Equivalent sur la station (en l/s)
QMNA5 minimum	44
QMNA5 moyen	392
50 % du module	3499
Module	6990
Débit de débordement	4500

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.

6.2 Variables physiques débit-dépendantes (toutes saisons)

6.2.1 Surface mouillée

Le modèle hydraulique permet de calculer l'évolution de la surface mouillée.

La surface mouillée évolue de manière importante jusqu'aux environs de 200 l/s. Son évolution est ensuite assez modérée et le lit se remplit jusqu'au débordement de la station à 4500 l/s. Au-delà de 4500 L/s le cours d'eau déborde sur cette section. Le calcul est arrêté.

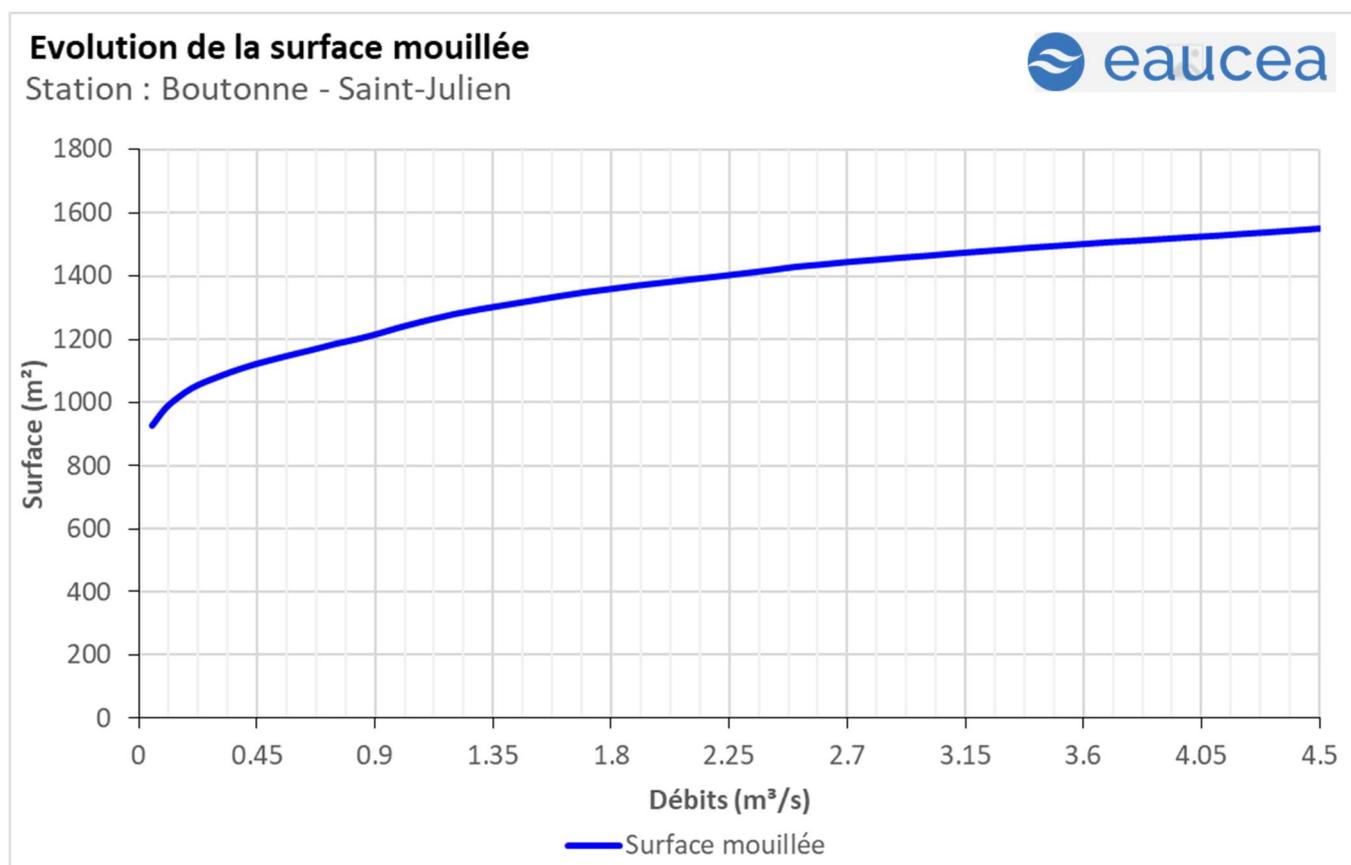


Figure 58: Evolution de la surface mouillée sur la station de Saint Julien de l'Escap

6.2.2 Granulométrie de la station

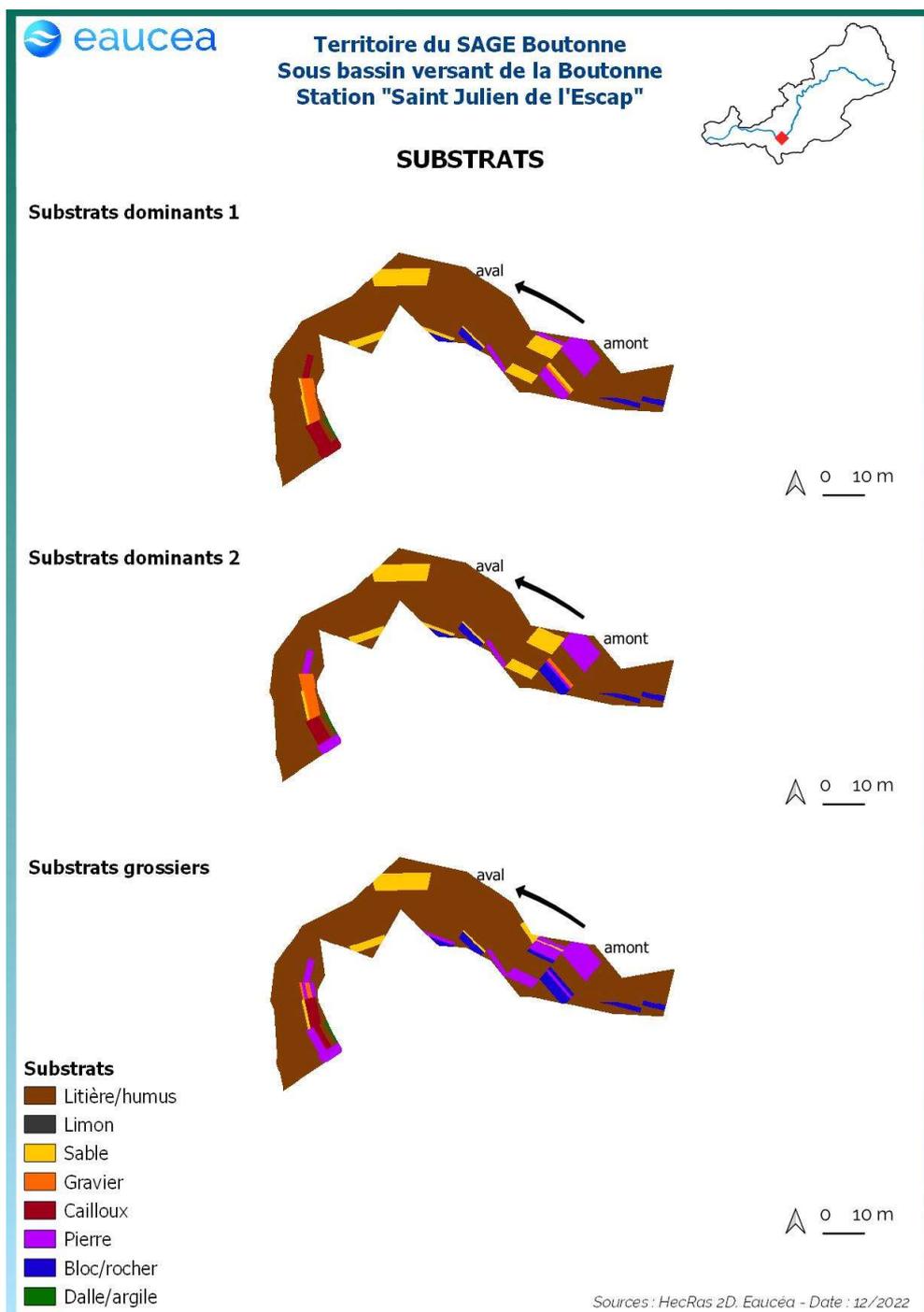


Figure 59: Carte des substrats sur la station de Saint Julien de l'Escap

La station présente des substrats dominés par la litière. En amont de la station un secteur présente cependant une majorité de sables et pierres voire blocs. En aval et en rive gauche, une zone comporte graviers, cailloux et pierres.

6.2.3 Profondeur

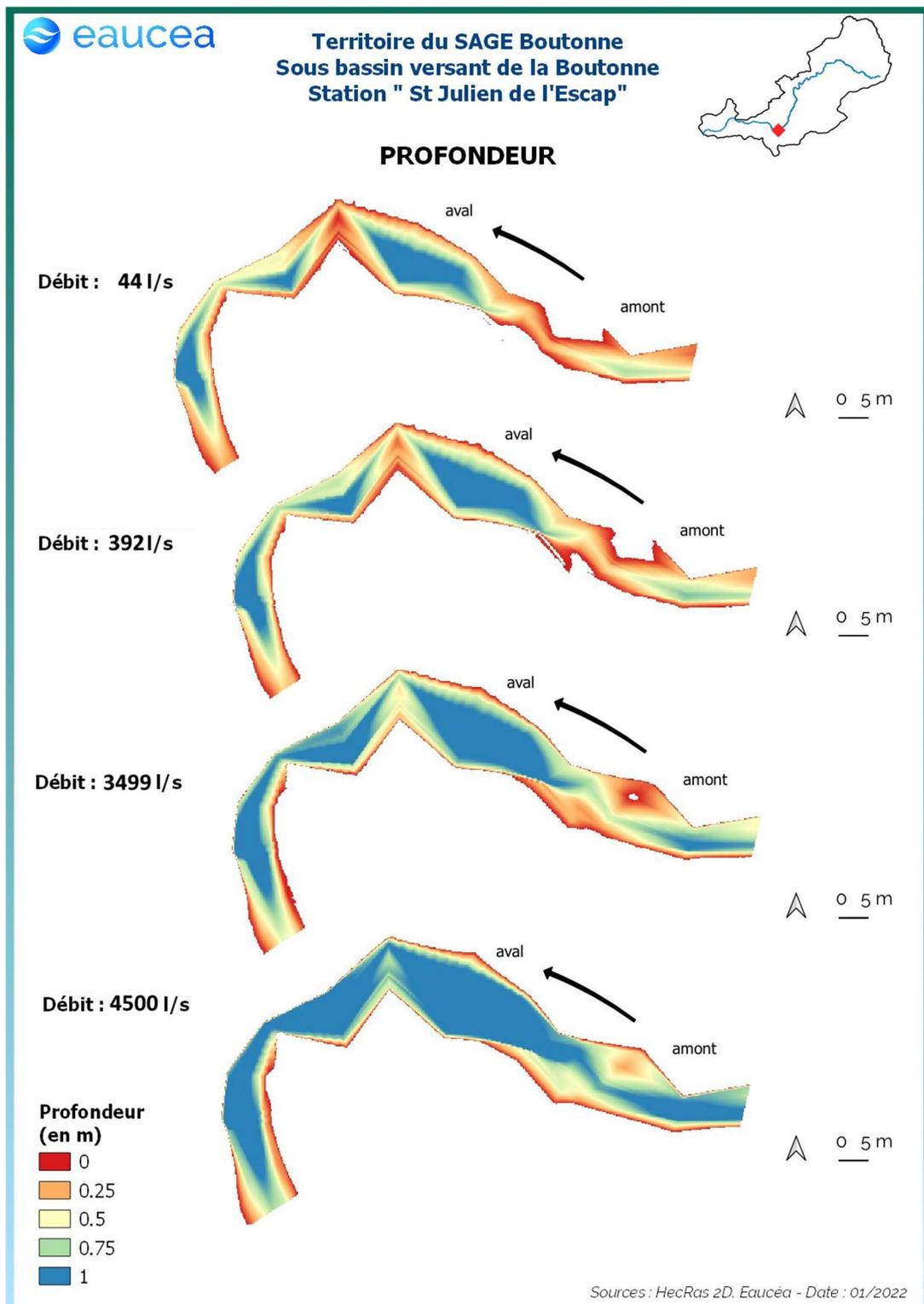


Figure 60: Evolution des profondeurs sur la station de Saint Julien de l'Escap

La Boutonne présente des hauteurs d'eau assez importantes. Les secteurs les plus profonds sont constitué par 3 fosses. La station présente une suite de faciès assez disparates même au débit de débordement.

6.2.4 Vitesse d'écoulement

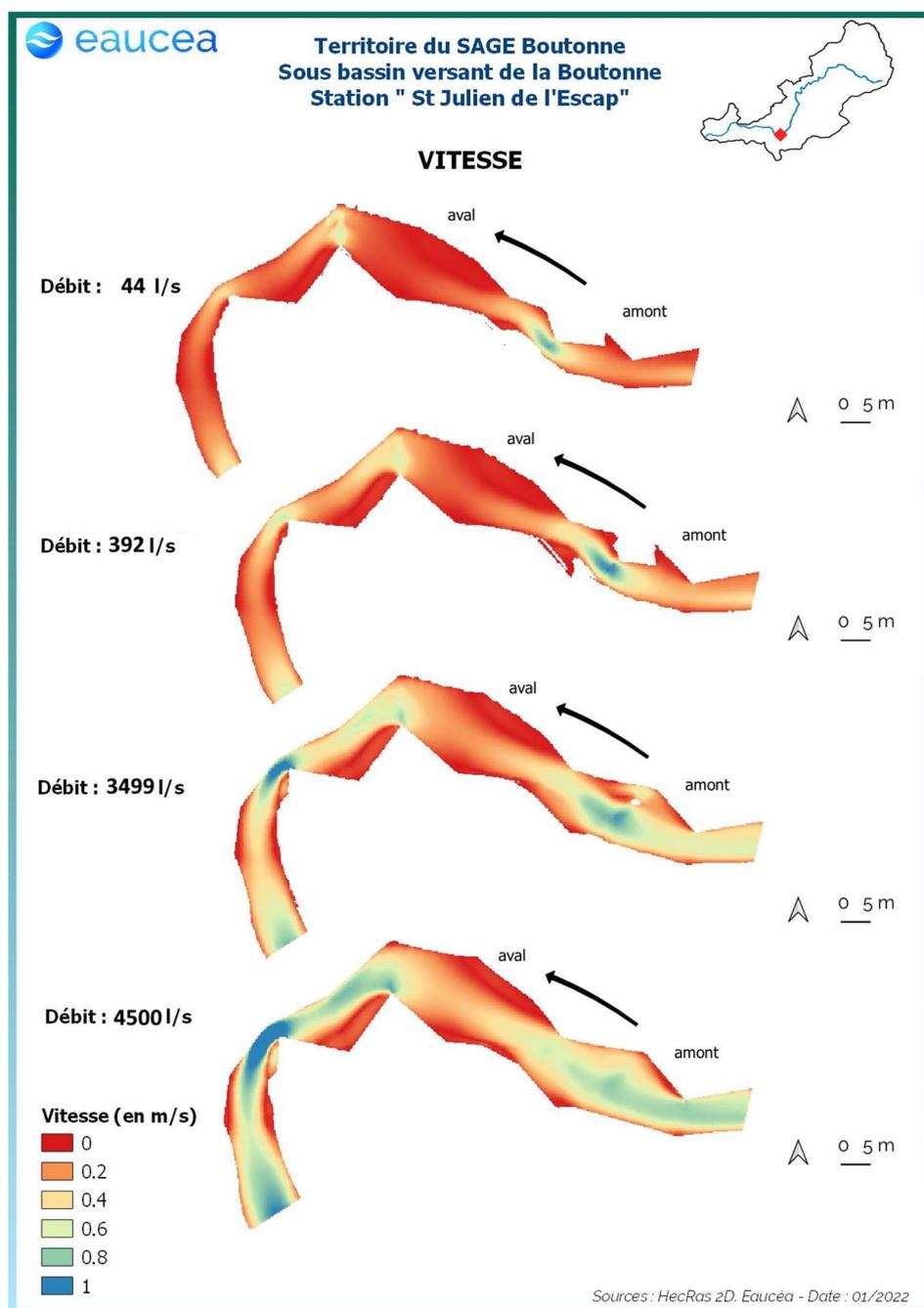


Figure 61: Evolution des vitesses d'écoulements sur la station de Saint Jean d'Angely

La station de Moulin de Châtre, 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 les secteurs de radiers et de constriction.

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. La valeur repère de 25 cm/s est justifiée dans le rapport méthodologique.

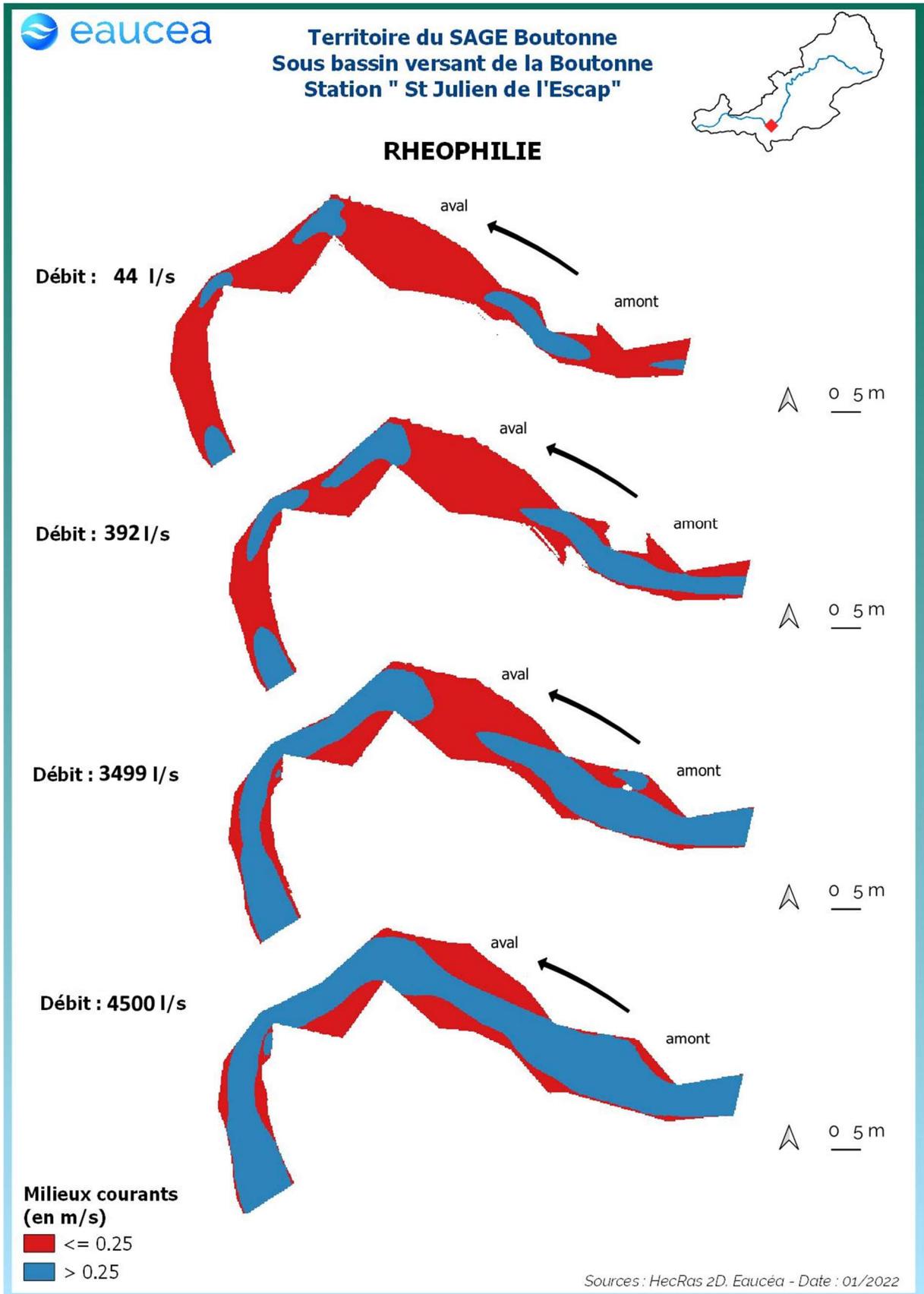
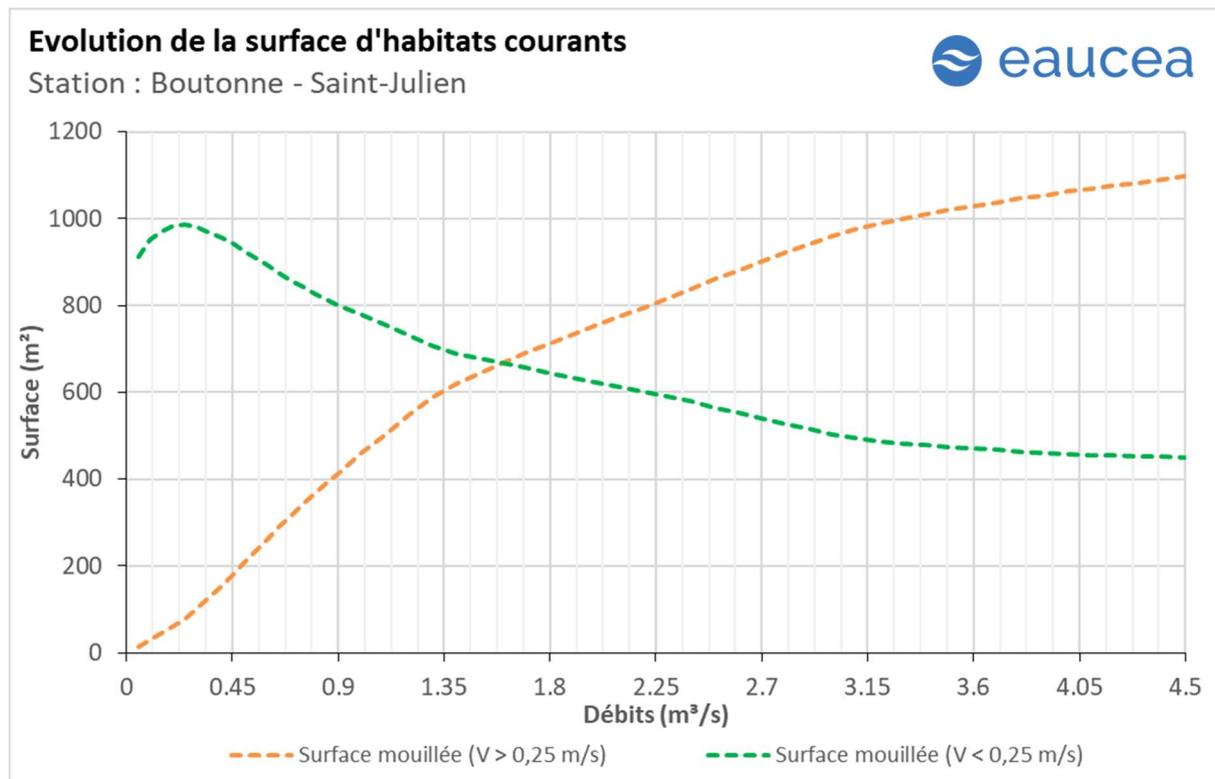


Figure 62: Carte des habitats courants sur la station de Saint Julien de l'Escap

On peut noter ici que la quantité d'habitats rhéophiles sur la station est assez limitée sauf sur les radiers et les constrictions. Cet effet de radier disparaît à mesure que le débit et donc la hauteur d'eau augmente. Aux débits forts, la quantité d'habitat lotique est importante et forme un chenal de vitesse central sur tout le linéaire de la station.



Les courbes ci-dessus traduisent la présence d'une majorité d'habitat lentique sur la station à bas débit, les habitats lotiques évoluant très rapidement. La station présente une belle diversité d'écoulement.

Sur la base de ce critère, nous considérerons qu'un seuil garantissant environ 10% d'habitat rhéophile peut être retenu pour les périodes de transition soit environ 300 l/s et 20 % pour les périodes de hautes eaux, soit environ 550 l/s.

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

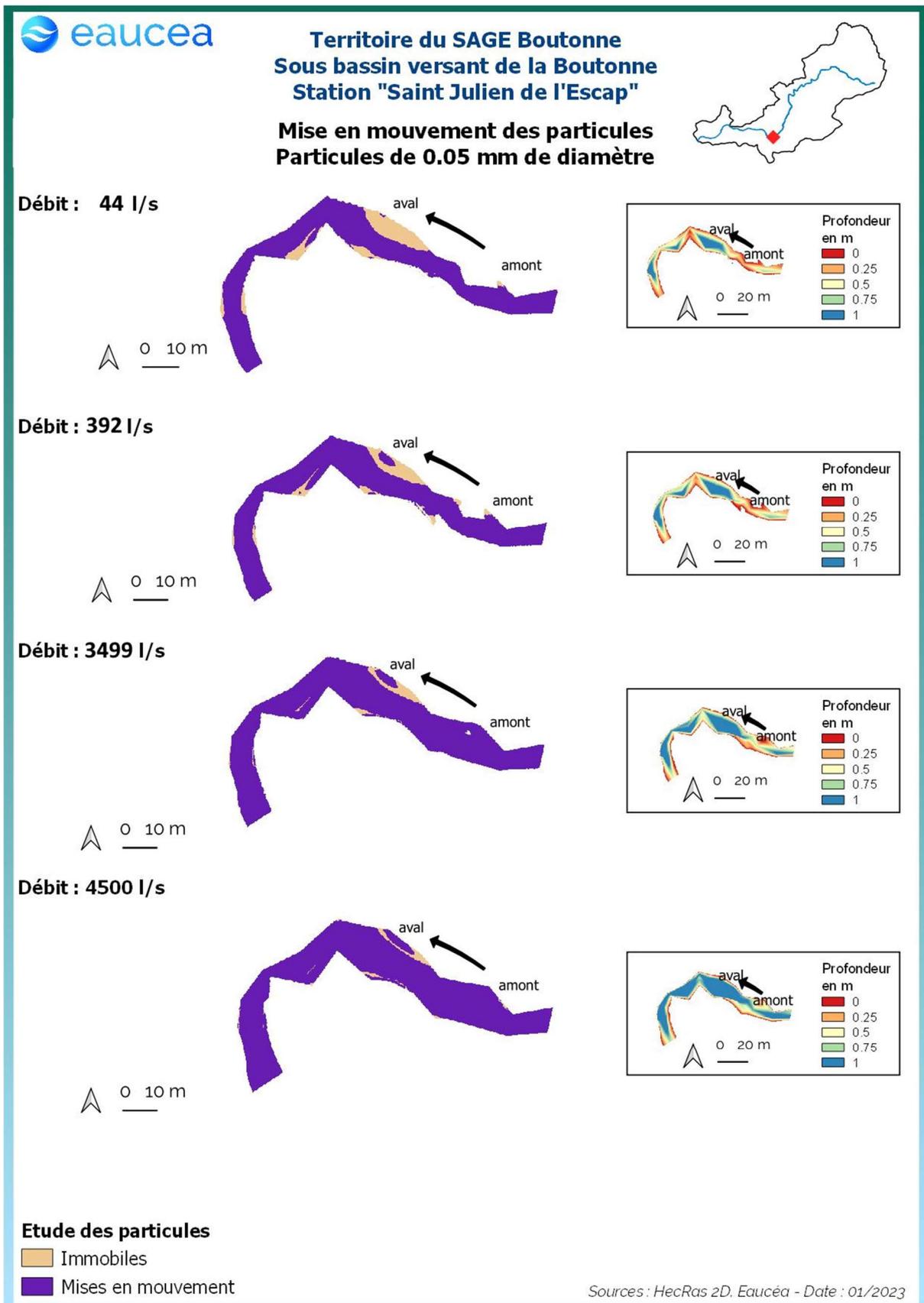
La modélisation hydraulique 2 D permet de calculer en tous points de la station, la valeur du paramètre τ^* ³ qui caractérise les conditions de début d'entraînement ou de charriage des particules. Nous avons retenu les sables qui sont les principales particules susceptibles de s'accumuler dans les fosses et de les combler. Pour les limons (tourbes et argiles), fréquemment transportés dans les rivières, le cycle de sédimentation érosion est complexe en raison d'un risque de cohésion par tassement et d'une évolution plus complexe en cas d'assec. Néanmoins, nous pouvons considérer que le maintien d'épisodes hydrauliques suffisants en intensité en durée pour évacuer des sables évitera un temps d'accumulation trop long aussi pour les limons.

³ Paramètre de Shields (cf annexe)

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.

A Saint Julien de l'Escap, la mise en mouvement des particules fines se fait dès que le débit dépasse 50 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.



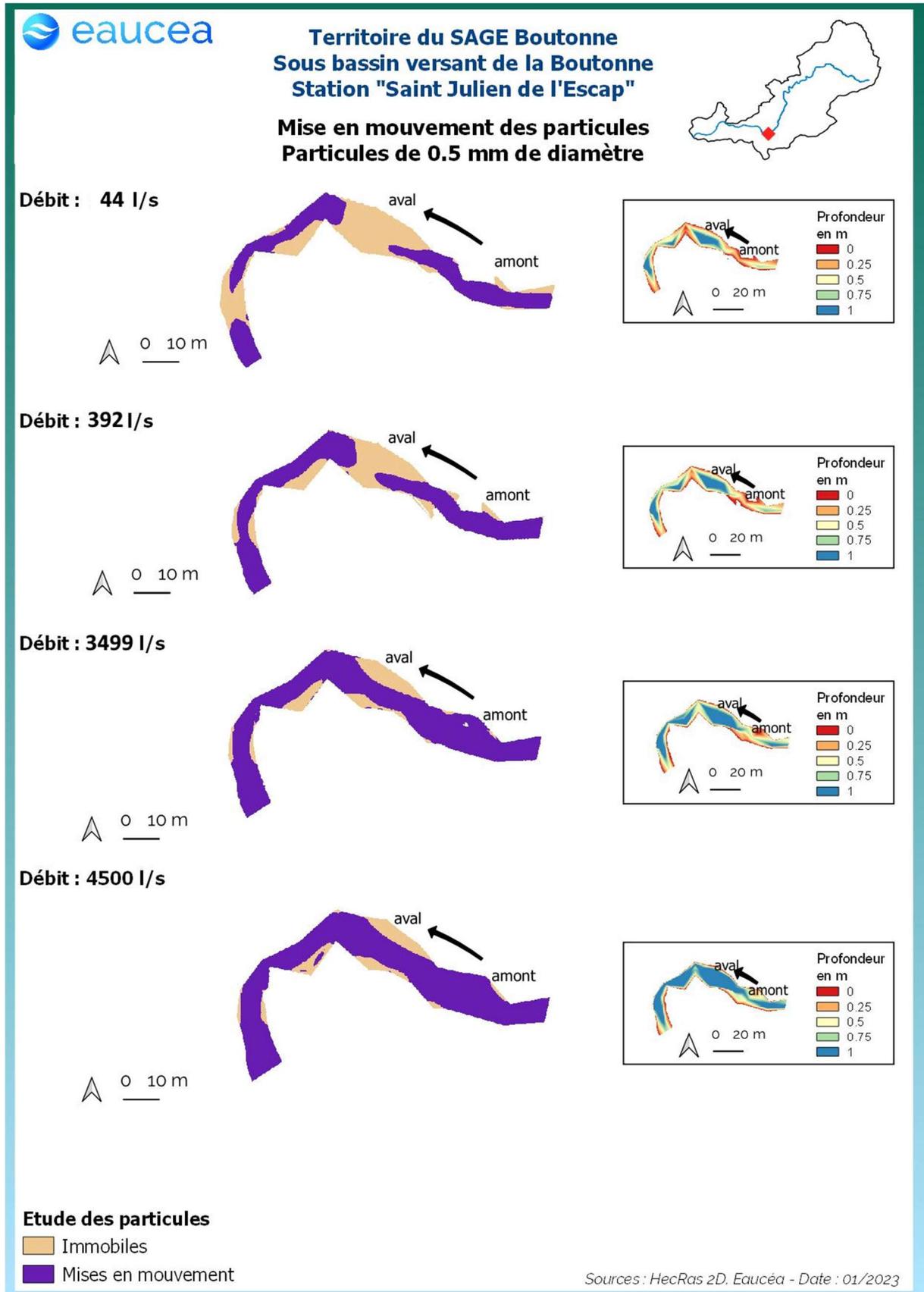


Figure 63 : Mise en mouvement des particules sur la station de Saint Julien de l'Escap

6.4 Connectivité longitudinale (toutes saisons)

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 la station est encore bonne pour les petites espèces à un débit d’étiage.

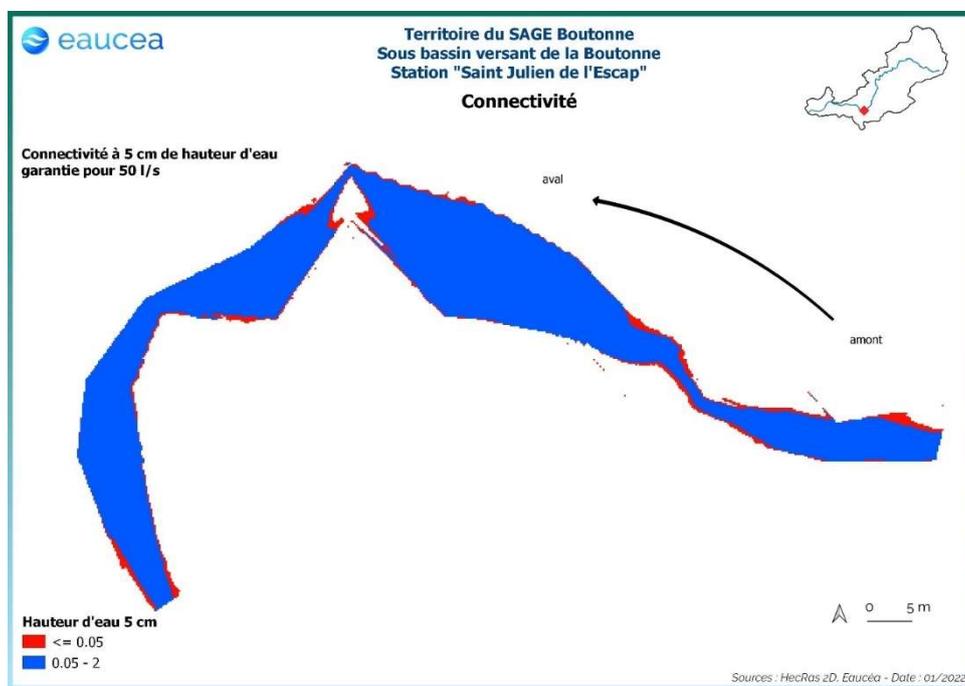


Figure 64: Connectivité de la station de Saint Julien de l’Escap avec un seuil à 5 cm de hauteur d’eau

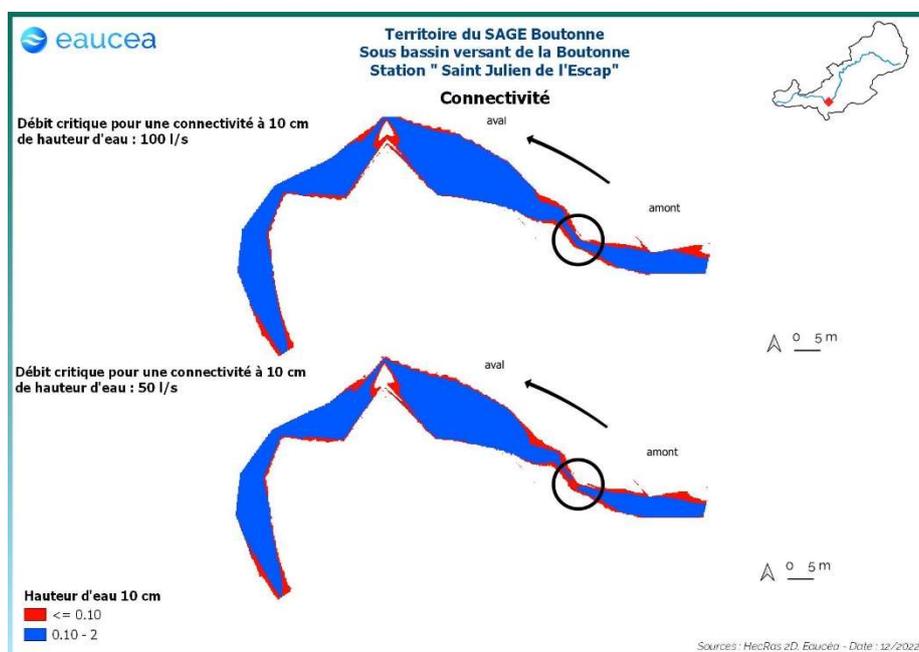


Figure 65: Connectivité de la station de Saint Julien de l’Escap pour un seuil de 10 cm de hauteur d’eau

La connectivité de la station sur la Boutonne est encore assurée pour les grandes espèces à un débit de 100 l/s. Elle ne l’est plus à 50 l/s.

6.5 Valeurs d'habitats et surfaces pondérées utiles

6.5.1 Courbes d'évolutions avec le débit jusqu'au débordement

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.

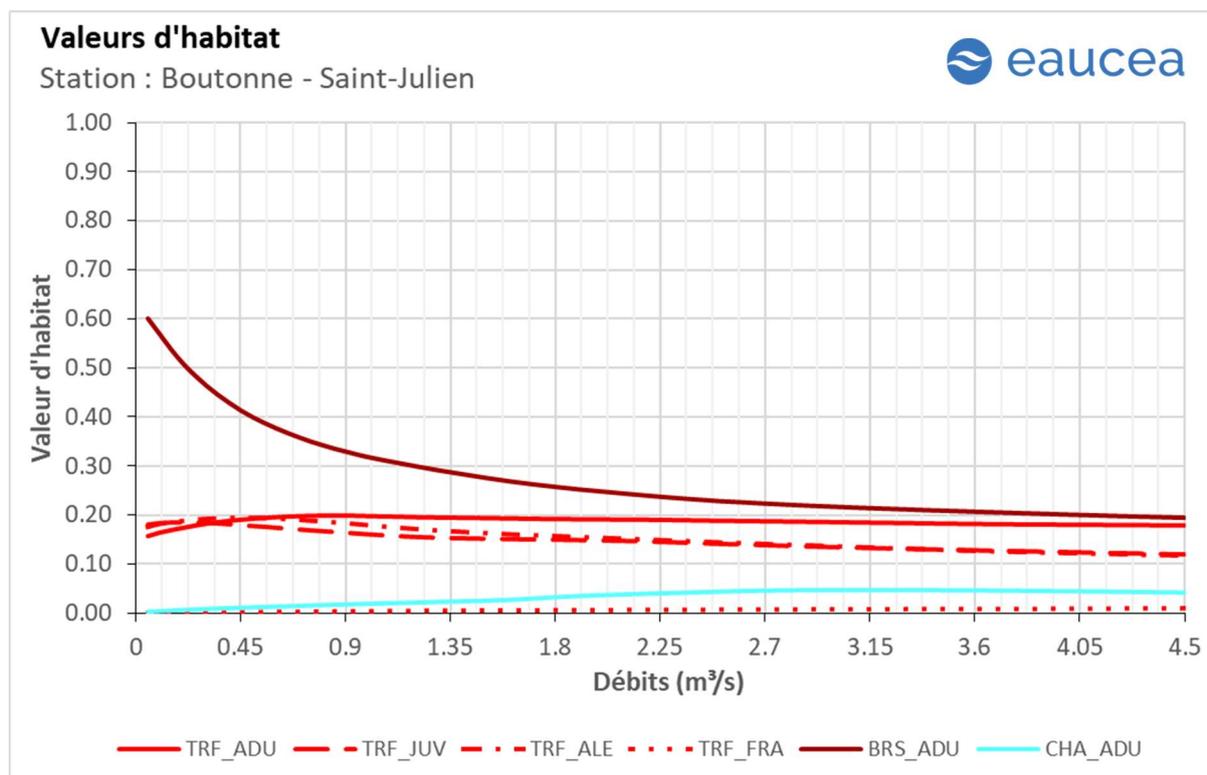


Figure 66: Valeur d'habitat sur la station de Saint Julien de l'Escap pour la truite fario, le brochet et le chabot

Les valeurs d'habitats pour la truite adulte sont stables ne variant que de 0.15 à bas débit à 0.2 environ au débordement, ce qui traduit un biotope moyennement favorable à cette espèce mais stable dans le temps. Pour les autres stades, les valeurs suivent les mêmes tendances avec des maxima de 0.2 pour le juvénile et l'alevin, avec cependant une chute de la valeur d'habitat à des débits importants avec une influence de l'augmentation de la vitesse et des capacités natatoire limitées pour les juvéniles et les alevins. Les frayères présentent une valeur d'habitat nulle.

Pour le brochet, la valeur d'habitat est maximale à bas débit avec presque 0.6. Elle chute ensuite rapidement à mesure que le débit augmente et atteint 0.2 environ au débit de débordement.

Pour le chabot, la valeur d'habitat est quasi nulle à bas débit mais augmente avec les débits aux environs de 0.05.

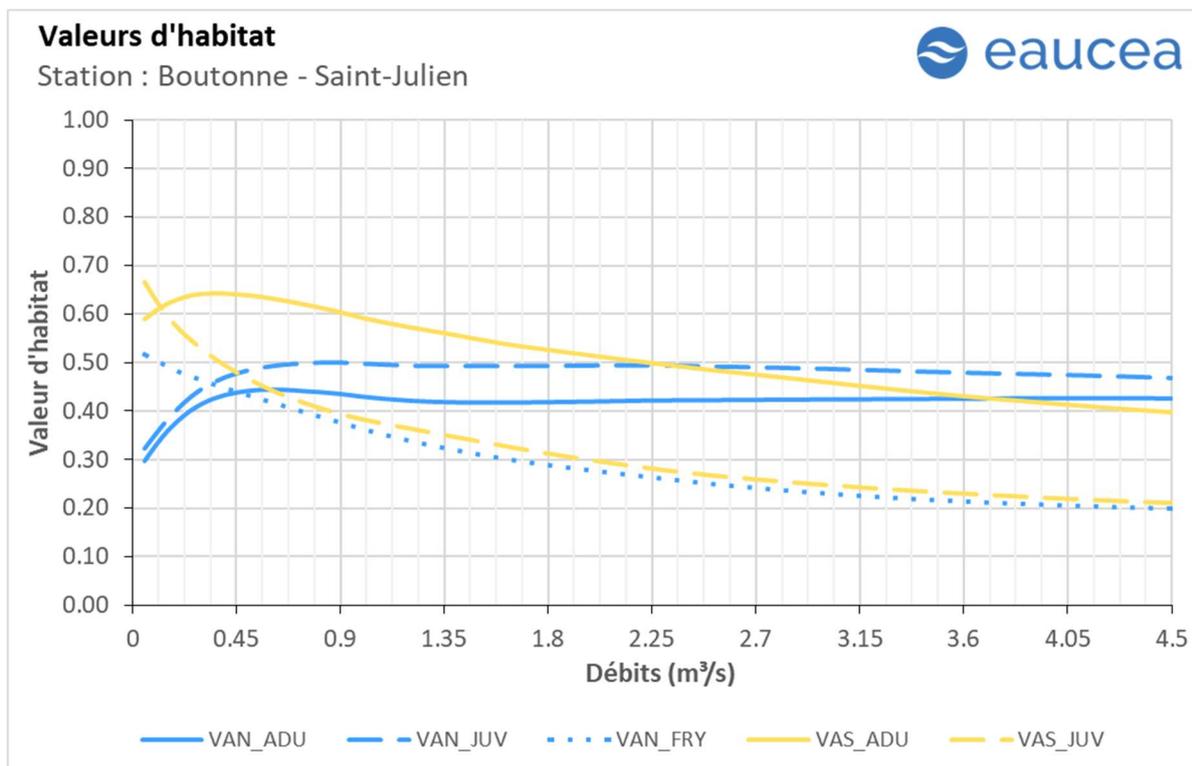


Figure 67 : Valeur d'habitat sur la station de Saint Julien de l'Escap pour la vandoise et le vairon

Concernant la vandoise, la valeur d'habitat de l'adulte augmente d'abord avec le débit pour atteindre un maximum aux environs de 450 l/s puis se stabilise à 0.4 aux débits plus importants. Pour le juvénile, la valeur d'habitat augmente avec le débit jusqu'à à 0.5. Pour l'alevin, la valeur est forte à bas débit avant un maximum à presque 0.5 avant de chuter à 0.2.

Le vairon adulte a une valeur d'habitat maximale de 0.65 à bas débit qui baisse ensuite, se stabilisant à 0.4. Le juvénile voit sa valeur d'habitat chuté à mesure que le débit augmente jusqu'aux environs de 0.2.

Les surfaces pondérées utiles suivent globalement la même évolution que la valeur d'habitat mais avec le bénéfice de l'augmentation de la surface mouillée. La station est très favorable aux vairons, vandoises et dans une moindre mesure à la truite et assez inhospitalière pour le chabot. L'optimum est aux environs de 1200 L/s.

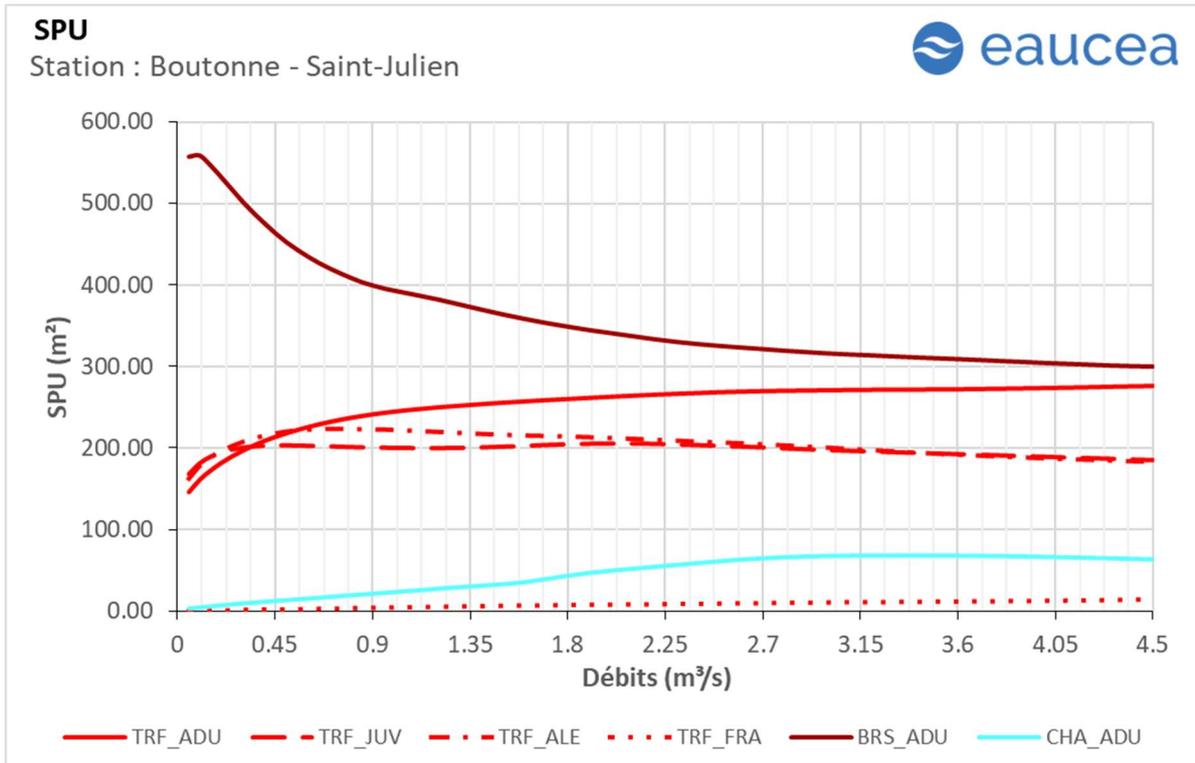


Figure 68 : Surfaces pondérées utiles sur la station de SaintJulien de l’Escap pour la truite, le brochet et le chabot.

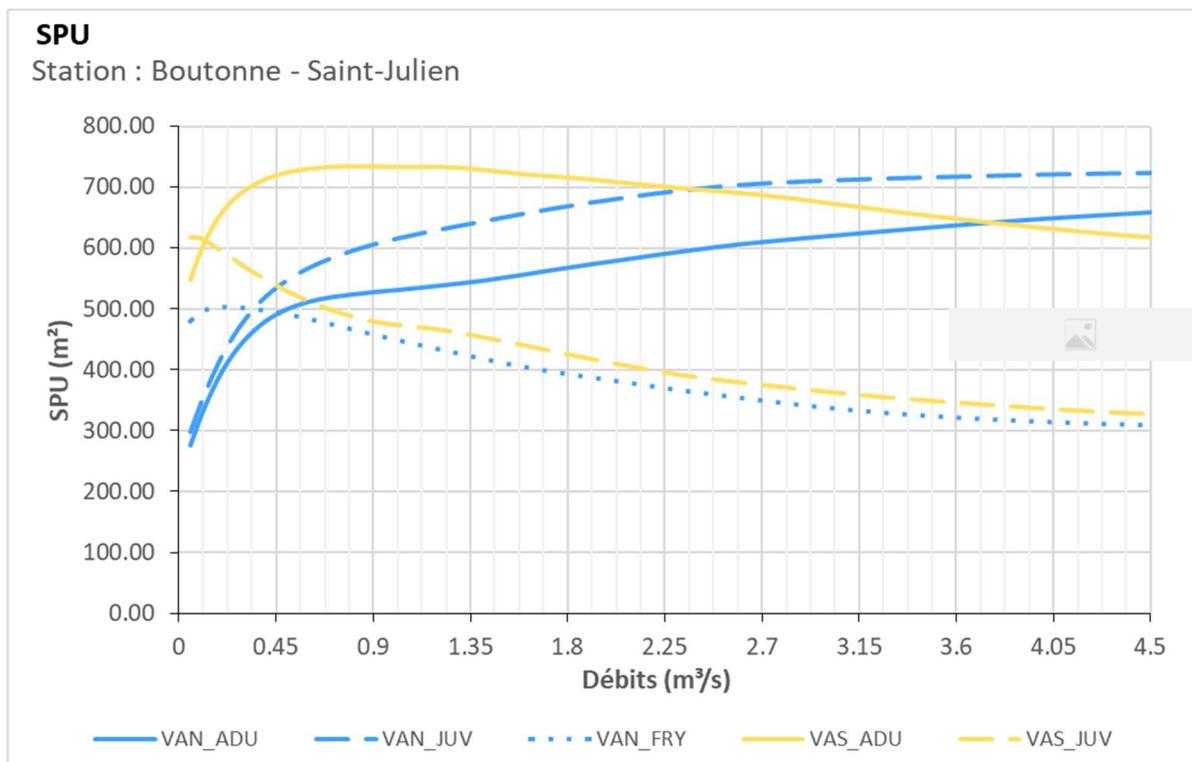


Figure 69 : Surfaces pondérées utiles sur la station de Saint Julien de l’Escap pour la vandoise et le vairon

6.5.2 Saisonnalités

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

Boutonne à Saint Julien de l'Escap	Décenal sec	Quinquennal sec	Moyen	Médian	Quinquennal humide	Décenal humide
Janv.	7.374	9.532	19.851	15.850	26.340	38.390
Févr.	6.454	8.438	26.562	17.800	50.300	63.580
Mars	5.598	6.292	15.584	9.725	18.440	41.210
Avr.	3.016	3.872	5.666	4.955	7.462	8.815
Mai	1.849	2.322	4.538	3.850	5.416	8.978
Juin	1.134	1.270	2.653	2.510	3.916	4.312
Juil.	0.379	0.491	1.261	1.010	2.000	2.535
Août	0.310	0.430	0.620	0.614	0.775	0.962
Sept.	0.219	0.266	0.529	0.491	0.781	0.896
Oct.	0.483	0.550	3.630	0.983	4.986	12.180
Nov.	1.001	1.140	15.799	4.670	37.800	58.000
Déc.	3.260	4.450	30.589	24.600	57.700	66.000

La période des hautes-eaux favorise des échanges faunistiques entre les différents bassins. Les poissons de plus grande taille peuvent explorer ces milieux pour s'y alimenter ou s'y reproduire. La première des conditions est donc celle de la connectivité qui doit être garantie pour permettre cette colonisation plus ou moins temporaire.

Le débit de 100 l/s est donc la première valeur constitutive d'un débit biologique toutes eaux.

L'évolution de l'habitat peut être approchée par un graphe annuel pour des quantiles sec, médian et humide des débits mensuels.

Pour la truite adulte, en basses eaux, l'habitabilité de la station est d'environ 404 m² et correspondant à un débit de 266 l/s. La période de transition printanière voit la SPU de la truite adulte passer de 918 m² environ (soit un débit de 1270 l/s) en juin d'une année sèche à 562 m² en juillet (pour 0.491 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 807 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 992 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

Pour la truite juvénile, l'habitabilité de la station est de 607 m² et correspondant à un débit de 266 l/s. La période de transition printanière voit la SPU de la truite juvénile passer de 617 m² environ (soit un débit de 1270 l/s) en juin d'une année sèche à 684 m² en juillet (pour 491 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 407 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 353 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

Pour la truite alevin, l'habitabilité de la station est à son minimum soit environ 648 m² et correspondant à un débit de 266 l/s. La période de transition printanière voit la SPU de la truite alevin passer de 421 m² environ (soit un débit de 1270 l/s) en juin d'une année sèche à 692 m² en juillet (pour 491 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 352 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 220 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

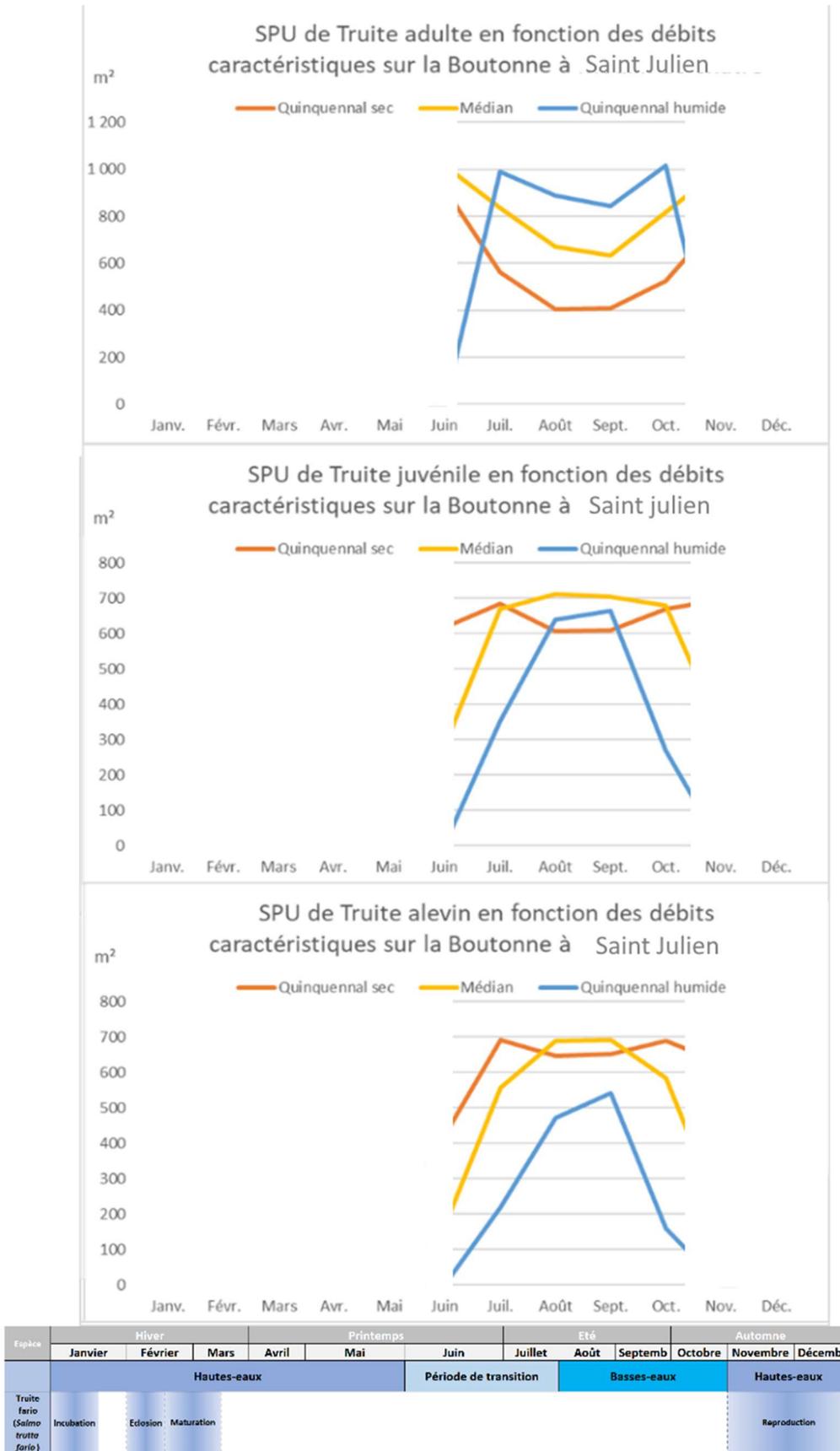


Figure 70 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile de la truite, calendrier biologique et hydrologique

Pour le brochet adulte, l'habitabilité de la station est de 634 m² et correspondant à un débit de 266 l/s.

La période de transition printanière voit la SPU du brochet passer de 1006 m² environ (soit un débit de 1270 l/s) en juin d'une année sèche à 738 m² en juillet (pour 491 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 1123 m² pour un débit de 2.258 m³/s au mois de juillet. Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 951 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 1123 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

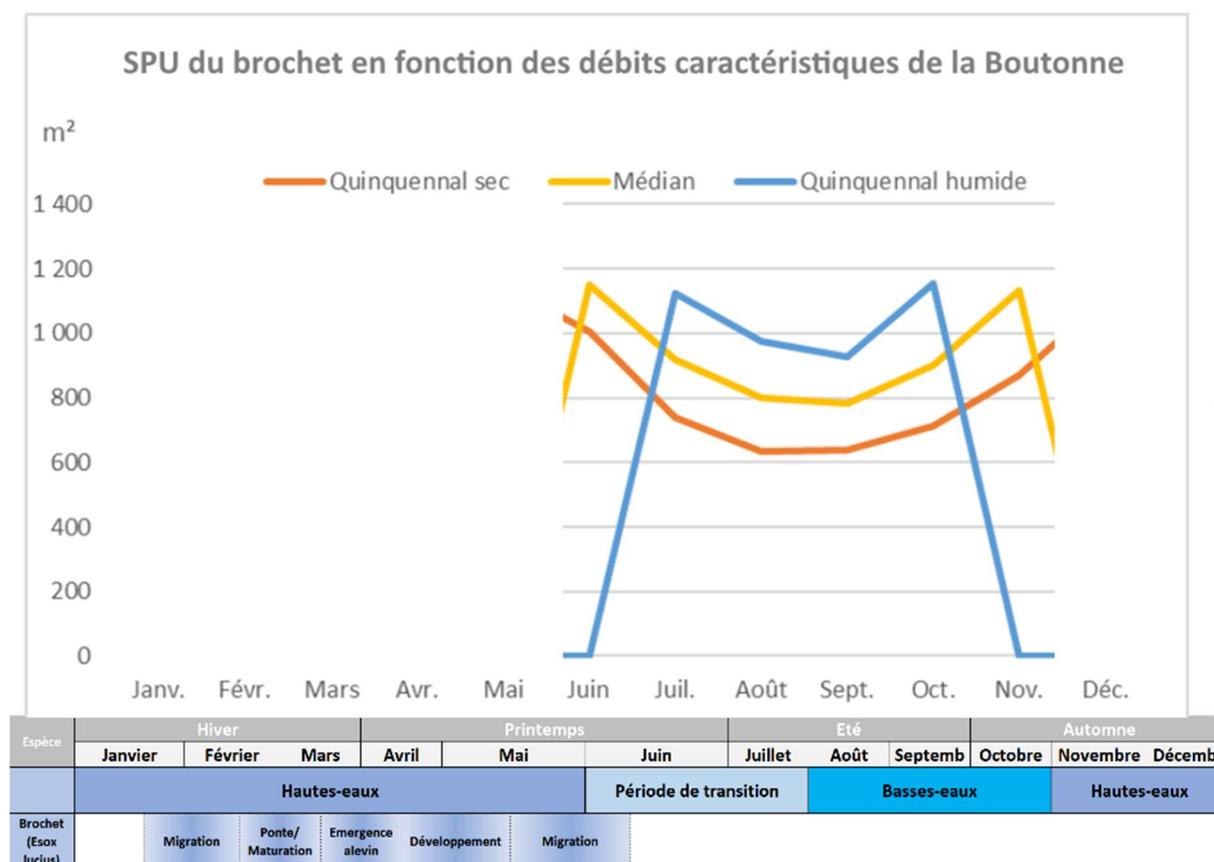


Figure 71 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du brochet, calendrier biologique et hydrologique

Pour le chabot adulte, l'habitabilité de la station est à son quasi maximum soit environ 82 m² et correspondant à un débit de 266 l/s.

La période de printanière voit la SPU du chabot adulte passer de 29 m² environ pour un débit de 1270 l/s en juin d'une année sèche à 84 m² en juillet de cette même année pour 491 l/s. Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 12 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 18 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

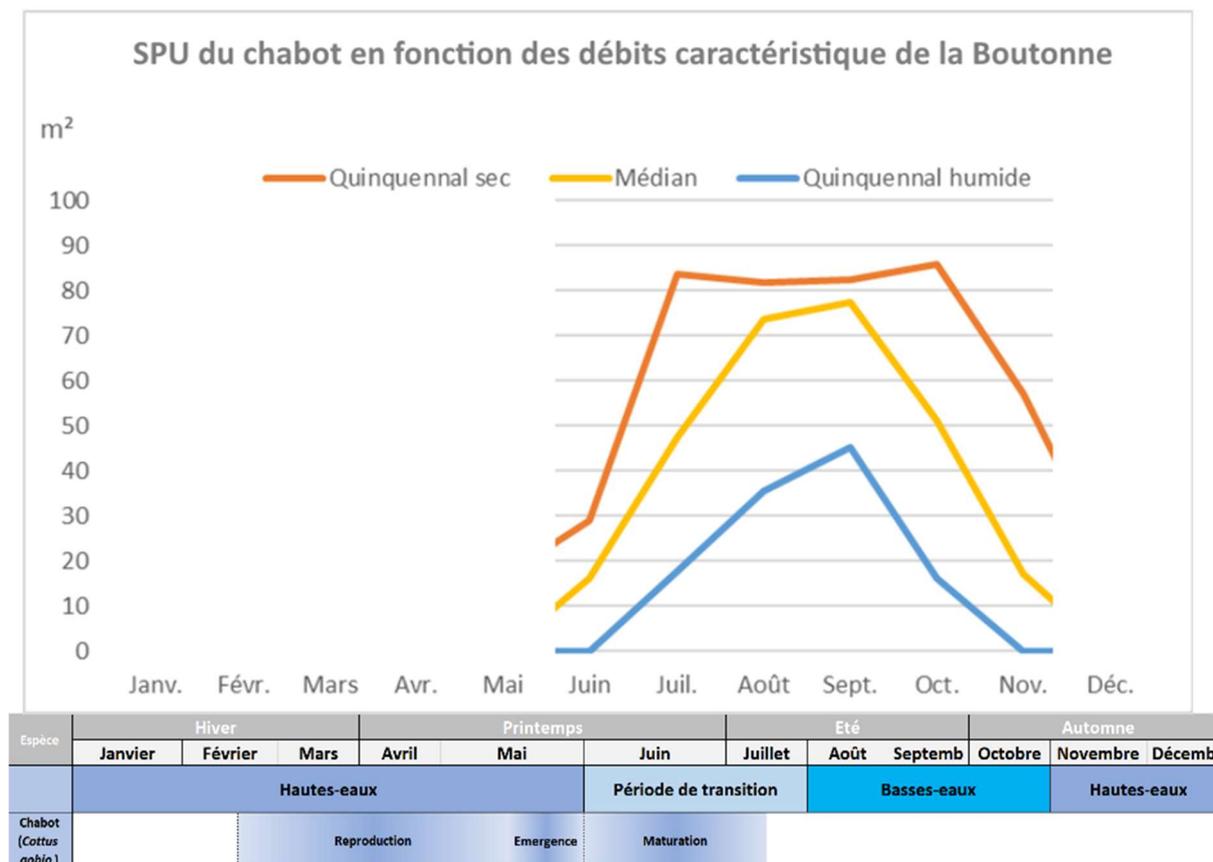


Figure 72 : Evolution temporelle des surfaces pondérées utile du chabot, calendrier biologique et hydrologique

Pour le vairon adulte, l’habitabilité de la station est à son minimum soit environ 1063 m² et correspondant à un débit de 266l/s. Les juvéniles de l’espèce bénéficie eux d’un minimum de 954 m² de surface pondérée utile.

La période de transition printanière voit la SPU du vairon adulte passer de 891 m² environ (soit un débit de 1270 l/s) en juin d’une année sèche à 1109 m² en juillet (pour 491 l/s). Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 752 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 874 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

Pour le juvénile, la variation est de 706 m² à 922 m² en année sèche contre 703 m² en juillet d’une année humide. Dans le cas d’une année humide, la SPU est de 594 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 703 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

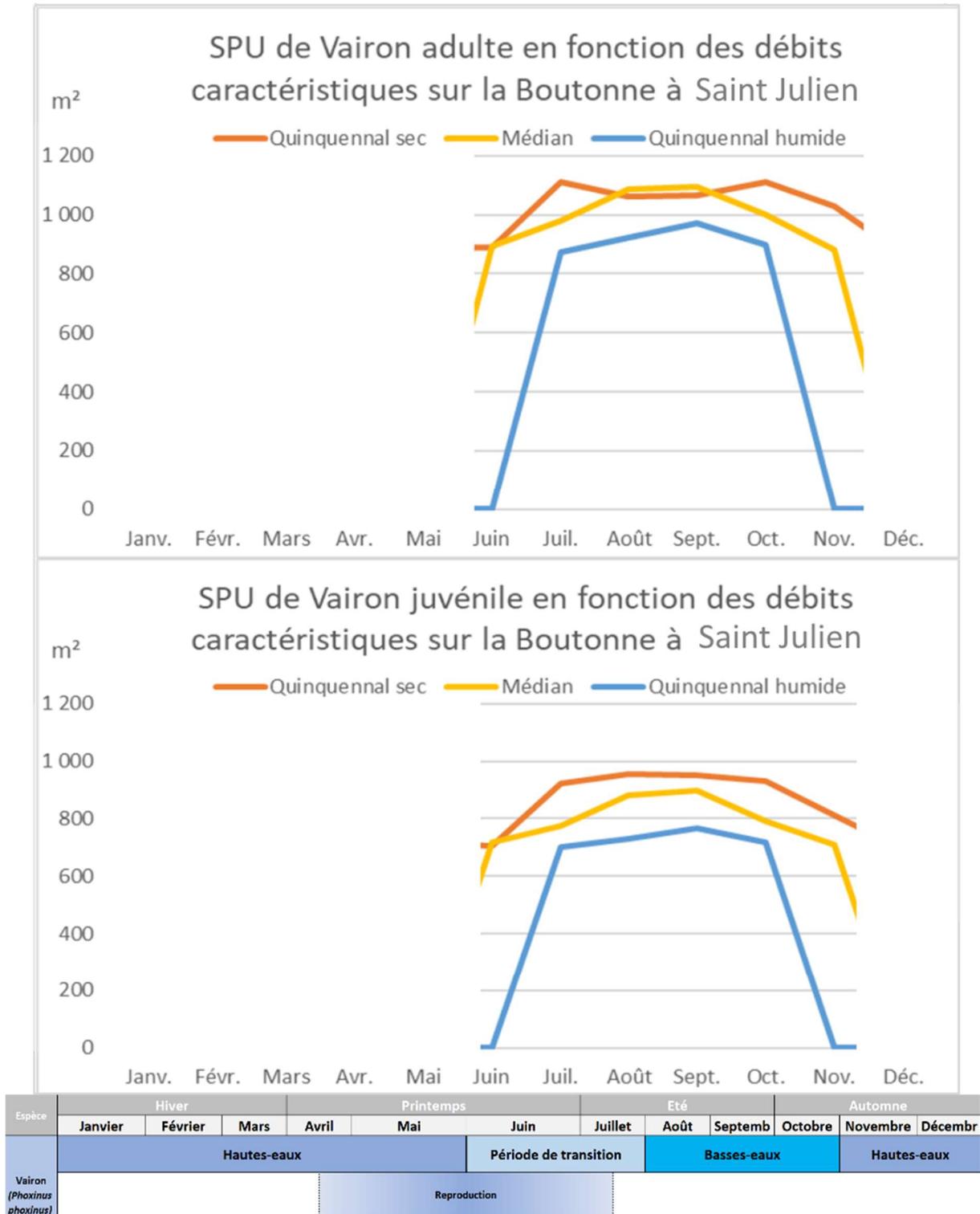


Figure 73: Evolution des surfaces pondérées utiles du vairon suivant le cycle annuel et calendrier biologique

Pour la vandoise adulte en période de basses-eaux, l'habitabilité de la station de 533 m² et correspondant à un débit de 266 l/s. Les juvéniles de l'espèce bénéficient eux d'un minimum de 618 m² de surface pondérée utile et les alevins disposent de 738 m².

La période de transition printanière voit la SPU de la vandoise adulte passer de 1201 m² environ (soit un débit de 1270 l/s) en juin d'une année sèche à 732 m² en juillet (pour 491 l/s). Dans le cas d'une année humide, la SPU est de 1627 m² pour un débit de 3670 l/s au mois de juin et de 1427 m² pour un débit de 2000 l/s en juillet.

Pour le juvénile, la variation est de 1421 m² à 880 m² en année sèche contre 1712 m² en juin et 1584 m² en juillet d'une année humide. Pour les alevins, ce sont 663 m² et 775 m² en année sèche et 512 m² et 645 m² en année humide.

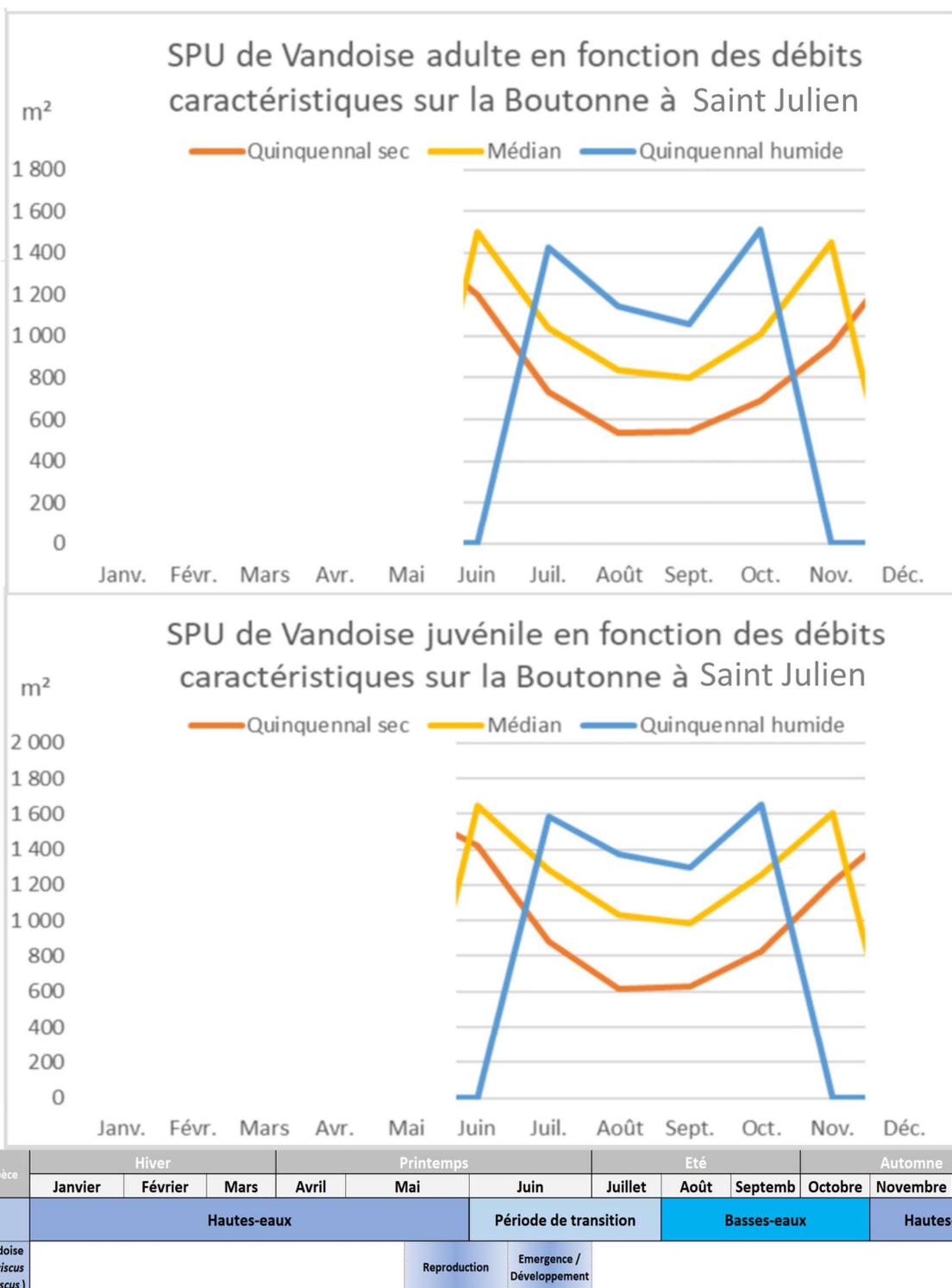


Figure 74: Evolution des surfaces pondérées utiles de la vandoise suivant le cycle annuel et calendrier biologique

6.5.3 Synthèse

Les valeurs proposées pour l’analyse de la sensibilité des conditions d’habitats aux débits sont donc les suivantes :

- pour la période estivale, la valeur de déconnection longitudinale pour les grandes espèces est inférieure au débit naturel d’étiage (QMNA5). Celle-ci soit 508 l/s sera retenue comme valeur de référence, bornée par le débit le plus bas (50 l/s) et le débit classé 75 % (793 l/s) ;
- pour la période de transition, une valeur intermédiaire entre les débits classés 50 % et 75 % comme valeur de référence, bornée par ces mêmes débits (793 l/s et 3240 l/s) ;
- pour la période de hautes-eaux, la valeur de référence est l’optimum de débit biologique (1200 l/s) comparée à une gamme de débit allant jusqu’au débit de débordement.

6.6 Conclusion concernant les débits biologiques de la station de Saint Julien de l’Escap

Analyse piscicole					Saint-Julien														Qref									
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75									
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-33%	-26%	-21%	-17%	-13%	-10%	-7%	-4%	-2%	218	2%	4%	5%	6%	8%									
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	-17%	-10%	-7%	-4%	-2%	-1%	-1%	0%	0%	202	0%	0%	0%	-1%	-1%									
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	23%	24%	21%	18%	14%	11%	8%	5%	2%	453	-2%	-4%	-6%	-7%	-8%									
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-82%	-72%	-61%	-51%	-41%	-33%	-24%	-16%	-8%	13	8%	15%	23%	31%	40%									
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-45%	-35%	-27%	-20%	-15%	-10%	-7%	-4%	-2%	500	1%	2%	3%	4%	4%									
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-46%	-37%	-28%	-22%	-17%	-12%	-8%	-5%	-2%	548	2%	4%	5%	6%	8%									
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	-24%	-18%	-13%	-9%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	723	0%	1%	1%	1%	1%									
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	17%	16%	14%	12%	10%	8%	6%	4%	2%	528	-2%	-3%	-5%	-6%	-7%									
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			-93%	-86%	-78%	-71%	-62%	-51%	-39%	-26%	-13%	234	13%	26%	40%	54%	66%									
Principal	Surface mouillée				-18%	-13%	-10%	-8%	-6%	-5%	-3%	-2%	-1%	1144	1%	2%	3%	4%	5%									
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			non	oui	oui	oui	oui	oui																		
			Petits poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui																	
Synthèse indicateurs principaux																												
Habitat	SPU																											
Habitat	Habitats rapides																											
Habitat	Surface mouillée																											
Habitat	Connectivité Longitudinale																											
Résultat																												

Figure 75 : Matrice période de basses-eaux

La variation des SPU autour du QMNA5 est faible. Elle est plus sensible à la baisse qu’à la hausse. Si nous considérons les chabots, une variation à +/- 20% de la SPU de référence est observée entre la valeur de 400 l/s comme borne basse et 600 L/s en borne haute en période de basses-eaux.

Analyse piscicole				Saint-Julien		Qref											
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade	0,8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2
Principal	Habitat	TRF_ADU	Truite fario	Adulte	-5%	-2%	250	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	8%	8%	9%
Principal	Habitat	TRF_JUV	Truite fario	Juvenile	1%	0%	199	0%	1%	2%	3%	3%	2%	1%	0%	-1%	-2%
Principal	Habitat	BRS_ADU	Brochets	Adulte	7%	3%	382	-3%	-6%	-9%	-11%	-13%	-14%	-15%	-16%	-17%	-18%
Principal	Habitat	CHA_ADU	Chabot	Adulte	-30%	-15%	27	14%	30%	60%	84%	102%	119%	135%	146%	151%	154%
Principal	Habitat	VAN_ADU	Vandoise	Adulte	-3%	-1%	539	1%	3%	6%	7%	9%	11%	13%	14%	15%	16%
Principal	Habitat	VAN_JUV	Vandoise	Juvenile	-5%	-2%	630	2%	4%	6%	8%	9%	11%	12%	12%	13%	13%
Principal	Habitat	VAS_ADU	Vairon	Adulte	0%	0%	733	-1%	-2%	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%
Principal	Habitat	VAS_JUV	Vairon	Juvenile	5%	2%	466	-3%	-6%	-9%	-12%	-14%	-17%	-19%	-20%	-22%	-23%
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			-33%	-16%	390	13%	22%	31%	38%	46%	53%	61%	69%	75%	81%
Principal	Surface mouillée				-7%	-3%	1204	2%	4%	6%	8%	9%	11%	12%	13%	14%	15%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			oui	oui	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 76 : Matrice des périodes de transition

En période de transition, tous les indicateurs sont stables et remplissent les conditions de vie des espèces avec cependant une forte sensibilité de l'habitat pour le chabot.

Nous proposons donc de retenir un débit plancher entre 1000 l/s et 1400 l/s.

Analyse piscicole				Saint-Julien		Qref						
Niveau	Critère	Code	Espec	Stade	1.2	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
Principal	Vitesses	Milieu rapide > 25 cm/s			390	18%	38%	58%	75%	87%	94%	101%
Principal	Surface mouillée				1204	3%	8%	12%	14%	17%	19%	21%
Complémentaire	Circulation au niveau des radiers	Gros poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
		Petits poissons			oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Synthèse indicateurs principaux												
Habitat	Habitats rapides											
Habitat	Surface mouillée											
Habitat	Connectivité	Longitudinale										
Résultat												

Figure 77 : Matrice de la période de hautes-eaux.

En période de hautes-eaux, la plupart indicateurs sont stables et remplissent les conditions de vie et de mobilité des espèces.

Nous proposons donc de retenir un débit biologique entre 1200 l/s a minima et de 4500 l/s pour la reproduction du brochet.

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

6.7.1 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			Eté			Automne		
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
en m3/s		Hautes-eaux					Période de transition		Basses-eaux			Hautes-eaux	
Saint Pierre de l'Isle	DMB+	20000					2100		500			20000	
	DMB-	1000					1100		250			1000	
Vervant	DMB+	7500					2000		550			7500	
	DMB-	1500					1250		400			1500	
Saint Julien de l'Escap	DMB+	4500					1400		600			4500	
	DMB-	1200					1000		400			1200	
en L/s/km2		Hautes-eaux					Période de transition		Basses-eaux			Hautes-eaux	
Saint Pierre de l'Isle	DMB+	32.3					3.4		0.8			32.3	
	DMB-	1.6					1.8		0.4			1.6	
Vervant	DMB+	9.5					2.5		0.7			9.5	
	DMB-	1.9					1.6		0.5			1.9	
Saint Julien de l'Escap	DMB+	5.3					1.7		0.7			5.3	
	DMB-	1.4					1.2		0.5			1.4	

Ce tableau montre que les critères de choix sont sensiblement les mêmes :

- La connectivité longitudinale n'apparaît pas comme un facteur déterminant du choix d'un débit minimum biologique en étiage eu égard au débit relativement conséquent de la boutonne même en étiage.
- La reprise des écoulements à l'automne et jusqu'au printemps, constitue une opportunité pour les espèces piscicoles cibles notamment, d'explorer et d'exploiter ces milieux favorables. C'est la période d'accroissement de la biomasse, de la reproduction piscicole et de la diversité des habitats benthiques.
- La capacité d'auto-entretien de la granulométrie n'est pas remise en cause. La Boutonne n'est donc pas vulnérable au colmatage durable par les limons et les sables sur les tronçons expertisés.
- La reproduction du brochet sur des stations parfois très favorables.

6.7.2 Piézométrie associée (à venir)

7 BIBLIOGRAPHIE

Baudoin JM., Burgun V., Chanceau M., Larinier M., Ovidio M., Sremiski W., Steinbach P., Voegtle B. (2014) – Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, Principes et méthodes.

Bruslé, J., & Quignard, J. P. (2001). *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Lavoisier.

Lamouroux N. (2002) - Estimhab : estimating instream habitat quality changes associated with river management. Shareware & User's guide. Cemagref, Lyon.

Lamouroux N., Capra H., Pouilly M., Souchon Y., (1999) – Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology* 42, 673-687. Cemagref, Lyon.

Plichard L. (2018) - Modélisation multi-échelles de la sélection de l'habitat hydraulique des poissons de rivière. *Ecosystèmes*. Université de Lyon. Français. NNT : 2018LYSE1284.

Valette L., Piffady J., Chandesris A. Souchon Y. (2012) – SYRAH-CE : Description des données et modélisation du risque d'altération de l'hydromorphologie des cours d'eau pour l'Etat des lieux DCE.

8 ANNEXES

8.1 Annexe 1 : Tableau des différentes espèces-cibles validées en COPIL par bassin.

Les affluents de la Seudre sont encadrés en rouge.

SAGE	Rivière	Espèces dominantes	Espèces accompagnatrices	Rhéophiles/lithophiles	Continuité latérale	Migrateurs	Espèces cibles proposées
Boutonne	Boutonne amont	VAI GOU LOF ABL	CHA GAR LPP EPT ANG TRF VAR CHE BRS	VAI CHA LPP TRF VAR	BRS	ANG	VAI CHA TRF VAR BRS
	Boutonne médiane	VAI BAF CHE GAR ABL	LOF ANG EPT LPP VAR BRS PER PES ROT BBB CHA TAN TRF	VAI BAF LPP VAR CHA TRF	BRS	ANG	VAI CHA TRF VAR BRS
	Trézence	VAI LOF GOU	EPT GAR CHE ANG VAR PES ROT	VAI VAR		ANG	VAI VAR GOU
	Brédoire	VAI LOF	TRF EPT GOU ANG CHE LPP GAR BRS ABL VAR GOU	VAI TRF LPP VAR	BRS	ANG	VAI VAR TRF BRS
	Nie	VAI EPT LOF	LPP ANG CHE BRS TRF GAR	VAI LPP TRF	BRS	ANG	VAI TRF BRS
Seudre	Seudre moyenne	GAM GAR PES GOU ANG CHE	TAN VAR PER LOF BBB BRS VAI ROT CAS BBG	VAR VAI	BRS	ANG	BRS VAR
	Seudre aval	ANG GAR GOU CHE	BRS CAS PES LOF CCO EPI VAR	VAR	BRS	ANG	BRS VAR
	Chatelard	BRS VAI VAR ?	?	VAI VAR ?	BRS	ANG ?	BRS VAI VAR
	Benigousse	VAI VAR ? BRS ?	?	VAI VAR ?	?	ANG ?	BRS VAI VAR
	Chantegrenouille	BRS VAI VAR ?	?	VAI VAR ?	BRS	ANG ?	BRS VAI VAR
	Pelisson	VAI VAR ?	?	VAI VAR ?	?	ANG ?	VAI VAR
Charente	Aume	VAI LOF TRF CHE	ANG CHA PER GRE PES BBB BRS ABL GOU HOT LPP TAN ROT BAF SIL	VAI TRF CHA HOT LPP BAF	BRS	ANG	VAI TRF CHA
	Seugne amont	GAR CHE BBB ABL VAI	PER PES GOU LOF ANG TAN ROT EPT ABH BRS GAM	VAI	BRS	ANG	VAI GOU BRS
	Seugne aval	ANG GAR GOU CHE VAI	TAN ROT EPT GAM BOU LPP ABL PES BRS PER VAR EPI CHA CAS TRF PCH	VAI LPP VAR CHA TRF PCH	BRS	ANG	VAI CHA VAR BRS
	Trèfle	VAI	GOU LOF ANG PES CHE ABL CHA EPT GAR LPP PER BRS TAN	VAI CHA LPP	BRS	ANG	VAI CHA BRS
	Antenne	VAI LOF ANG GOU	CHE EPT TRF GAR LPP BRS CHA TAN VAR ABL PES	VAI TRF LPP CHA	BRS	ANG	VAI TRF VAR CHA BRS

ABH : Able de Heckel	CHE : Chevaine	PCH : Poisson-chat
ABL : Ablette	EPI : Epinoche	PER : Perche fluviatile
ANG : Anguille européenne	EPT : Epinochette	PES : Perche soleil
BAF : Barbeau fluviatile	GAM : Gambusie	ROT : Rotengle
BBB : Brème	GAR : Gardon	SIL : Silure
BBG : Black bass	GOU : Goujon	TAN : Tanche
BOU : Bouvière	GRE : Grémille	TRF : Truite fario
BRS : Brochets (commun et aquitain)	HOT : Hotu	VAR : Vandoise rostrée
CAS : Carassin	LOF : Loche franche	
CCO : Carpe commune	LPP : Lamproie de Planer	
CHA : Chabot		

8.2 Annexe 2 : Habitat des invertébrés

L'étude de la population d'invertébrés du bassin de la Charente permet de lister les espèces présentes. Un certain nombre d'entre elles disposent de courbes de préférences d'habitat. Il convient cependant de soulever différentes limites au rapprochement de débits biologiques « classiques » avec une approche concernant les invertébrés. Ces limites sont :

- les populations d'invertébrés sont très sensibles à d'autres variables environnementales que le débit, donc trop intégratives pour la question des débits biologiques ;
- les populations inventoriés le sont à la fin de l'été et ne comprennent donc que les espèces présente en fin de période de basses-eaux, aucune expertise ne peut être faite concernant les autres périodes hydrologiques ;
- ce sont des espèces peu mobiles en comparaisons avec les poissons, un diagnostic précis par station n'est donc pas envisageable ;
- les modèles ne représentent pas tous le même niveau phylogénétique ;
- les clades (famille, groupe, taxon, ...) disposant de courbes de préférence sont trop peu nombreux.

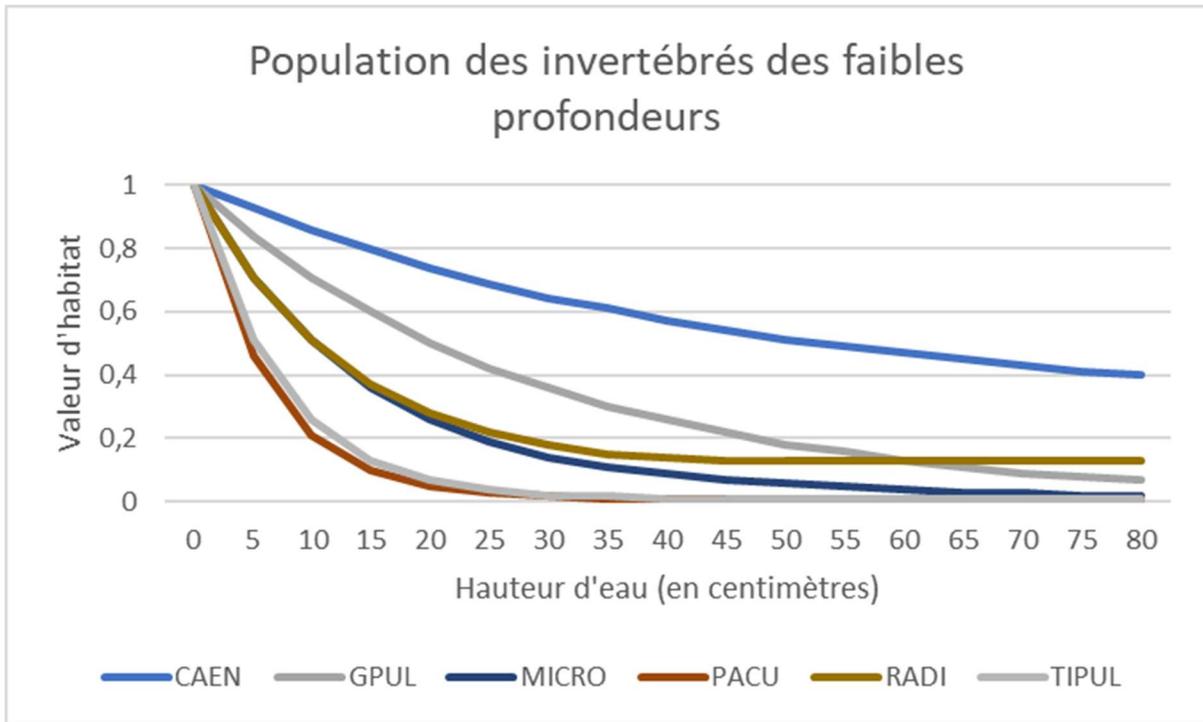
Nous pouvons cependant définir des grandes familles comportementales en lien avec les paramètres « hauteur » et « vitesse ».

Préférence de hauteur d'eau

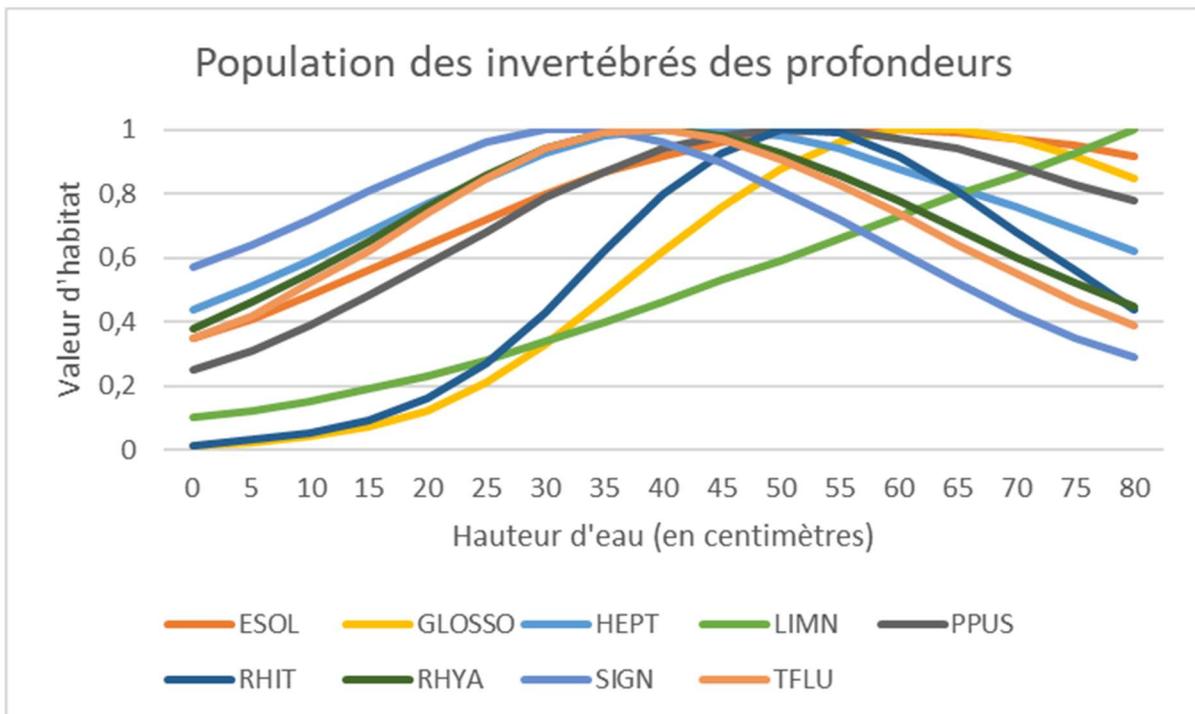
Seuls 15 clades disposent de courbes de préférence concernant les hauteurs d'eau, les voici listés ci-dessous.

Clade	Code
Caenis	CAEN
Esolus	ESOL
Gammarus	GPUL
Glossiphoniidae	GLOSSO
Heptagenia	HEPT
Limnius	LIMN
Micronecta	MICRO
Physella	PACU
Psychomyia	PPUS
Radix	RADI
Rhithrogena	RHIT
Rhyacophila lato-se	RHYA
Serratella	SIGN
Theodoxus	TFLU
Tipulidae	TIPUL

On peut néanmoins distinguer deux sous-groupes suivant leur préférence. Un premier groupe comprend les espèces vivant dans les eaux peu profondes jusqu'à une quinzaine de centimètres de fond correspondant à des faciès de type radier ou courant peu profond.



Un second groupe correspond aux espèces dont l'optimum se situe entre 30 et 60 cm de hauteurs d'eau. Ce sont donc plutôt des espèces de fosses ou de chenaux qui restent toujours en eau. Ce sont d'ailleurs ces espèces qui dominent en diversité et en nombre d'individus sur le secteur.



En résumé, la différenciation des habitats benthiques en lien avec la profondeur peut s'analyser en distinguant deux zones de part et d'autre de la valeur-seuil de 15 centimètres de profondeur.

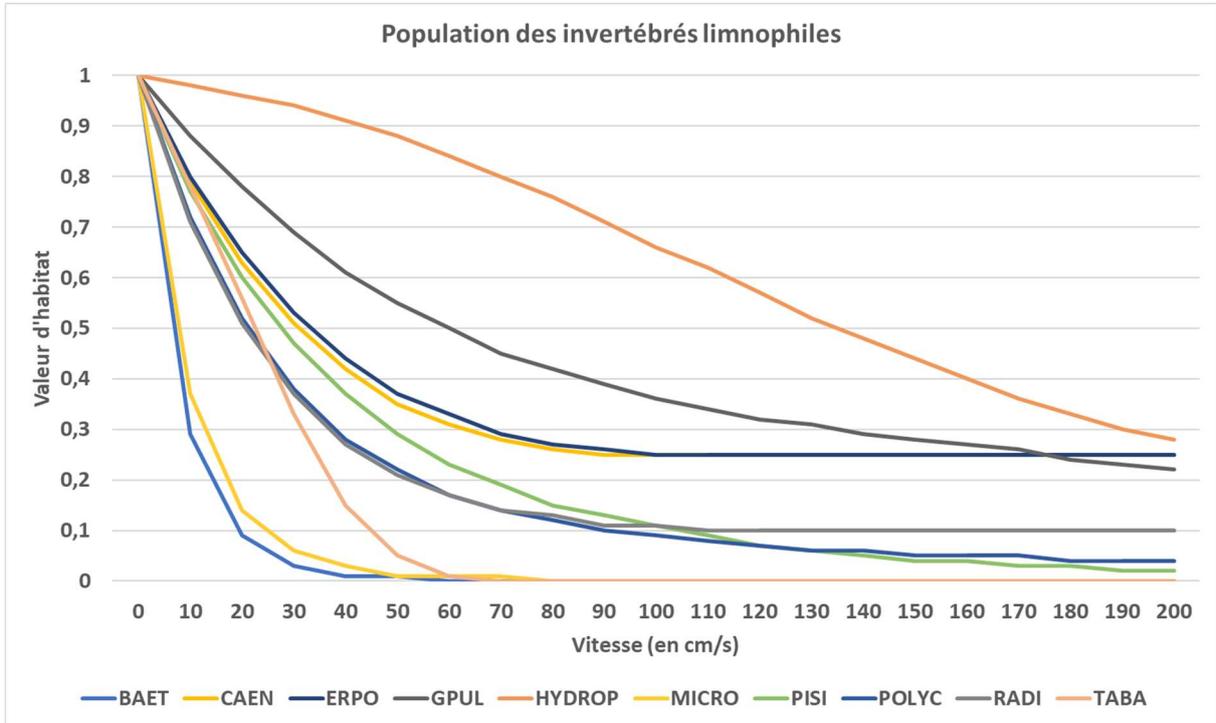
Vitesses d'écoulement

Seuls 27 clades disposent de courbes de préférence concernant les vitesses d'écoulement, les voici listés ci-dessous.

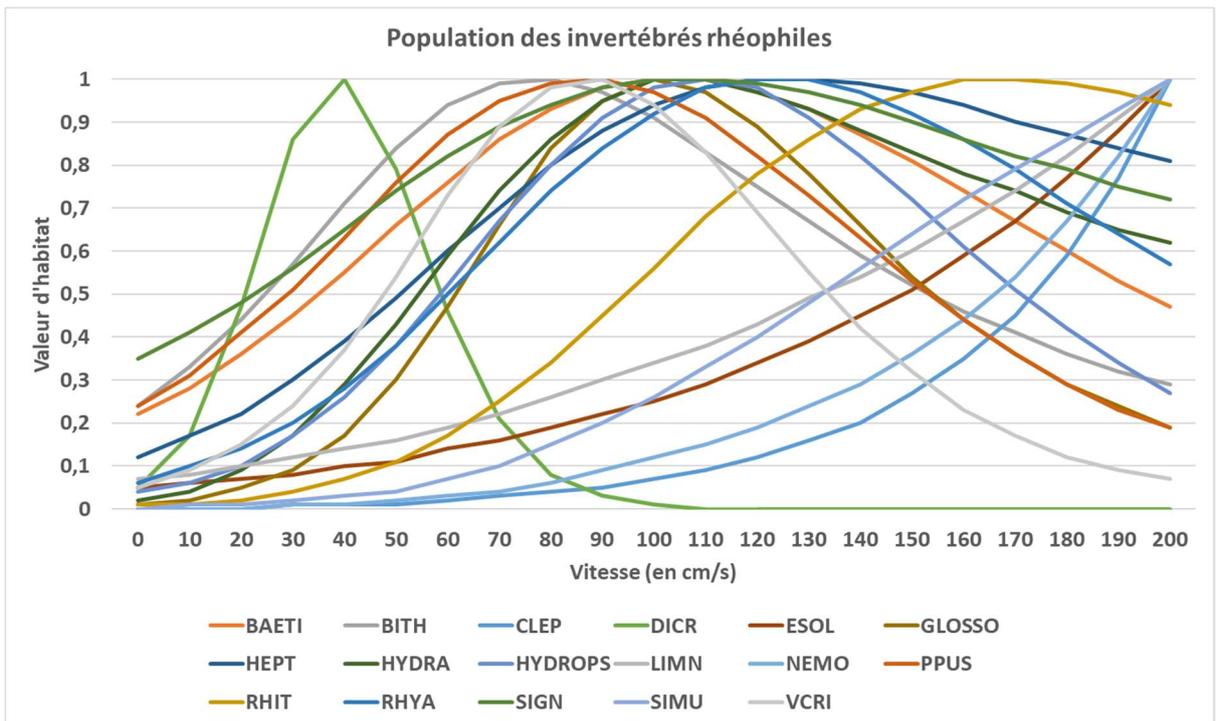
Clade	Code
Baetidae	BAET
Baetis	BAETI
Bithynia	BITH
Caenis	CAEN
Cheumatopsyche	CLEP
Dicranota	DICR
Erpobdellidae	ERPO
Esolus	ESOL
Gammarus	GPUL
Glossiphoniidae	GLOSSO
Heptagenia	HEPT
Hydraena	HYDRA
Hydropsyche	HYDROPS
Hydroptila	HYDROP
Limnius	LIMN
Micronecta	MICRO
Nemoura	NEMO
Pisidium	PISI
Polycentropus	POLYC
Psychomyia	PPUS
Radix	RADI
Rhithrogena	RHIT
Rhyacophila lato-sensu	RHYA
Serratella	SIGN
Simuliidae	SIMU
Tabanidae	TABA
Valvata	VCRI

Comme avec les hauteurs d'eau, on peut aussi distinguer deux sous-populations. La première correspond aux espèces ne tolérant pas les fortes vitesses. Leur optimum se situe en dessous d'une

valeur comprise entre 0 cm/s et une trentaine de cm/s. C'est donc une population des milieux lentiques. Cette valeur conforte le seuil de 25 cm/s retenu pour l'analyse de la rhéophilie (cf. note méthodologique) elle-même issue du protocole d'inventaire de l'Indice Invertébrés Multi-Métriques (I2M2).



Une seconde sous-population, bien plus nombreuse, préférera les vitesses situées entre 70 et 130 cm/s à l'exception de *Dicranota* sp. (optimum à 40 cm/s) et *Rhitrogenas* sp. (optimum à 170 cm/s). Il s'agit d'espèces inféodées aux milieux lotiques et elles sont majoritaires sur le bassin.



En résumé, la différenciation des habitats benthiques en lien avec la vitesse peut s'analyser en distinguant deux zones de part et d'autre de la valeur-seuil de 25 cm/s. C'est le critère le plus discriminant en étiage.