

DESTINATAIRES :

EDF - UPSO

**8, rue Claude-Marie PERROUD
31096 TOULOUSE CEDEX 1**



**AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

*Opération réalisée avec le
concours financier de l'Agence
de l'Eau Adour Garonne*

ETUDE D'AIDE A LA DETERMINATION DES DEBITS MINIMUM BIOLOGIQUES

GROUPEMENT D'USINE DU POUGET AMENAGEMENT D'ALRANCE



Source photographique – ECCEL Environnement

Contact

ECCEL Environnement

8, Avenue de Lavour

31590 VERFEIL

Hervé LIEBIG

Tél. 05.61.92.31.59

Fax : 05.17.47.51.62

contact@eccel-environnement.fr

EAUCEA

72 rue Pierre Paul Riquet, bât A

31000 TOULOUSE

Bruno COUPRY

Tél. 05.61.62.50.68

Fax : 05.61.62.65.68

eaucea@eaucea.fr

Table des matières

| | | |
|-----------|--|------------|
| 1 | PREAMBULE | 8 |
| 2 | INTRODUCTION | 10 |
| 3 | CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE LA ZONE ETUDIEE | 11 |
| 3.1 | Un contexte majeur de transfert de bassin versant | 12 |
| 3.2 | Régime hydrologique moyen au niveau des prises d’eau | 14 |
| 3.3 | Estimation du module au niveau des sites de mesure de débits biologiques | 18 |
| 3.4 | Estimation du QMNA5 naturel au niveau des sites de mesure des débits biologiques | 19 |
| 4 | LES ENJEUX ECOLOGIQUES | 21 |
| 4.1 | Zonages naturels et espèces patrimoniales | 22 |
| 4.2 | Qualité des milieux et contexte réglementaire | 26 |
| 5 | LE CONTEXTE PHYSIQUE | 34 |
| 5.1 | Taille et Typologie de cours d’eau | 36 |
| 5.2 | Contexte hydromorphologique du secteur | 38 |
| 5.3 | Contexte d’occupation des sols | 40 |
| 6 | SECTORISATION AFFINEE SUR LE SECTEUR RAPPROCHE | 43 |
| 6.1 | Le Viaur | 45 |
| 6.2 | Ruisseau de Bage | 49 |
| 6.3 | Le Vioulou | 52 |
| 6.4 | Ruisseau de la Gourde | 60 |
| 6.5 | Ruisseau du Céor | 63 |
| 7 | METHODOLOGIE D’ANALYSE DES DEBITS BIOLOGIQUES | 65 |
| 7.1 | EVHA | 65 |
| 7.2 | Estimhab | 73 |
| 7.3 | Méthode TeauRRENT | 75 |
| 8 | RESULTATS PAR PRISE D’EAU | 96 |
| 8.1 | Prise d’eau de Pont-de-Salars sur le VIaur | 96 |
| 8.2 | Prise d'eau de Bage | 113 |
| 8.3 | Prise d’eau de Pareloup sur le Vioulou | 119 |
| 8.4 | Prise d'eau de la Gourde | 132 |
| 8.5 | Prise d'eau du Céor | 140 |
| 9 | SYNTHESE DES RESULTATS POUR LE GROUPEMENT D’USINE DU POUGET – AMENAGEMENT D’ALRANCE | 148 |
| 10 | ANNEXES | 151 |
| 10.1 | Annexe 1 - Classification granulométrique | 151 |

| | | |
|------|--|-----|
| 10.2 | Annexe 2 - Clé de détermination des faciès de courant (MALAVOI et SOUCHON, 2002) | 152 |
| 10.3 | Annexe 3 – Classification de faciès « TeauRRENT » | 153 |
| 10.4 | Annexe 4 - Représentation imagée du protocole de mesure du colmatage du substrat selon ARCHAMBAUD, GIORDANO et DUMONT (2005) | 158 |
| 10.5 | Annexe 5 – Modèles biologiques déployés dans le cadre de l’application du protocole EVHA | 159 |

Tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 - Données hydrologiques des prises d'eau (source EDF) | 12 |
| Tableau 2- Modules spécifiques au niveau des prises d'eau..... | 18 |
| Tableau 3 - Modules naturels calculés au niveau des sites d'analyse..... | 19 |
| Tableau 4 - QMNA5 calculés selon la cartographie IRSTEA-ONEMA au niveau des sites d'analyse | 20 |
| Tableau 5 - QMNA5 retenus au niveau des références..... | 20 |
| Tableau 6 - Caractéristiques hydromorphologiques principales du Vioulou | 59 |
| Tableau 7 - Limites d'utilisations de la méthode EVHA | 75 |
| Tableau 8 - Limites d'utilisations de la méthode Estimhab | 75 |
| Tableau 9 - Résumé rapide de la classification des écoulements utilisées pour TeauRRENT78 | |
| Tableau 10 – En-tête de la fiche de relevé des caractéristiques des faciès | 79 |
| Tableau 11 – En-tête de la fiche de relevé des données par point..... | 79 |
| Tableau 12 - Taxons benthiques cibles sur les grands secteurs typologiques étudiés | 80 |
| Tableau 13 - Classes de vitesses établies dans le cadre du protocole TeauRRENT sur la base de justifications écologiques ou hydromorphologiques..... | 82 |
| Tableau 14 - Classes de profondeurs établies dans le cadre du protocole TeauRRENT sur la base de justifications écologiques ou hydromorphologiques..... | 82 |
| Tableau 15 - Affinités aux classes de substrat et de vitesse pour les taxons benthiques ciblés et pour chaque grand secteur typologique | 87 |
| Tableau 16 - Tableaux de Chab adaptés à la typologie d'analyse dans le cadre du protocole TeauRRENT (Annexe 9.1)..... | 88 |
| Tableau 17 - Habitabilité optimale sur la base de l'indice d'habitabilité adapté pour la méthodologie TeauRRENT (Optimal au sein du cercle bleu / Situation défavorable à l'extérieur du cercle vert)..... | 94 |
| Tableau 18 – Analyse synthétique du potentiel d’habitat pour les Truites sur le site EVHA Camboulas – variations entre les seuils symboliques (ancien Qr, nouveau Qr, Qpb amont, gamme de Qcritique, Qoptimal) | 111 |
| Tableau 19 – Analyse synthétique du potentiel d’habitat pour les Truites sur le site EVHA en aval immédiat de Pareloup – variations entre les seuils symboliques (ancien Qr, nouveau Qr, Qcritique, Qoptimal) | 131 |
| Tableau 20 - Valeurs de synthèse des DMB proposés en aval immédiat de chaque prise d'eau du groupement du Pouget – Aménagement d'Alrance..... | 150 |

Figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 – Profil et carte du réseau hydraulique du GU d'Alrance avec les modules | 11 |
| Figure 2 - Stations d'évaluation des débits biologiques..... | 13 |
| Figure 3 - Stations hydrométriques utilisées pour l'analyse | 14 |
| Figure 4 - Caractéristiques hydrologiques des prises d’eau du groupement d’usine du Pouget – Aménagement d’Alrance | 17 |
| Figure 5 - Bassins versant au niveau des prises d'eau du secteur | 18 |
| Figure 6 - Cartographie du Parc Naturel Régional des Grands Causses au voisinage du complexe hydroélectrique d'Alrance | 22 |
| Figure 7 - Cartographie des ZNIEFF à proximité du complexe hydroélectrique d'Alrance ... | 24 |
| Figure 8 - Cartographie des zonages Natura 2000 à proximité du complexe hydroélectrique d'Alrance | 25 |
| Figure 9 - Cours d’eau « classés » sur la zone d’étude | 27 |
| Figure 10 – Evaluation d’Etat des Masses d’Eau superficielles du territoire de l’étude (source - Agence de l'Eau Adour-Garonne) | 30 |
| Figure 11 – Caractéristiques d’évaluation de la masse d’eau FRFR204, Le Viaur du réservoir de Pont-de-Salars au confluent du Céor (source - AE Adour-Garonne)..... | 31 |

| | |
|--|-----|
| Figure 12 – Caractéristiques d’évaluation de la masse d’eau FRFR370, Le Vioulou du lac de Pareloup au confluent du Viaur (source - AE Adour-Garonne) | 31 |
| Figure 13 – Caractéristiques d’évaluation de la masse d’eau FRFR205, Le Céor de sa source au confluent du Viaur (source - Agence de l'Eau Adour-Garonne) | 32 |
| Figure 14 – Echéance d’atteinte du Bon Etat des Masses d’Eau superficielles du territoire de l’étude (source - Agence de l'Eau Adour-Garonne) | 33 |
| Figure 15 - Carte de représentation de la typologie des cours d’eau s’écoulant au sein des Hydroécorigions | 37 |
| Figure 16 – Indicateurs de contextualisation hydromorphologique du réseau hydrographique (source – SYRAH-CE) | 39 |
| Figure 17 - Carte de représentation des postes CORINE Land cover de la zone d’étude (les multi-codes de certains types sont liés à la différence d’intensité) | 41 |
| Figure 18 - Carte de représentation des ouvrages transversaux en rivière et des voies de communication sur le secteur de l’étude à mettre en relation avec leur présence éventuelle au sein du fond de vallée..... | 42 |
| Figure 19 - Carte de sectorisation du Viaur sur le périmètre d’étude | 45 |
| Figure 20 - Cartes de sectorisation du Vioulou..... | 58 |
| Figure 21 - Formule de calcul de l'indice Chab..... | 86 |
| Figure 22 - Exemple d'analyse (ACP) présentant la corrélation forte entre l'indice d'habitabilité (Chab = cm_V2) et le ratio au module (X_module) sur le jeu de données propre à cette étude | 93 |
| Figure 23 - Représentation graphique des valeurs de l'indice d'habitabilité en rapport avec le relatif à son module pour chaque site TeauRRENT..... | 93 |
| Figure 24 - Evolution des positionnement des couples substrat/vitesse à partir du pool de sites disponibles dans l'étude..... | 95 |
| Figure 25 - Positionnement des sites EVHA sur le Viaur | 96 |
| Figure 26 - Carte de la station EVHA du Viaur à Pont-de-Salars | 97 |
| Figure 27 - Faciès d'écoulements de la station EVHA de Pont-de-Salars..... | 97 |
| Figure 28 - Profil en long de la station EVHA de Pont-de-Salars | 98 |
| Figure 29 - Répartition des classes granulométriques. Site de Pont-de-Salars | 99 |
| Figure 30 - Vue aval de profils en travers type et ligne d'eau des différents faciès observés au débit de mesure, représentés en partant du faciès amont. Site de Pont-de-Salars . | 99 |
| Figure 31 – Photographies du site Pont-de-Salars | 100 |
| Figure 32 - Profil en long avec les cotes de ligne d'eau observées et simulées. Site de Pont-de-Salars..... | 100 |
| Figure 33 - Evolution de la surface mouillée pour 100 m de cours d'eau en fonction du débit | 101 |
| Figure 34- Détail de l'évolution de la surface mouillée pour 100 m de cours d'eau en fonction du débit | 102 |
| Figure 35 - Evolution de la valeur habitat en fonction du débit pour la truite et les espèces accompagnatrices..... | 102 |
| Figure 36 - Carte de la station EVHA du Viaur à Camboulas..... | 103 |
| Figure 37 - Profil en long de la station EVHA Camboulas..... | 103 |
| Figure 38 - Vue en plan des profondeurs de la station..... | 104 |
| Figure 39 - Vue en plan des vitesses de la station | 105 |
| Figure 40 - Répartition des classes granulométriques majoritaires et D84 relevées dans les faciès. Site de Camboulas | 105 |
| Figure 41 - Photographies du site Camboulas..... | 106 |
| Figure 42 - Profil en long avec les cotes de ligne d'eau observées et simulées. Site de Camboulas..... | 106 |
| Figure 43 - Evolution de la surface mouillée pour 100 m de cours d'eau en fonction du débit | 107 |
| Figure 44 : - Evolution de la valeur habitat en fonction du débit pour la truite et les espèces accompagnatrices..... | 108 |
| Figure 45 : Evolution des Surface Pondérées Utiles sur l'ensemble de la station Camboulas en fonction des débits modélisables pour la Truite et les espèces accompagnatrices | 108 |
| Figure 46 – Comparaison d’habitat potentiel relatif suivant les débits par rapport à une situation de Q_{crit} ou de Q_{opt} pour les adultes de Truite – site Camboulas | 110 |

| | |
|---|-----|
| Figure 47 : Carte de localisation de la station Estimhab de Bage..... | 113 |
| Figure 48 - Représentations photographiques de la station | 114 |
| Figure 49 - Géométrie de la station (Figuré des berges aux 2 débits de mesure) | 115 |
| Figure 50 : Courbes des hauteurs classées sur la station aux 2 débits de mesure | 115 |
| Figure 51 - Valeurs d'habitats pour les espèces cibles..... | 116 |
| Figure 52 - Surface utile pour les espèces cibles..... | 116 |
| Figure 53 – Zoom sur la plage pertinente de modélisation - Valeurs d'habitats pour les espèces cibles..... | 117 |
| Figure 54 - Zoom sur la plage pertinente de modélisation - Surface utile pour les espèces cibles..... | 117 |
| Figure 55 – Positionnement géographique, vue en plan du lit mineur et successions d'écoulements de la station Vioulou..... | 120 |
| Figure 56 – Evolution globale de la ligne d'eau et des profondeurs à bas débit sur la station Vioulou..... | 120 |
| Figure 57 – Occurrence granulométrique sur la station Vioulou | 120 |
| Figure 58 – Vue aval des profils en travers et ligne d'eau des différents faciès observés au débit de mesure (de l'amt vers l'avl : de G à D et de H en B) sur la station Vioulou.. | 121 |
| Figure 59 - Evolution de la surface en eau de la station Vioulou avec l'augmentation des débits modélisés | 122 |
| Figure 60 – Evolution de la ligne d'eau et des profondeurs à 4 débits modélisés sur la station Vioulou..... | 123 |
| Figure 61 - Vue en plan des variations de vitesse sur la station Vioulou à 4 débits modélisés (1/30 ^{ème} du module, 1/20 ^{ème} , 500 l/s et 1.5 m ³ /s) | 124 |
| Figure 62 - Vue en plan des variations de profondeur sur la station Vioulou à 4 débits modélisés (1/30 ^{ème} du module, 1/20 ^{ème} , 500 l/s et 1.5 m ³ /s) | 125 |
| Figure 63 - Profil en travers au niveau du transect le moins profond de la station | 126 |
| Figure 64 – Evolution des Valeurs d'Habitat sur l'ensemble de la station Vioulou en fonction des débits modélisables pour chaque stade de la Truite (Adultes, Juvéniles, Alevins et Fraie)..... | 127 |
| Figure 65 – Evolution des Surface Pondérées Utiles sur l'ensemble de la station Vioulou en fonction des débits modélisables pour chaque stade de la Truite (Adultes, Juvéniles, Alevins et Fraie) | 128 |
| Figure 66 - Prélèvements eau potable sur le secteur d'étude..... | 130 |
| Figure 67 – Comparaison d'habitat potentiel relatif suivant les débits par rapport à une situation de Qcrit ou de Qopt pour les adultes de Truite – site Vioulou..... | 130 |



1 PREAMBULE

Le présent rapport constitue le livrable de l’étude d’aide à la détermination des DMB de l’aménagement d’Alrance réalisée par les bureaux d’études ECCEL Environnement et EAUCEA dans le cadre du partenariat entre EDF et l’Agence de l’Eau Adour Garonne. Cette étude a été menée sous l’égide d’un Comité de Pilotage constitué d’EDF, de la DREAL de Bassin, de l’Agence de l’Eau, de l’AFB, de la structure animatrice de la CLE du SAGE Viaur, de l’Union des Fédérations de pêche du Bassin Adour Garonne et du Conseil Départemental des Pyrénées Atlantiques.

Ces études ont fait l’objet de nombreux échanges et débats au sein de ce comité de pilotage qu’il nous paraît important de porter à connaissance en amont de la lecture de ce rapport.

Interprétation et définition du DMB

Pour rappel, au sens de l'article L.214-18 du code de l’Environnement et de sa circulaire d’application du 5 juillet 2011, le DMB est défini comme le débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux.

Méthode « micro-habitats »

Deux approches différentes ont émergé et peuvent être synthétisées de la manière suivante :

- Pour les uns, le DMB est plutôt défini par le point d’inflexion bas de la courbe de micro-habitats (seuil critique) : point en dessous duquel la valeur d’habitat se dégrade rapidement avec la diminution du débit.
- Pour les autres, une valeur de débit proche du seuil critique est trop basse pour garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces (notamment dans le contexte actuel de changement climatique). Le DMB se situe plutôt au niveau du point d’inflexion haut de la courbe micro-habitats : point au-delà duquel la valeur d’habitat s’améliore plus lentement avec la hausse du débit.

La valeur du débit minimum naturel (QMNA, par exemple, mais à adapter selon la typologie du cours d’eau) doit également guider le choix de la valeur du DMB.

Sur certaines prises d’eau, une expertise du Pôle d’études et recherches en échohydraulique de l’AFB a été réalisée ; ces expertises sont disponibles sur le site de l’Agence de l’Eau Adour-Garonne.

Méthode TeauRRENT

La méthode TeauRRENT, développée par ECCEL Environnement et Eaucea, pour les petits cours d’eau de montagne à forte pente est une approche intéressante.

Toutefois, en l’état actuel, la faiblesse du nombre de points traités et l’absence d’une classification typologique des cours d’eau pour une même gamme de débit naturel rendent la méthode et le processus d’autocalibration encore expérimentaux : les enseignements issus de cette méthode ne sont donc pas généralisables.

Ainsi, la représentation graphique des valeurs de l'indice d'habitabilité en lien avec le rapport du débit observé avec le module pour chaque site TeauRRENT doit être interprétée avec beaucoup de précautions.

Résultats de l'étude

Etant donné les remarques précédentes, le Comité de Pilotage considère que les valeurs de débits définies dans cette étude, ne peuvent pas être assimilées à des DMB.

L'état des lieux initial de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) a permis d'identifier des zones où la pression hydrologique de l'hydroélectricité est présente. L'actualisation en cours de l'état des lieux doit préciser ces pressions.

Ces éléments, croisés avec les objectifs assignés aux masses d'eau et les autres pressions présentes sur ces masses d'eau, permettent de cibler des secteurs particulièrement impactés pour lesquels il convient d'examiner la possibilité de fixer des valeurs de débit réservé compatibles avec l'atteinte des objectifs de la DCE et pouvant aller au-delà des valeurs planchers prévues par la LEMA.

Une étude préalable¹ a permis de poser l'hypothèse de forts enjeux sur certains secteurs pré-identifiés et d'y préconiser la réalisation d'études de détermination du débit minimum biologique (DMB).

Le secteur des bassins versants du Viaur et du Vioulou et notamment les prises d'eau de l'usine hydroélectrique d'Alrance a été ciblé lors de cette étude.

L'objet de la présente étude est de proposer les DMB à affecter à chacune des prises d'eau alimentant l'usine d'Alrance. Elle concernera donc l'ensemble du périmètre hydrographique de la concession correspondante et, dans le cadre spécifique de cet aménagement, les liens éventuels avec d'autres bassins impactés par certaines petites prises d'eau (Céor).

¹ Inventaire des études existantes et prise en compte des secteurs à enjeux pour la fixation des débits minimum biologiques des ouvrages hydroélectriques – Etude AQUASCOP pour l'Agence de l'Eau Adour-Garonne – Décembre 2011

2 INTRODUCTION

Le régime hydrologique d’un cours d’eau conditionne sa dynamique physique et biologique. Une modification substantielle de ce régime, notamment par prélèvement, est l’une des causes de la transformation des processus morphodynamiques (flux solides et flux liquides) et ainsi des structures d’habitat. Cette altération hydrologique peut donc induire une modification directe de court terme et indirecte sur le long terme des peuplements en place.

La récente Loi sur l’Eau et les Milieux Aquatiques (article L214-18-IV) confirme la nécessité du maintien d’un débit minimum à l’aval des ouvrages de prélèvements notamment à usage hydroélectrique, afin de préserver ou restaurer le bon état des milieux.

Des études environnementales peuvent être réalisées sur les cours d’eau impactés par ces aménagements afin d’encadrer la définition des besoins des milieux aquatiques concernés mais également dans leur modulation éventuelle selon les périodes.

Les méthodes spécifiques qui sont ici mises en place aident principalement à quantifier les variations de qualité de l’habitat au vu des caractéristiques hydrauliques, et pour quelques espèces. L’utilisation de ces outils ne doit pas se faire en omettant les éléments de qualité d’eau, les facteurs de résistance potentielle du milieu, de continuité des flux dynamiques (solides et liquides) qui peuvent être des facteurs limitant pour les populations en place.

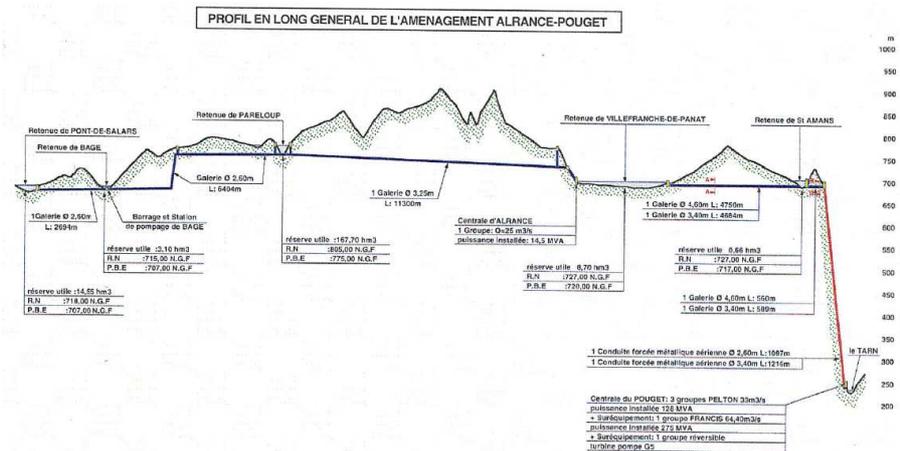
Pour la détermination finale des débits biologiques, les plages de valeurs proposées se doivent donc d’être affinées via une expertise globale qui tienne compte de l’ensemble des éléments disponibles pour cette étude. Plusieurs paramètres font nécessairement appel à un ajustement d’expert et induisent fatalement un biais éventuel dans les déterminations des débits biologiques. La connaissance et surtout la prise en compte de l’ensemble de ces paramètres réduit considérablement ce biais, sans toutefois le faire disparaître.

Dans le cadre de ces études, il est donc important de définir préalablement les enjeux écologiques locaux prioritaires et rassembler tous ces éléments indispensables à la définition fiable et pertinente des DMB :

- L’analyse hydrologique des bassins concernés et de chaque prise d’eau étudiée permet de contextualiser la situation vis-à-vis des flux liquides transitant et des pressions qui s’exercent sur eux ;
- Une analyse environnementale multi-scalaire est utilisée pour identifier les grands enjeux écologiques et recenser les espèces patrimoniales présentes et qu’il convient de prendre en compte en priorité pour la suite de l’étude ;
- L’analyse physique du territoire permet de définir les typologies morphodynamiques du réseau drainant à travers une approche naturelle et via les pressions exercées sur les ruisseaux ;
- Enfin, l’approche hydromorphologique affinée et l’application de la méthode in-situ la plus adaptée permet la définition des DMB à l’aval de chaque prise d’eau via une démarche holistique regroupant l’ensemble des éléments disponibles.

3 CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE LA ZONE ETUDIEE

Les barrages et prises d’eau du bassin versant du Viar collectent l’eau pour être dérivée vers l’aménagement d’Alrance qui se trouve dans le bassin versant du Tarn. Cet aménagement est donc responsable d’un transfert d’eau entre bassins et l’intégralité du linéaire aval est donc influencée.



La Figure 1 présente les prises d’eau de l’étude et indique le module² naturel au droit de chacune d’elles ainsi que les tronçons influencés en aval.

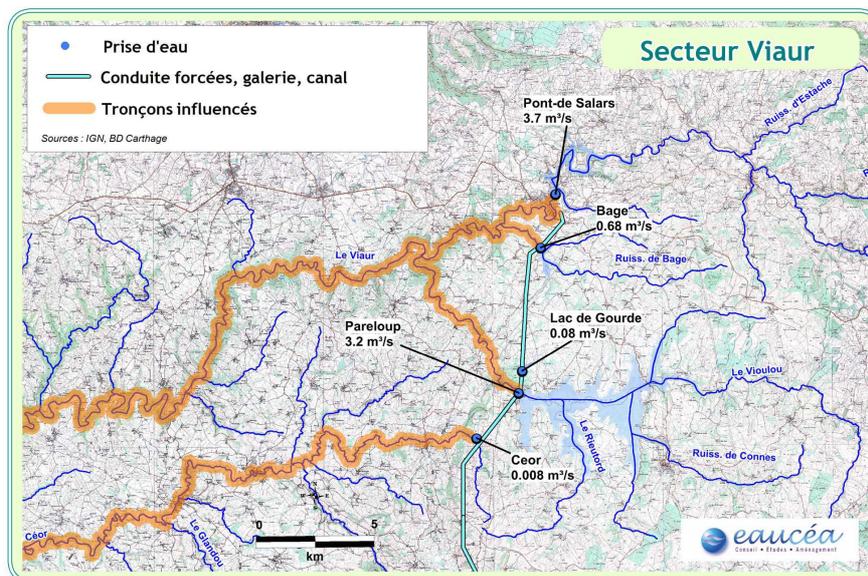


Figure 1 – Profil et carte du réseau hydraulique du GU d’Alrance avec les modules

² Les valeurs des modules ont été fournies par EDF. Elles sont issues de l’étude préalable (Inventaire des études existantes et prise en compte des secteurs à enjeux pour la fixation des débits minimum biologiques des ouvrages hydroélectriques – Etude AQUASCOP pour l’Agence de l’Eau Adour-Garonne – Décembre 2011). Au début de cette présente étude, il a été acté en Comité de Pilotage, afin de simplifier la démarche, de les reprendre telles quelles et sans calcul complémentaire.

Le Tableau 1 synthétise les données hydrologiques connues au niveau des cinq prises d’eau étudiées.

Tableau 1 - Données hydrologiques des prises d'eau (source EDF)

| Prise d'eau | Cours d'eau | Altitude (m) | BV (km ²) | Module (l/s) | QMNA5 (l/s) |
|----------------|-------------|--------------|-----------------------|--------------|-------------|
| Bage | Bage | 715 | 34 | 680 | 30 |
| Céor | Céor | 820 | 4.5 | 80 | 10 |
| Gourde | Gourde | 807 | 3.9 | 80 | non connu |
| Pareloup | Vioulou | 805 | 161 | 3200 | 150 |
| Pont de Salars | Viaur | 718 | 182 | 3700 | 170 |

3.1 UN CONTEXTE MAJEUR DE TRANSFERT DE BASSIN VERSANT

Le transfert prive le bassin versant du Viaur de ses sources du Lévézou. Compte tenu des capacités de stockage des réservoirs et de dérivation des conduites, très peu de déversements sont observés sur les prises d’eau. En conséquence, les volumes détournés représentent la quasi-totalité des débits amont soit environ 7,7 m³/s en moyenne annuelle. La vocation hydroélectrique du haut bassin est donc très prégnante avec des incidences sur l’ensemble du cours aval du Viaur.

La reconstitution progressive des débits reste partielle puisqu’à Laguépie le module naturel est amputé de près de 34 %. Cette configuration crée une pression majeure sur l’hydromorphologie du réseau hydrographique difficilement corrigeable par la seule action sur les débits réservés aux prises d’eau.

Pour aborder la question des débits minima biologiques il est donc nécessaire d’expertiser les besoins du milieu dans le nouvel équilibre hydromorphologique qui s’est peu à peu imposé et de considérer que ce réajustement constitue le cadre de référence tant que les concessions seront autorisées à dériver.

Pour analyser les conséquences cumulatives des prises d’eau de Pont-de-Salars et de Bage sur le Viaur amont, il a été décidé d’étudier une station aval à Camboulas.

Les caractéristiques hydrologiques « naturelles » des stations d’études des DMB ont été évaluées pour servir de référentiel réglementaire mais présentent peu d’intérêt pour l’interprétation hydrobiologique dans ce secteur fortement modifié.

La Figure 2 présente rapidement les stations DMB du secteur étudié.

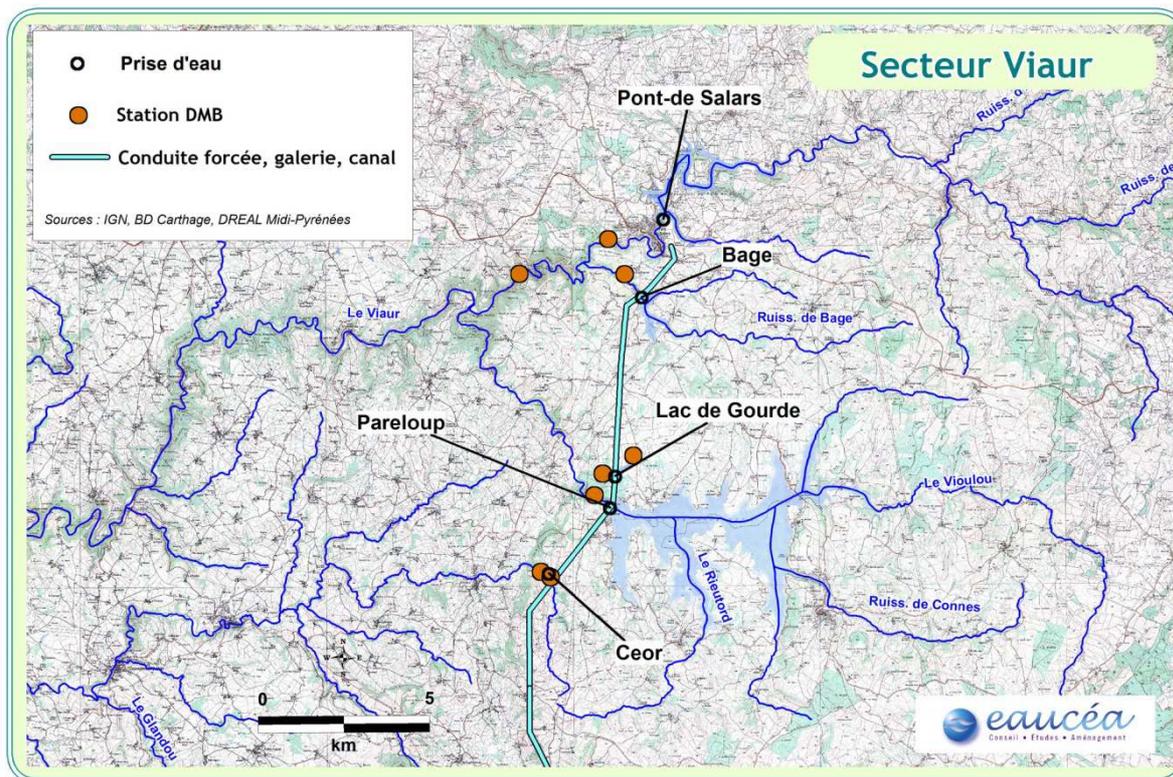


Figure 2 - Stations d'évaluation des débits biologiques

3.2 REGIME HYDROLOGIQUE MOYEN AU NIVEAU DES PRISES D’EAU

La reconstitution des débits moyens journaliers se fait à l’aide de l’analyse des débits moyens journaliers, mesurés de 1960 à 2009, de la station de Salles-Curan (Trébons-Bas) située sur le Vioulou en amont du barrage de Pareloup. La carte ci-dessous représente l’emplacement des stations hydrométriques du secteur.

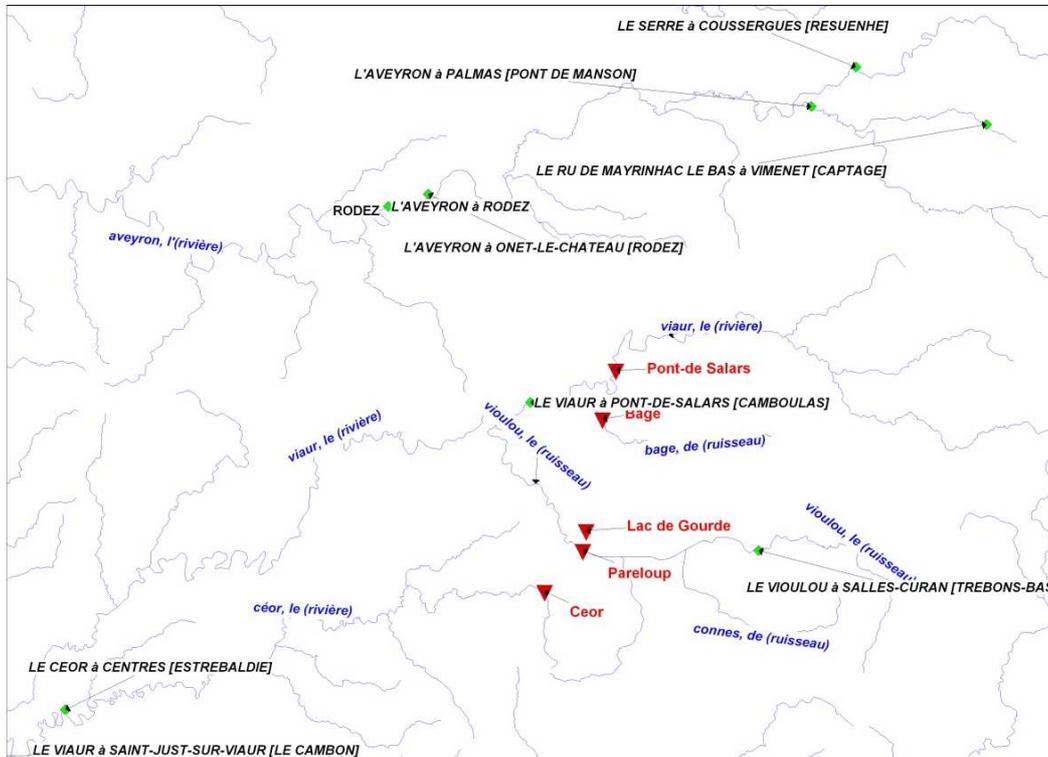


Figure 3 - Stations hydrométriques utilisées pour l’analyse

Le débit journalier moyen au droit des prises d’eau (Q_{JPE} en m^3/s) est estimé par application du produit du rapport des aires des bassins versant - aire BV prise d’eau (A_{PE} en km^2)/ aire BV station (A_{ST} en km^2) - et du débit moyen journalier (Q_{JST} en m^3/s) mesuré à la station soit :

$$Q_{JPE} = Q_{JST} * \frac{A_{PE}}{A_{ST}}$$

Le choix de cette méthode d’estimation des débits journaliers se justifie par les faits suivants :

- le bassin versant du Vioulou au niveau de la station de Trébons-Bas est sous la même influence hydroclimatique que les prises d’eau étudiées ;
- les modules spécifiques au niveau des prises d’eau étudiées sont quasiment identiques (Tableau 2).

Les caractéristiques hydrologiques des rivières avec l’évolution du régime moyen du débit journalier sont représentées sur les graphes suivants au niveau des prises d’eau. Les débits à l’aval des prises d’eau sont calculés sous l’hypothèse d’un débit dérivé constant tout au long de l’année et plafonné par le débit réservé. Le régime hydrologique de ces bassins versant est pluvial, comportant un étiage marqué allant de juillet à mi-septembre.

Caractéristiques hydrologiques de la prise d'eau de *Bage*



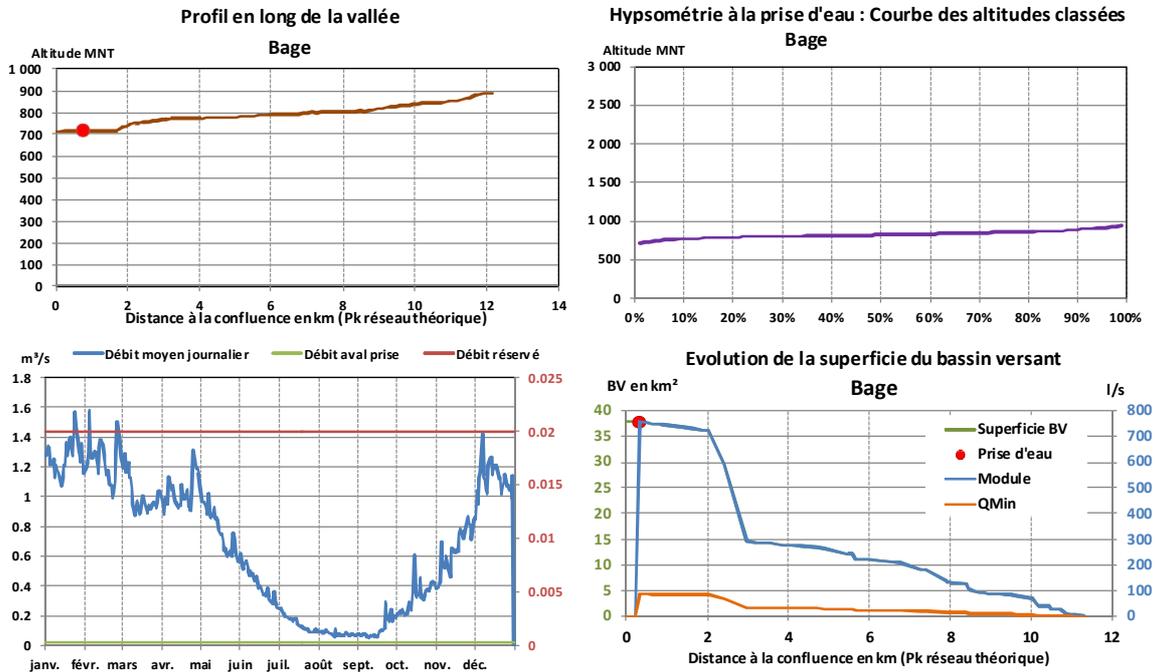
Usine : *Alrance*

Altitude (m) : 715
BV (km²) - % BV total : 34 - 90%
Année de création : 1964

Module (l/s) : 680
Débit de dérivation (l/s) : ?
Longueur TCC (Km) : ?

| | | | |
|---------------------|--------|--------|--|
| Débit réservé (l/s) | 20 | 20 | |
| Date | 1 janv | 31 déc | |
| Qr / Qm | 1 / 34 | 1 / 34 | |

Station de référence pour le régime hydrologique : Q nat Bage-Pareloup-Pont de Salars Qj reconstitués à partir du ratio de BV et Qj de Trébons-Bas



Caractéristiques hydrologiques de la prise d'eau de *Céor*



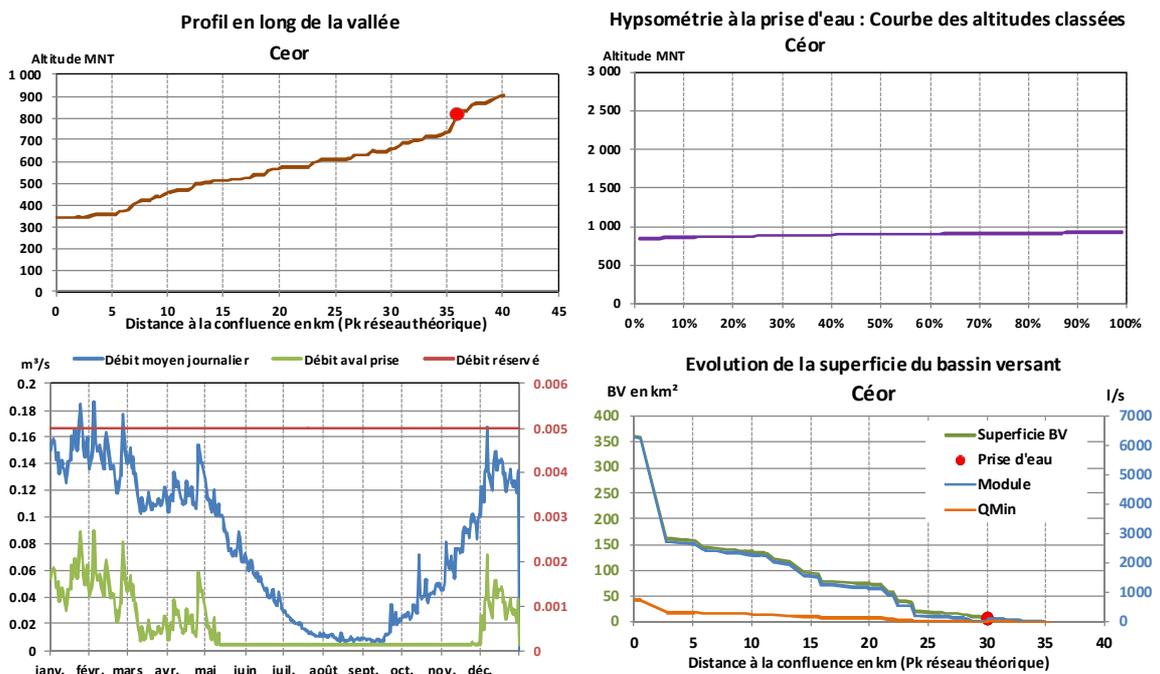
Usine : *Alrance*

Altitude (m) : 820
BV (km²) - % BV total : 4.5 - 1%
Année de création : 1968

Module (l/s) : 80
Débit de dérivation (l/s) : ?
Longueur TCC (Km) : ?

| | | | |
|---------------------|--------|--------|--|
| Débit réservé (l/s) | 5 | 5 | |
| Date | 1 janv | 31 déc | |
| Qr / Qm | 1 / 16 | 1 / 16 | |

Station de référence pour le régime hydrologique : Q nat Bage-Pareloup-Pont de Salars Qj reconstitués à partir du ratio de BV et Qj de Trébons-Bas



Caractéristiques hydrologiques de la prise d'eau de *Gourde*

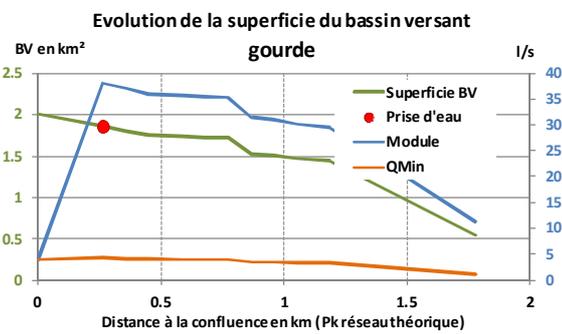
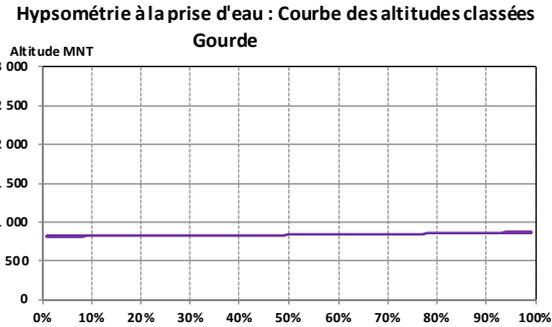
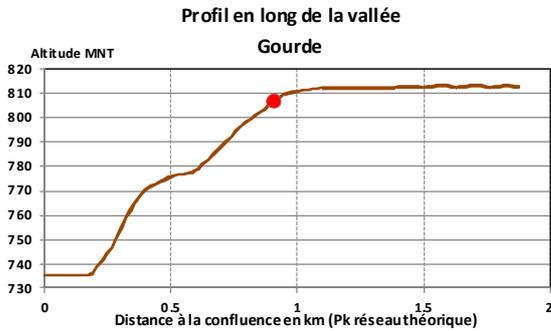


Usine : *Alrance*

Altitude (m) : 807 **Module (l/s) : 80**
 BV (km²) - % BV total: 3.9 - 195 % Débit de dérivation (l/s) : ?
 Année de création : 1974 Longueur TCC (Km) : ?

| | | | |
|---------------------|--------|--------|--|
| Débit réservé (l/s) | 4 | 4 | |
| Date | 1 janv | 31 déc | |
| Qr / Qm | 1 / 20 | 1 / 20 | |

Station de référence pour le régime hydrologique : Q nat Bage-Pareloup-Pont de Salars Qj reconstitués à partir du ratio de BV et Qj de Trébons-Bas



Caractéristiques hydrologiques de la prise d'eau de *Pareloup*

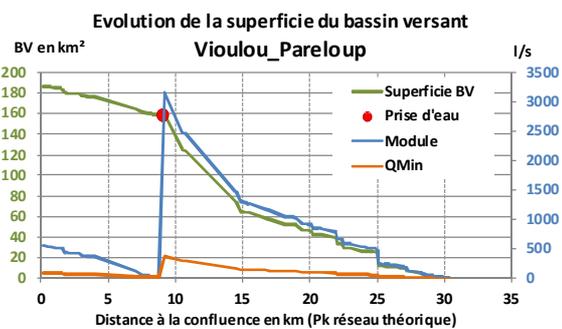
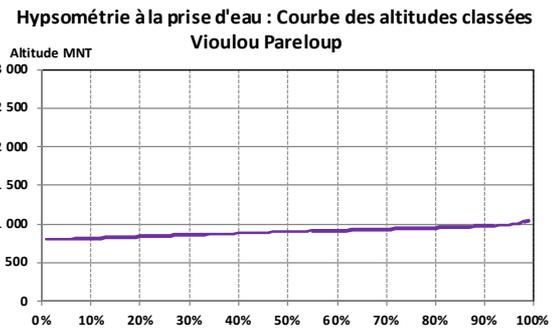
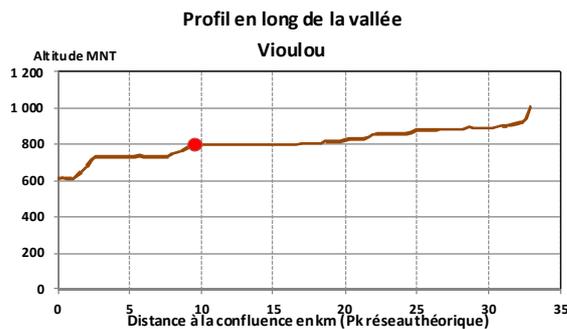


Usine : *Alrance*

Altitude (m) : 805 **Module (l/s) : 3200**
 BV (km²) - % BV total: 161 - 38 % Débit de dérivation (l/s) : ?
 Année de création : 1988 Longueur TCC (Km) : ?

| | | | |
|---------------------|--------|--------|--|
| Débit réservé (l/s) | 103 | 103 | |
| Date | 1 janv | 31 déc | |
| Qr / Qm | 1 / 31 | 1 / 31 | |

Station de référence pour le régime hydrologique : Q nat Bage-Pareloup-Pont de Salars Qj reconstitués à partir du ratio de BV et Qj de Trébons-Bas



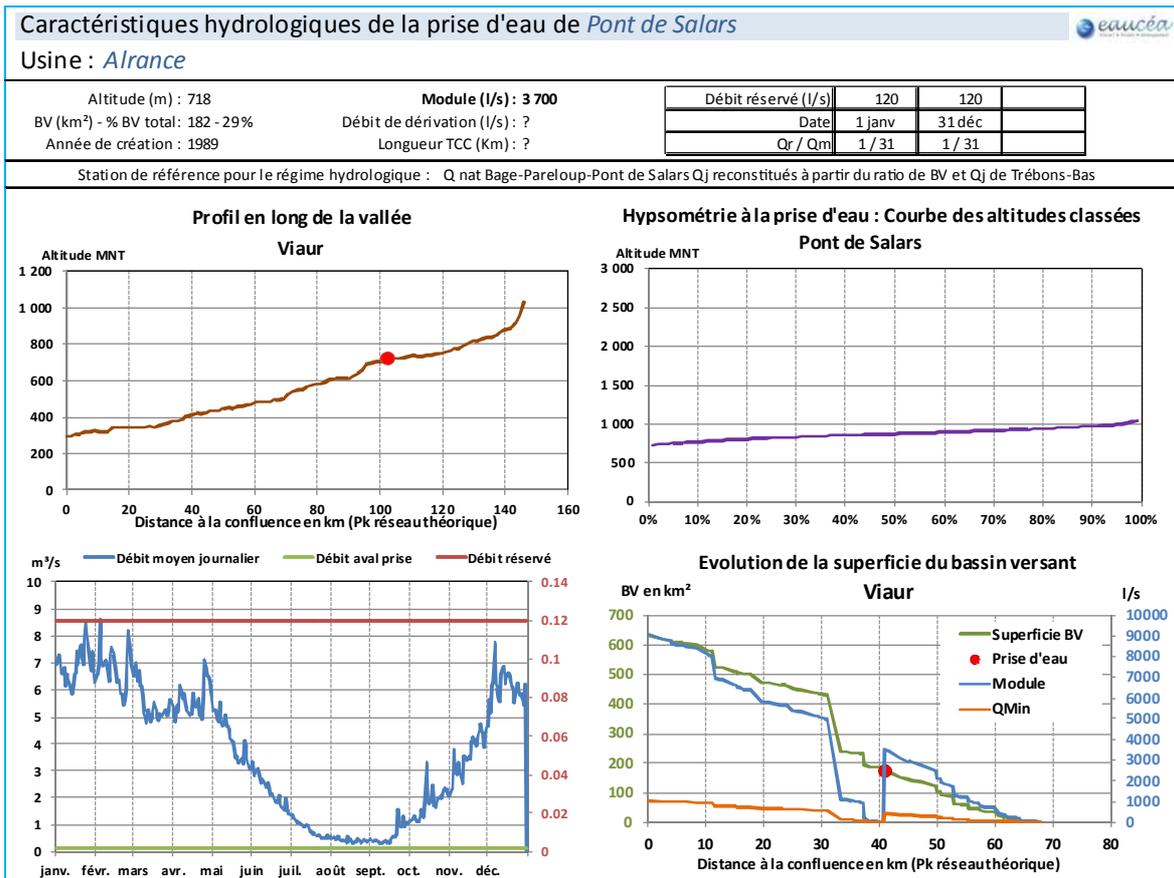


Figure 4 - Caractéristiques hydrologiques des prises d'eau du groupement d'usine du Pouget – Aménagement d'Alrance

L'hydrologie à l'aval des prises d'eau, indiquée par les courbes vertes sur les fiches ci-dessus, se ramène à un régime constant au niveau du débit réservé sauf pour les prises d'eau du Céor et de Gourde.

3.3 ESTIMATION DU MODULE AU NIVEAU DES SITES DE MESURE DE DEBITS BIOLOGIQUES

A partir des données hydrologiques connues au niveau des prises d’eau, le module spécifique des bassins versant de chacune d’entre elles a été calculé.

La Figure 5 représente les bassins versant des prises d’eau du secteur d’étude. Tous ces bassins versant se situent à une altitude assez voisine et sont soumis à une même zone d’influence climatique.

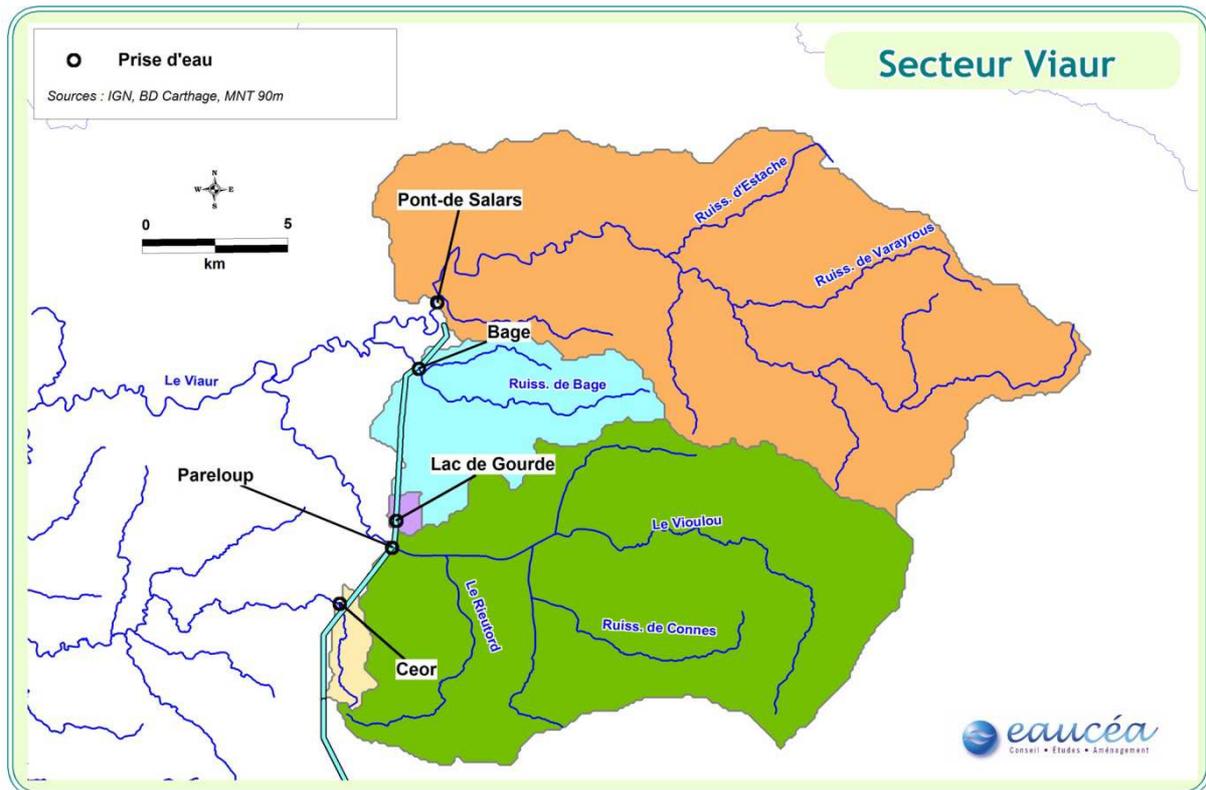


Figure 5 - Bassins versant au niveau des prises d'eau du secteur

Le Tableau 2 contient le module spécifique des prises d’eau concernées ainsi que l’aire de leur bassin versant respectif.

Tableau 2- Modules spécifiques au niveau des prises d'eau

| Prise d'eau | Cours d'eau | BV (km ²) | Module spécifique (l/s/km ²) |
|----------------|-------------|-----------------------|--|
| Bage | Bage | 34 | 20 |
| Céor | Céor | 4.5 | 18 |
| Gourde | Gourde | 3.9 | 21 |
| Pareloup | Vioulou | 161 | 20 |
| Pont de Salars | Viour | 182 | 20 |

Les modules spécifiques des bassins versant des prises d’eau du Viour étant homogènes, le calcul du module M (en **m³/s**) en chacun des points de mesure des stations de débits biologiques est donné par l’expression :

$$M = M_s \cdot A / 1000$$

Où M_s (en $l/s/km$) est le module spécifique pris au niveau de la prise d’eau et A (en km^2) l’aire du bassin versant théorique calculé à l’aide du modèle numérique de terrain SRTM 90 m au niveau de la station de débit biologique.

Le résultat du calcul du module pour chacun des sites de mesure est présenté ci-dessous :

Tableau 3 - Modules naturels calculés au niveau des sites d’analyse

| Nom du site | Aire du bassin versant (km ²) | Module (m ³ /s) |
|---|---|----------------------------|
| Bage aval | 37.3 | 0.745 |
| Céor amont | 4.4 | 0.078 |
| Céor aval | 4.9 | 0.086 |
| Gourde amont | 3.9 | 0.080 |
| Gourde aval | 3.9 | 0.080 |
| Pont-de-Salars amont confluence Vioulou | 239.9 | 4.877 |
| Pont-de-Salars aval | 189.3 | 3.848 |
| Vioulou aval | 161.1 | 3.202 |

3.4 ESTIMATION DU QMNA5 NATUREL AU NIVEAU DES SITES DE MESURE DES DEBITS BIOLOGIQUES

N’ayant pas de chroniques suffisamment longues de débits reconstitués au niveau des sites de mesure des débits biologiques, l’estimation de QMNA5 n’a pu être faite directement.

La cartographie des débits caractéristiques (Modules et QMNA5) réalisée à l’échelle nationale par l’IRSTEA et l’ONEMA permet toutefois d’estimer les QMNA5 en tout tronçon hydrographique de la BD Carthage³. Ce travail a été réalisé à l’aide de trois modèles hydrologiques différents. L’intervalle de confiance à 80 % autour des valeurs calculées permet de préciser la fiabilité du calcul de QMNA5 effectué.

Le Tableau 4 contient les valeurs de QMNA5 et les intervalles de confiance à 80% au niveau des stations de mesure des débits biologiques.

³ Combinaison multi-modèle et cartographie de consensus du débit de référence d’étiage et du débit moyen à l’échelle de la France. - M. Riffard, V. Andréassian, P. Nicolle et J. Peschard. Avril 2012

Tableau 4 - QMNA5 calculés selon la cartographie IRSTEA-ONEMA au niveau des sites d’analyse

| Nom du site | aire du bassin versant (km ²) | m ³ /s | |
|---|---|-------------------|---------|
| | | QMNA5 | IC(80%) |
| Bage aval | 37.3 | 0.021 | 0.049 |
| Céor amont | 4.4 | 0.006 | 0.009 |
| Céor aval | 4.9 | 0.006 | 0.009 |
| Gourde amont | 0.2 | 0.001 | 0.003 |
| Gourde aval | 1.6 | 0.002 | 0.006 |
| Pont-de-Salars amont confluence Vioulou | 239.9 | 0.234 | 0.426 |
| Pont-de-Salars aval | 189.3 | 0.195 | 0.348 |
| Vioulou aval | 161.1 | 0.111 | 0.243 |

Toutes ces valeurs de QMNA5 sont données avec des intervalles de confiance d’un ordre de grandeur 2 à 3 fois supérieur à la valeur elle-même. Ce résultat indique que les QMNA5 obtenus ne sont pas fiables sur ce secteur.

Les valeurs de QMNA5 retenues sont donc celles provenant des données au droit des prises d’eau EDF sauf pour les deux stations de mesures du Viour pour lesquelles le QMNA5 représenté ci-dessus est consistant avec la donnée au niveau de la prise d’eau EDF (il faut prendre en compte l’augmentation de superficie du bassin versant au niveau de ces stations).

Les QMNA5 retenus sont donc, au niveau des sites d’analyse :

Tableau 5 - QMNA5 retenus au niveau des références

| Nom du site | aire du bassin versant (km ²) | QMNA5 (m ³ /s) | Commentaire |
|---|---|---------------------------|--------------------------------|
| Bage aval | 37.3 | 0.03 | au droit de la prise d'eau EDF |
| Céor amont | 4.4 | 0.01 | au droit de la prise d'eau EDF |
| Céor aval | 4.9 | 0.01 | au droit de la prise d'eau EDF |
| Gourde amont | 0.2 | 0.001 | cartographie IRSTEA-QMNA5 |
| Gourde aval | 1.6 | 0.002 | cartographie IRSTEA-QMNA5 |
| Pont-de-Salars amont confluence Vioulou | 239.9 | 0.234 | cartographie IRSTEA-QMNA5 |
| Pont-de-Salars aval | 189.3 | 0.195 | cartographie IRSTEA-QMNA5 |
| Vioulou aval | 161.1 | 0.15 | au droit de la prise d'eau EDF |

4 LES ENJEUX ECOLOGIQUES

L’analyse bibliographique indirecte par une approche cartographique multi-scalaire permet d’identifier les grands enjeux naturels des secteurs étudiés.

Cette expertise permet ainsi de recenser les espèces patrimoniales présentes sur les différents cours d’eau ou assujetties aux milieux aquatiques avoisinants et qu’il convient de prendre en compte en priorité pour la suite de l’étude, notamment dans l’évaluation des habitats et la détermination des débits biologiques.

Il s’agit ainsi de recenser les zonages réglementaires existants (Natura2000, ZNIEFF, Arrêtés de biotope, Contrats de bassin, Classements des cours d’eau...) et les données afférentes permettant de recenser les inventaires hydrobiologiques et les différentes études existantes ...

De même, l’analyse des états des lieux des cours d’eau vis-à-vis de la DCE (Etats et Objectifs, Pressions, SDAGE...) permet de compléter la contextualisation biologique et d’affiner ce volet « ciblage ».

Le Viaur et le Vioulou (les deux principaux cours d’eau du secteur de l’étude) sont des cours d’eau avec un certain potentiel écologique. Ce sont des rivières salmonicoles accueillant des populations de Truite commune et de l’ensemble des espèces accompagnatrices classiques et de cyprinidés d’eau vive, dont des espèces patrimoniales, qui y trouvent des habitats de reproduction et de croissance suffisamment hétérogènes pour permettre cette diversification populationnelle.

La réduction du débit (prises d’eau) diminue la capacité d’accueil du milieu à l’aval immédiat des ouvrages mais parfois sur l’ensemble du linéaire impacté par la gestion hydroélectrique. De surcroît, le cloisonnement limite le renouvellement des populations piscicoles et accroît la fragmentation des habitats aquatiques.

D’un point de vue des mammifères directement inféodés aux rivières, une espèce a été recensée : la Loutre d’Europe (*Lutra lutra*) est présente dans le secteur de manière fréquente comme l’indiquent les observations régulières d’épreintes (dont les nôtres durant cette étude – épreintes identifiées sur le Viaur et le ruisseau de Bage).

Les Moules perlières sont également une espèce patrimoniale recensée dans le secteur, certains individus ayant été clairement et directement identifiés sur le Viaur et le ruisseau de Bage⁴⁵.

⁴ *Inventaire des cours d’eau à Margaritifera margaritifera en Midi-Pyrénées – Gilbert Cochet – 2000 – Dreal Midi-Pyrénées*

⁵ *Etat initial avant vidange de la retenue de Bage – Suivis écologiques spécifiques ECCEL Environnement – 2013 – EDF CIH31*

4.1 ZONAGES NATURELS ET ESPECES PATRIMONIALES

Le périmètre d’étude, pour l’essentiel, sur le cours du Vieur, comprend un certain nombre de zones à intérêts faunistiques ou floristiques particuliers. L’ensemble de ces zones remarquables pour leurs richesses biologiques nécessite d’être pris en compte dans l’analyse des impacts des ouvrages sur les cours d’eau et dans le processus du relèvement du débit réservé.

4.1.1 Parc Régionaux

Le Parc Naturel Régional des Grands Causses ne se situe qu’en amont du secteur de l’étude (Figure 6).

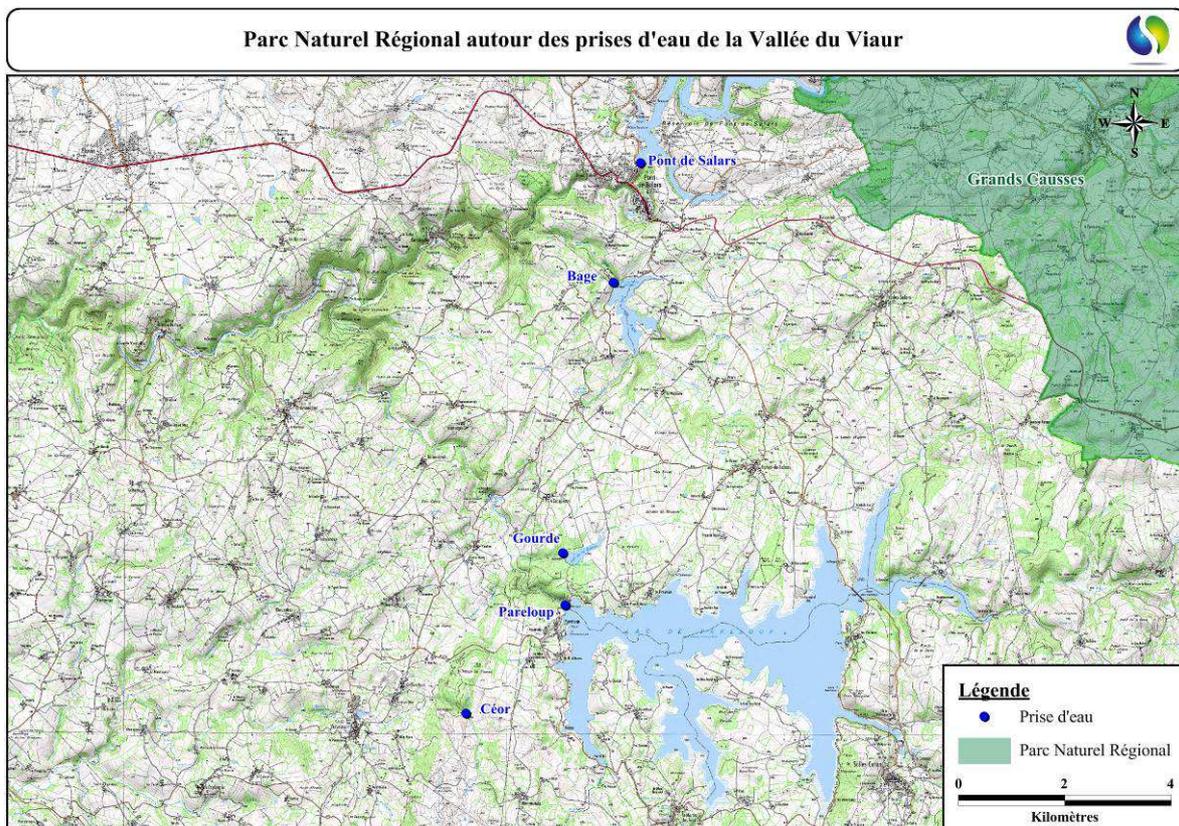


Figure 6 - Cartographie du Parc Naturel Régional des Grands Causses au voisinage du complexe hydroélectrique d’Alrance

4.1.2 ZNIEFF

Les inventaires ZNIEFF sont un outil de connaissance sur le biotope et la biocénose de milieux d’intérêts biologiques particuliers. Ces zones n’engendrent aucune réglementation particulière.

Il existe deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type 1 sont des sites, de superficie en général limitée, identifiés et délimités parce qu’ils contiennent des espèces ou au moins un type d’habitat de grande valeur écologique, locale, régionale, nationale ou européenne ;

- Les ZNIEFF de type 2, concernent les grands ensembles naturels, riches et peu modifiés avec des potentialités biologiques importantes qui peuvent inclure plusieurs zones de type 1 ponctuelles et des milieux intermédiaires de valeur moindre mais possédant un rôle fonctionnel et une cohérence écologique et paysagère. L’inventaire ZNIEFF est un outil de connaissance. Il ne constitue pas une mesure de protection juridique directe.

L’inventaire ZNIEFF est un outil de connaissance et il ne constitue pas une mesure de protection juridique directe. Toutefois l’objectif principal de cet inventaire réside dans l’aide à la décision en matière d’aménagement du territoire vis à vis du principe de la préservation du patrimoine naturel.

La zone d’étude comprend des Zones Naturelles d’Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) des deux types (Figure 7) dont les principales sont :

- Le sites de la prise d’eau sur la Gourde et le barrage de Pareloup sur le Vioulou appartiennent à la ZNIEFF de type 2 « Ruisseau du Vioulou et du lac de Pareloup » ;
- Le barrage de Pont-de-Salars sur le Viaur est situé sur la ZNIEFF de type 2 « Vallée du Viaur et ses affluents » et est considéré comme la limite amont de la ZNIEFF de type 1 « Rivière du Viaur ».

Les informations détaillées concernant ces secteurs sont disponibles sur le site midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr/patrimoine-naturel-r1748.html.

Les autres prises d’eau ne sont pas directement concernées par ces zonages mais les apports hydrologiques qu’elles représentent influent forcément directement sur l’état des milieux patrimoniaux recensés en aval.

L’intérêt faunistique, écologique et botanique réside principalement dans la présence de la Loutre, de la Moule perlière, de l’Ecrevisse à pieds blancs, de l’Anguille, de la Vandoise rostrée et du Toxostome, espèces directement inféodées aux cours d’eau mais également à une grande diversité des habitats qui entraîne une grande diversité biocénotique (oiseaux, mammifères, insectes).

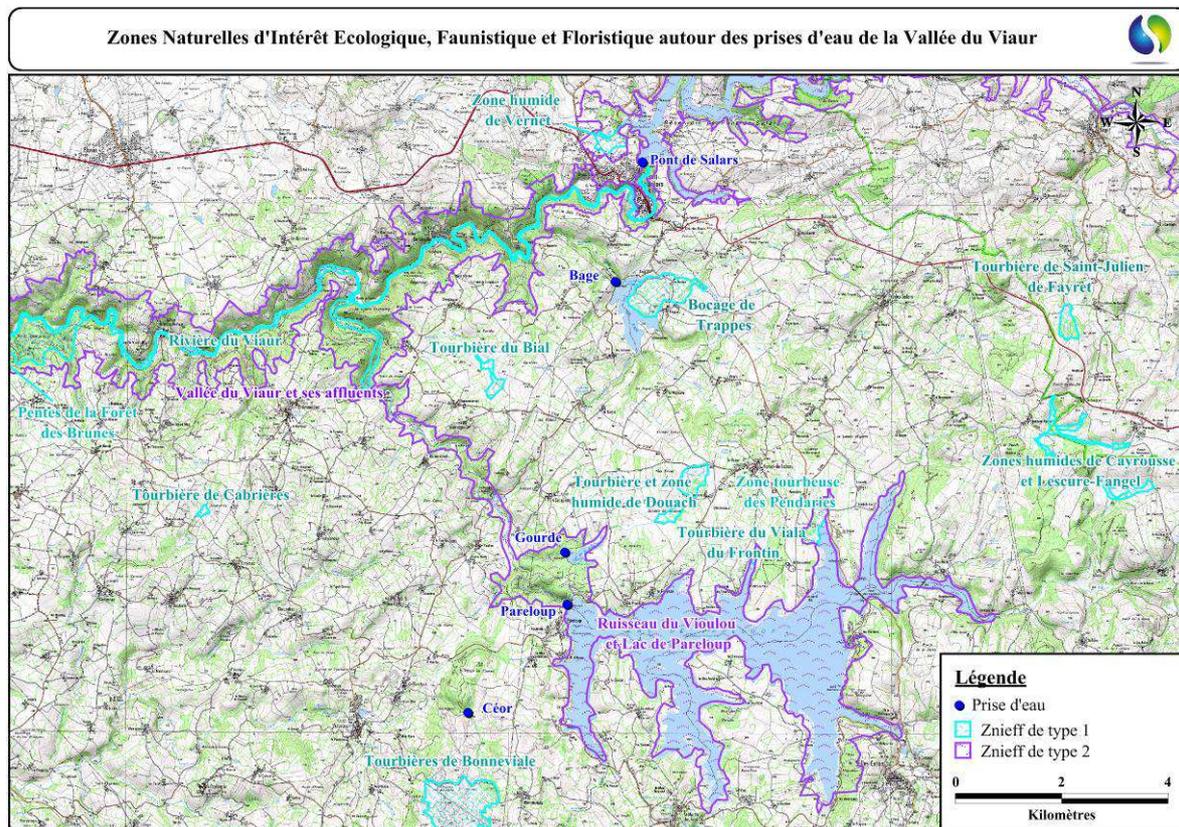


Figure 7 - Cartographie des ZNIEFF à proximité du complexe hydroélectrique d’Alrance

4.1.3 Natura 2000

La Commission européenne, en accord avec les Etats membres a fixé, le 21 mai 1992, le principe d’un réseau européen de zones naturelles d’intérêt communautaire. Ce réseau a été nommé « Natura 2000 ». Les objectifs sont de préserver la diversité biologique et valoriser le patrimoine culturel de nos territoires.

Les bases réglementaires du grand réseau écologique européen sont établies à partir de deux textes de l’Union Européenne :

- La Directive 79/409/CEE, dite « Directive Oiseaux » qui propose la conservation à long terme des espèces d’oiseaux sauvages de l’Union Européenne en ciblant 181 espèces et sous-espèces menacées qui nécessitent une attention particulière. Plus de 3 000 sites ont été classés par les Etats de l’Union en tant que Zones de Protection Spéciales (ZPS) ;
- La Directive 97/62/CEE dite « Directive Habitats Faune Flore » qui établit un cadre pour les actions communautaires de conservation d’espèces de faune et de flore sauvages ainsi que de leur habitat. Cette directive répertorie plus de 200 types d’habitats naturels, 200 espèces animales et 500 espèces végétales présentant un intérêt communautaire et nécessitant une protection. Les Zones Spéciales de Conservation (ZSC) et/ou Sites d’Intérêt Communautaire (SIC), actuellement plus de 20 000 pour 12% du territoire européen, permettent une protection de ces habitats et espèces menacées.

Au niveau du secteur de l’étude, l’axe Viaur dans le secteur de l’étude est intégralement situé au sein même de sites patrimoniaux naturels référencés dans le réseau Natura 2000 (Figure 8), els autres prises d’eau n’étant pas directement concernées :

- La prise d'eau du barrage de Pont-de-Salars est situé sur le territoire du site SIC-Directive Habitats FR7301631 « Vallées du Tarn, de l'Aveyron, du Viaur, de l'Agout et du Gijou ».

Les informations détaillées concernant ce secteur sont disponibles sur le site <http://natura2000.fr/>.

L'intérêt principal en faune aquatique ou inféodée directement aux milieux humides sur le Viaur réside dans la présence de Loutres, de Lamproies de Planer, de Toxostomes, de Chabots et d'Ecrevisses à pattes blanches.

Les risques principaux recensés concernent une dégradation potentielle de la qualité des eaux.

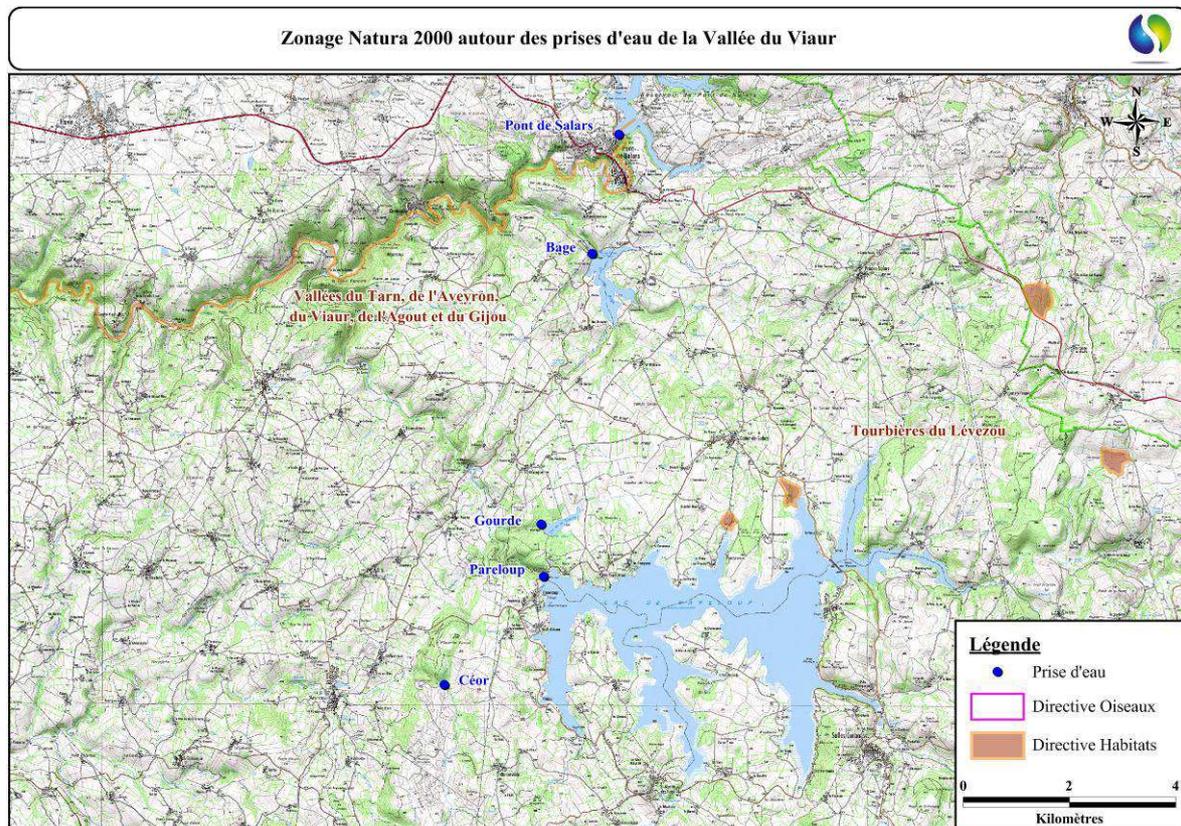


Figure 8 - Cartographie des zonages Natura 2000 à proximité du complexe hydroélectrique d’Alrance

4.2 QUALITE DES MILIEUX ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE

4.2.1 Classements au titre de l’article L214-17 du Code de l’Environnement

La LEMA du 30 décembre 2006 a réformé les classements de cours d'eau en les adaptant aux exigences de la Directive Cadre Européenne. Elle introduit deux nouveaux types de classement qui remplacent les anciens classements réglementaires (« cours d'eau réservés » et « cours d'eau classés à migrateurs »).

Les listes 1 et 2 des cours d'eau, classés au titre de l’article L214-17 du code de l’environnement, ont été arrêtées par le préfet coordonnateur du bassin Adour-Garonne le 7 octobre 2013. Les arrêtés de classement ont été publiés au journal officiel de la République française le 9 novembre 2013.

4.2.1.1 Classement en liste 1

Cette liste est établie parmi les cours d'eau, portions de cours d'eau ou canaux :

- En Très Bon Etat écologique ;
- Nécessitant une protection complète des poissons migrateurs amphihalins ;
- Ou identifiés par le SDAGE comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l’atteinte du Bon Etat écologique des cours d'eau d’un bassin versant.

Sur ces cours d'eau, aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique, et ceci à partir de la date de la publication des listes.

L’effet du classement en liste 1 est immédiat pour les nouveaux ouvrages.

Il n’y a pas d’incidence immédiate pour les ouvrages existants. La loi rappelle que le renouvellement de la concession ou de l’autorisation des ouvrages existants, régulièrement installés sur ces cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux sont subordonnés à des prescriptions permettant :

- De maintenir le Très Bon Etat écologique des eaux ;
- De maintenir ou d'atteindre le Bon Etat écologique des cours d'eau d'un bassin versant ;
- Ou d'assurer la protection des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée.

Cependant, il convient de noter que les exigences potentielles en matière de restauration de la continuité écologique lors du renouvellement des droits d’usage de l’eau ne sont pas exclusivement liées au classement et qu’elles peuvent être envisagées sur tout cours d’eau dès lors que l’étude d’impact ou les avis recueillis lors de l’instruction de la demande de renouvellement justifient ces aménagements.

Les objectifs de la liste 1 sont de préserver la qualité et les habitats de ces cours d’eau classés et de maintenir la continuité écologique en interdisant la construction de nouveaux ouvrages.

Par ailleurs l’amélioration reste possible du fait de la mise en conformité progressive des ouvrages existants au rythme des renouvellements de concessions ou d’autorisations ou par anticipation en application d’un classement en liste 2.

Aucune prise d'eau de l'aménagement d'Alrance n'est concernée par ce classement en liste 1

4.2.1.2 Classement en liste 2

Cette liste présente des cours d’eau, partie de cours d’eau ou canaux pour lesquels il est nécessaire d’assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs (amphihalins ou non).

Aucune prise d'eau de l'aménagement d'Alrance n'est concernée par ce classement en liste 2

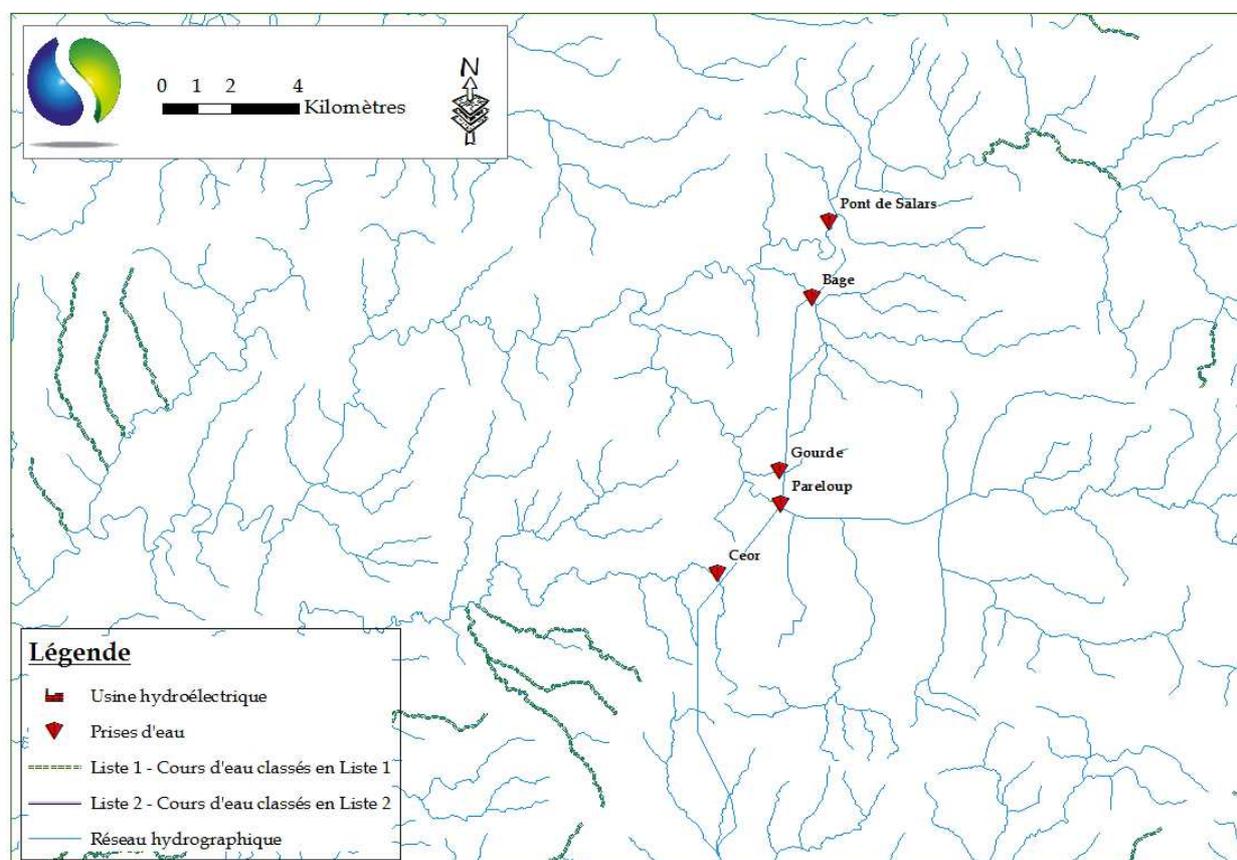


Figure 9 - Cours d’eau « classés » sur la zone d’étude

4.2.2 Etat des Lieux DCE

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), adoptée en décembre 2000 par le parlement européen, a pour ambition d'harmoniser les politiques de l'eau, tant sur les plans nationaux qu'europpéen.

Elle reprend et complète les réglementations antérieures qui touchaient à l'eau en imposant une obligation de résultats aux Etats membres.

Cette directive définit des objectifs qualitatifs de préservation et de restauration de l'état des eaux superficielles (douces et côtières) et des eaux souterraines.

Ainsi, ces eaux doivent atteindre le Bon Etat Global (Etats écologique et chimique) d'ici 2015.

Outre cet objectif, la DCE institue cinq grands principes de gestion :

- la gestion par bassin versant ;
- la fixation d'objectifs par masse d'eau, unités fonctionnelles de référence ;
- une analyse économique du prix de l'eau avec intégration des coûts environnementaux ;
- un mode de gouvernance en faveur de l'intégration du public et de la transparence ;
- une planification et une programmation avec des échéances et une méthode de travail spécifique.

Cette méthode de travail consiste à recenser les masses d'eaux et à identifier leurs problématiques à travers un état des lieux, puis à mettre en place un plan de gestion avec des objectifs environnementaux qui doivent être atteints à l'aide d'un programme d'action.

Un programme de surveillance doit assurer le suivi de l'avancée des objectifs fixés avant de renouveler la procédure tous les 6 ans.

En France, la DCE a été transposée dans le droit français en 2006 au travers de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (Lema).

Celle-ci s'est traduite par la création des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) en tant que plans de gestion, de suivis, de mesures d'actions...

4.2.2.1 Evaluation d'Etat et Pressions s'exerçant sur le Milieu

Ainsi, sur le territoire de l'étude, trois grandes masses d'eau sont caractérisées et font l'objet, à la fois, de mesures de suivis, d'évaluations qualitatives et quantitatives et d'objectifs de résultats d'état :

- FRFR204, Le Viaur du réservoir de Pont-de-Salars au confluent du Céor ;
- FRFR370, Le Vioulou du lac de Pareloup au confluent du Viaur ;
- FRFR205, Le Céor de sa source au confluent du Viaur ;

NB. Les ruisseaux de la Gourde et du Bage ne sont pas référencés comme masse d'eau superficielle individuelle (le Bage l'est mais uniquement au-dessus du barrage).

L’ensemble des informations individuelles des masses d’eau peut être récupéré sur le site internet <http://adour-garonne.eaufrance.fr/>.

La Figure 10 reprend de manière cartographique l’évaluation de l’état de chacune des masses d’eau de surface, suivant le type de compartiment suivi, dans le cadre de la procédure DCE (Etats Biologique et Physico-chimique donnant l’Etat Ecologique et Etat Chimique).

Les informations sur chacun des paramètres de classification (mesurés ou modélisés) sont indiquées dans les figures suivantes pour les masses d’eau directement concernées : Viaur (Figure 11), Vioulou (Figure 12) et ruisseau du Céor (Figure 13).

Il est à noter que pour toutes ces masses d’eau, les indices ont fait l’objet d’une classification par mesure directe et donc, avec une incertitude restreinte par rapport à de la modélisation.

Ne disposant pas d’informations sur ce compartiment, aucune des masses d’eau du secteur de l’étude n’est classée concernant l’Etat Chimique. Toutefois, les pressions agricoles sont notables et donc à prendre en considération comme une potentielle source de dégradation de la masse d’eau.

En revanche, concernant l’Etat Ecologique, l’ensemble des masses d’eau est classé en Bon Etat Ecologique, malgré une problématique bien identifiée sur la ressource en eau et sur la morphologie naturelle des rivières (par la présence même des barrages).

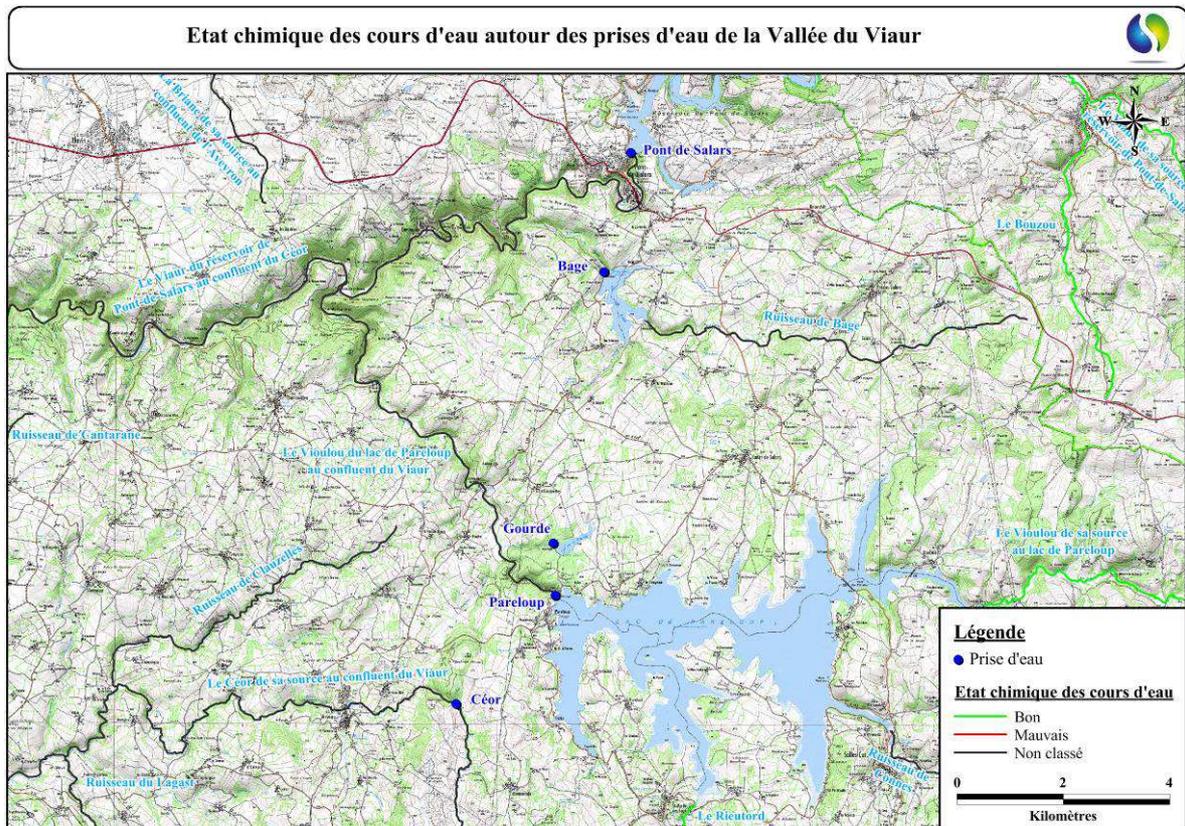


Figure 10 – Evaluation d’Etat des Masses d’Eau superficielles du territoire de l’étude (source - Agence de l’Eau Adour-Garonne)

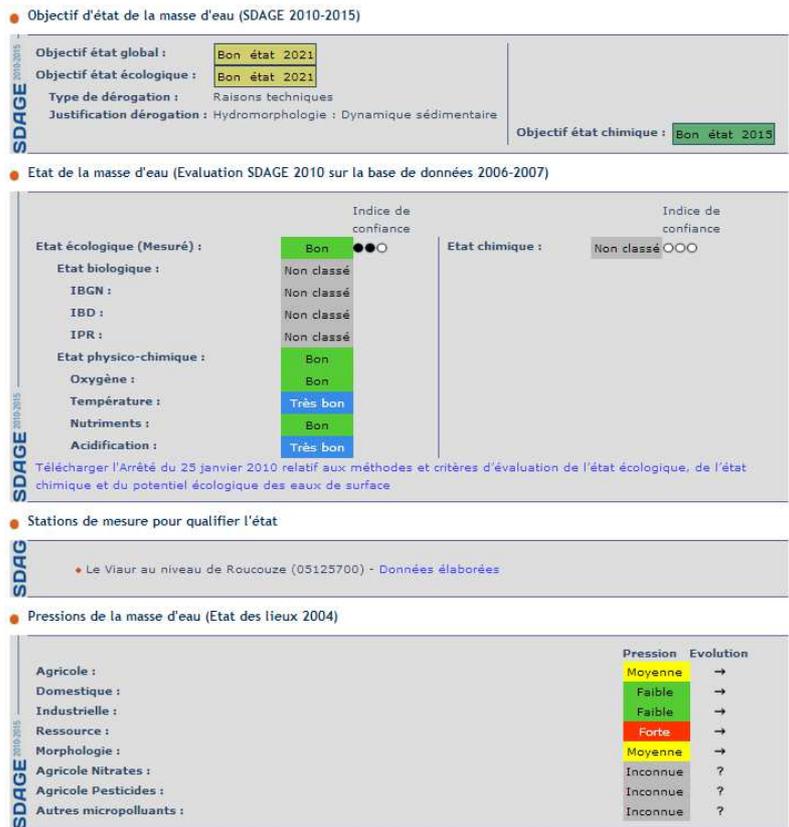


Figure 11 – Caractéristiques d'évaluation de la masse d'eau FRFR204, Le Viaur du réservoir de Pont-de-Salars au confluent du Céor (source - AE Adour-Garonne)

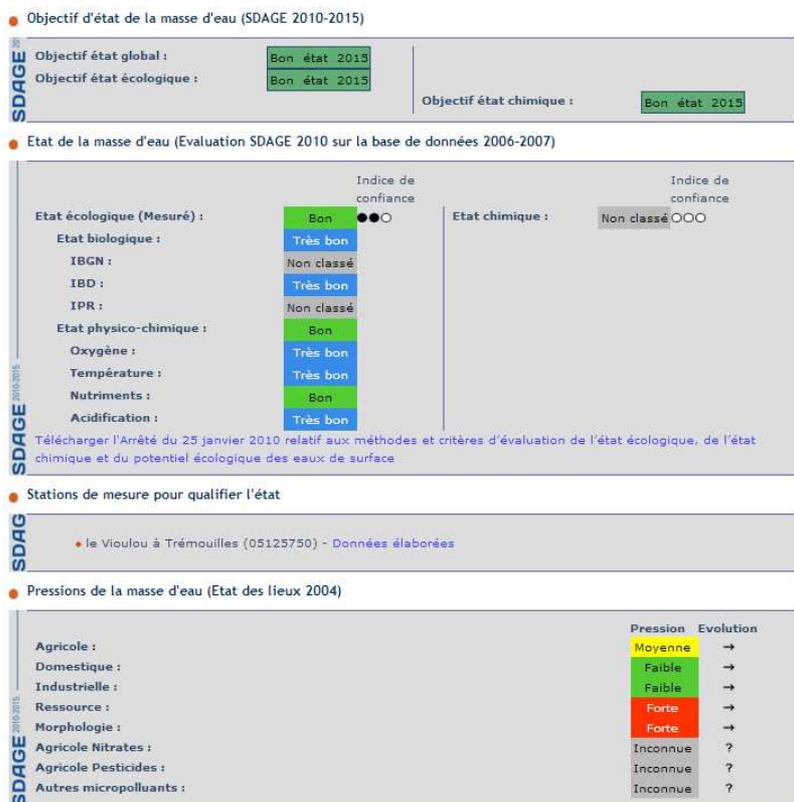


Figure 12 – Caractéristiques d'évaluation de la masse d'eau FRFR370, Le Vioulou du lac de Pareloup au confluent du Viaur (source - AE Adour-Garonne)

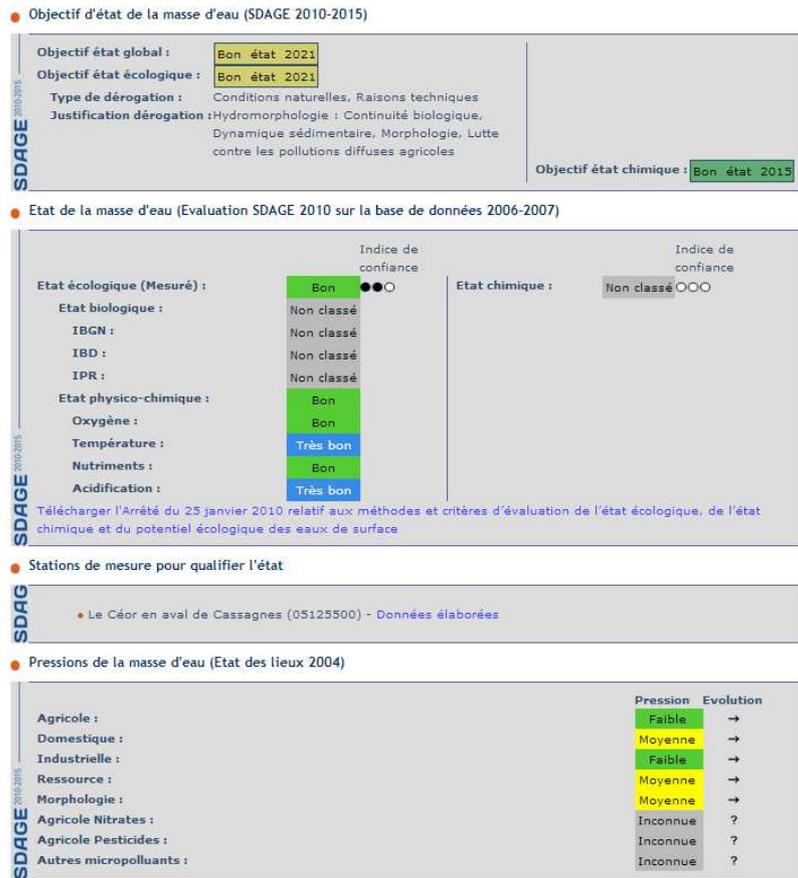


Figure 13 – Caractéristiques d'évaluation de la masse d'eau FRFR205, Le Céor de sa source au confluent du Viaur (source - Agence de l'Eau Adour-Garonne)

4.2.2.2 Objectifs d’Etat DCE

La Figure 14 reprend de manière cartographique l’objectif global d’état à atteindre pour chacune des masses d’eau superficielles caractérisées sur le territoire de l’étude avec l’échéance d’atteinte de cet état.

Malgré le bon classement actuel des masses d’eau du secteur de l’étude, notamment sur le compartiment biologique, l’échéance d’atteinte du Bon Etat global n’est fixée à 2015, sans report d’objectif, que pour le Vioulou.

Pour le Viaur et le Céor, compte tenu de raisons hydromorphologiques et de dynamique sédimentaire perturbée, et en raison d’une problématique sur la continuité biologique et sur les pollutions diffuses agricoles uniquement pour le Céor, l’objectif d’atteinte du Bon Etat est repoussé à 2021 pour ces deux masses d’eau.



Figure 14 – Echéance d’atteinte du Bon Etat des Masses d’Eau superficielles du territoire de l’étude (source - Agence de l’Eau Adour-Garonne)

5 LE CONTEXTE PHYSIQUE

L’objectif de l’étude étant de déterminer des débits minimum biologiques sur un grand nombre de tronçons influencés, il est apparu pertinent, outre la contextualisation générale du secteur, d’identifier des différences, ou au contraire des similitudes, typologiques et morphodynamiques.

Cette approche contribue dans la suite de l’étude aux éléments de comparaison entre des situations différentes ou a contrario pour l’extrapolation de certaines expertises à des contextes équivalents (pour une réduction de coût et une optimisation d’analyse par exemple).

Les structures géomorphologiques naturelles déterminent les paramètres qui influencent la dynamique fluviale et ses altérations. Il n’est, par exemple, pas judicieux de comparer d’égales à égales des mêmes pressions s’exerçant sur un cours d’eau coulant dans une gorge à forte pente avec un transit sédimentaire important et un petit cours d’eau de plaine à faible énergie.

Autre objectif de ce volet, bien identifier les différents fonctionnements afin de positionner de la manière la plus correcte et la plus pertinente les sites d’analyse et le type de méthode à employer.

Le projet national SYRAH-CE⁶ a développé une sectorisation hydromorphologique afin de disposer d’un cadre d’analyse adapté, consistant à créer un réseau de tronçons élémentaires sur une très grande partie du réseau hydrographique national. Cette sectorisation est basée sur les lois de la géomorphologie fluviale afin de présenter des caractéristiques géomorphologiques homogènes sur l’ensemble du linéaire de chacun de ces tronçons (géométrie du lit, pente, sinuosité, largeur de fond de vallée, style fluvial...).

A l’aide du référentiel existant mais également de nos propres outils, le territoire de l’étude est donc analysé sur chacun des paramètres pertinents susceptibles d’apporter des informations cohérentes et objectives pour une bonne caractérisation typologique. Une analyse détaillée des caractéristiques suivantes permet de décrire le contexte physique global du secteur mais également des différences éventuelles de fonctionnement entre chaque portion de cours d’eau :

- Caractéristiques de relief, de géologie et climatiques synthétisées dans les hydroécorégions (HER⁷) de niveau 1 et 2 (si nécessaire, sous-description de l’HER de niveau 1 correspondante), construites pour la mise en place du cadre de régionalisation pour la Directive Cadre Européenne sur l’Eau (DCE). Cette régionalisation basée sur ces déterminants primaires (géographie, climatologie, géologie, pédologie, ...) du fonctionnement des cours d’eau permet de discriminer des grandes régions homogènes en termes de processus physiques dominants ;

⁶ Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi, J.R., Souchon, PELLE, H., Y. & Wasson, J.G. (2008) : *Système Relationnel d’Audit de l’Hydromorphologie des Cours d’Eau SYRAH CE. Principes et méthodes.* - Rapport CEMAGREF

⁷ Wasson, J.G., Chandesris, A., Pella, H. & Blanc, L. - (2003) : *Les hydro-écorégions de France métropolitaine - Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d’invertébrés.* - Rapport CEMAGREF

- Taille des cours d’eau selon la classification des rangs de Strahler ; cette ordination étant une méthode simple et robuste permettant de proposer des limites typologiques au niveau des discontinuités réelles du réseau hydrographique correspondant à des changements de dimension.
- Typologie des cours d’eau appliquée sur les masses d’eau superficielles fournies par l’Agence de l’Eau ; cette typologie est directement issue de la classification appliquée pour la DCE (circulaire Ministère de l’Ecologie - DCE 2005/11) et est obtenue à partir d’un croisement hydroécocoréion/rang tout en tenant compte de l’influence hydrologique de l’amont.
- Attributs primordiaux issus des valeurs calculées d’après le référentiel de sectorisation du projet SYRAH-CE (pente du lit, largeur du fond de vallée, puissance spécifique en crue, rapport d’encaissement du cours d’eau dans sa vallée...).

Idéalement, l’utilisation des méthodes classiques sur l’analyse de sensibilité à la réduction des débits d’un cours d’eau doivent être menées sur des secteurs qui ne sont que peu modifiés par les activités anthropiques (autres que les incidences sur le débit), ces variations morphodynamiques par rapport à un référentiel naturel pouvant être responsables d’une modification de la réponse de la rivière par rapport à une typologie attendue.

Par l’application du même protocole de référence, une identification des pressions et des occupations du sol dans le lit majeur, susceptibles d’accroître ou d’atténuer les modifications en raison de la présence d’aménagements, est réalisée. Cette prise en compte des zones influencées par une gestion humaine du cours d’eau est importante :

- Pour compléter la caractérisation contextuelle des bassins analysés.
- Mais surtout afin d’identifier des secteurs de positionnement des sites d’acquisition de données pour lesquels les pressions anthropiques sont suffisamment faibles pour ne pas influencer le fonctionnement naturel du cours d’eau, en tout cas concernant sa structure morphologique.

Tout comme pour la caractérisation typologique, la démarche utilisée dans le cadre du projet SYRAH-CE semble pertinente compte tenu des exigences liées à cette étude. La démarche utilisée ici sera donc une caractérisation par une approche « descendante » du contexte d’occupation des sols par les aménagements et les usages. Les sous-bassins sont étudiés et observés à différentes échelles, en axant l’analyse sur l’utilisation des sols qui les caractérisent et les pressions qui s’exercent sur les cours d’eau.

5.1 TAILLE ET TYPOLOGIE DE COURS D’EAU

La représentation des cours d’eau par leur rang de Strahler permet par cette première approche de visualiser la taille des cours d’eau :

- La confluence de deux cours d’eau de rang 3 (Viaur et ruisseau de Bage) donne un cours d’eau de rang 4 au sein même du tronçon court-circuité ;
- Le Vioulou est en rang 3 sur l’ensemble du linéaire étudié ;
- Les ruisseaux de la Gourde et du Céor sont des cours d’eau de rang 1, pour ce dernier, en tout cas pour le linéaire directement influencé par la prise d’eau.

L’ensemble des cours d’eau du secteur sont endogènes Massif Central Sud, d’où leur classification officielle en « Très Petits, Petits et Moyens cours d’eau de l’HER3 ».

Dans la classification nationale, cette HER3 – Massif Central Sud est un massif montagneux au relief accidenté, élevé, et est constitué d’un grand plateau granitique relevé vers le sud, surmonté de reliefs d’origine volcanique. Il est pénétré au Nord par des grandes dépressions orientées nord-sud et entouré au sud par de grands plateaux calcaires. Les précipitations y sont abondantes et le climat froid et humide.

La zone d’étude n’est située que dans une seule Hydroécocorégion de niveau 2 :

- Le « Massif Central sur son versant occidental (n°93) », qui est en pente descendante vers l’ouest, incisé par de larges bassins permians qu’empruntent les cours d’eau les plus importants. Les reliefs sont relativement peu accentués ici, inférieurs à 1000 m mais avec des pentes plus fortes sur les versants des grands bassins primaires. Le climat y est océanique et humide.

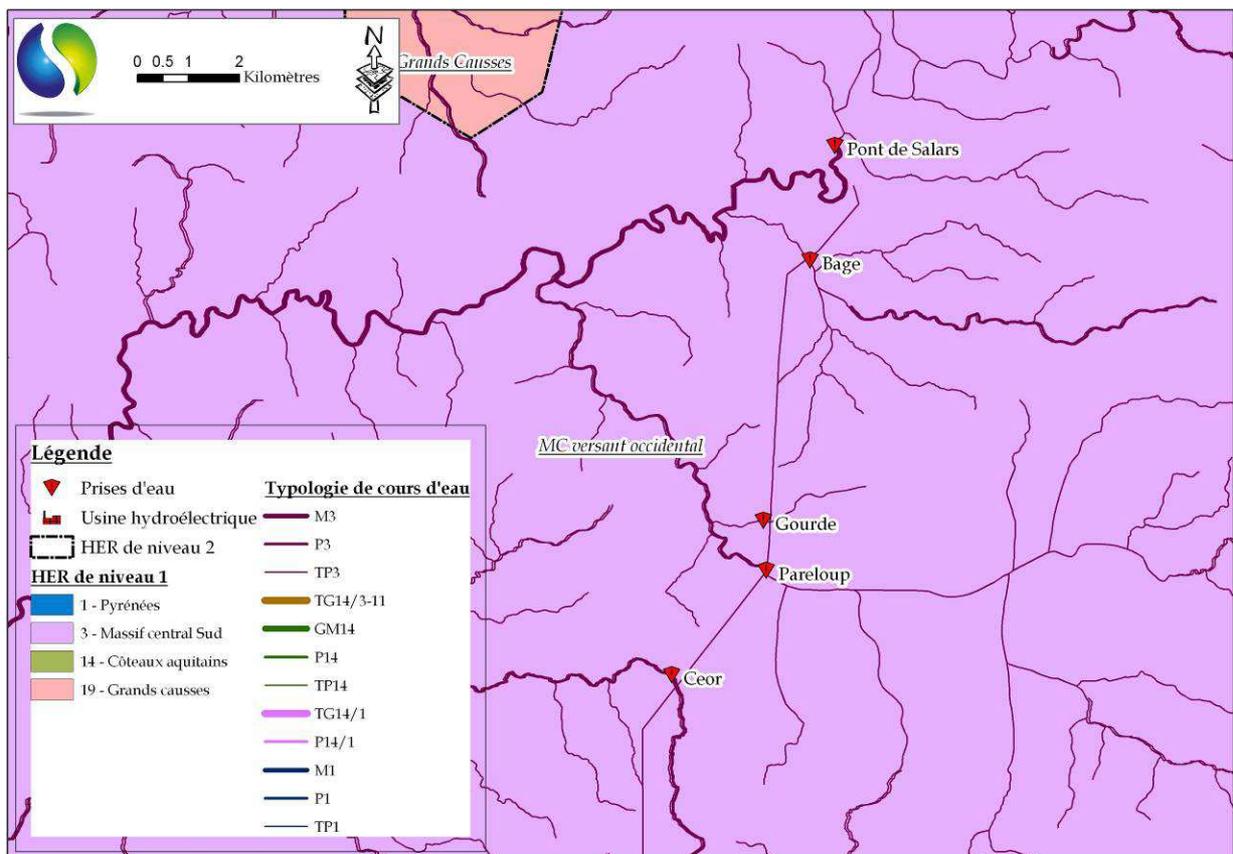
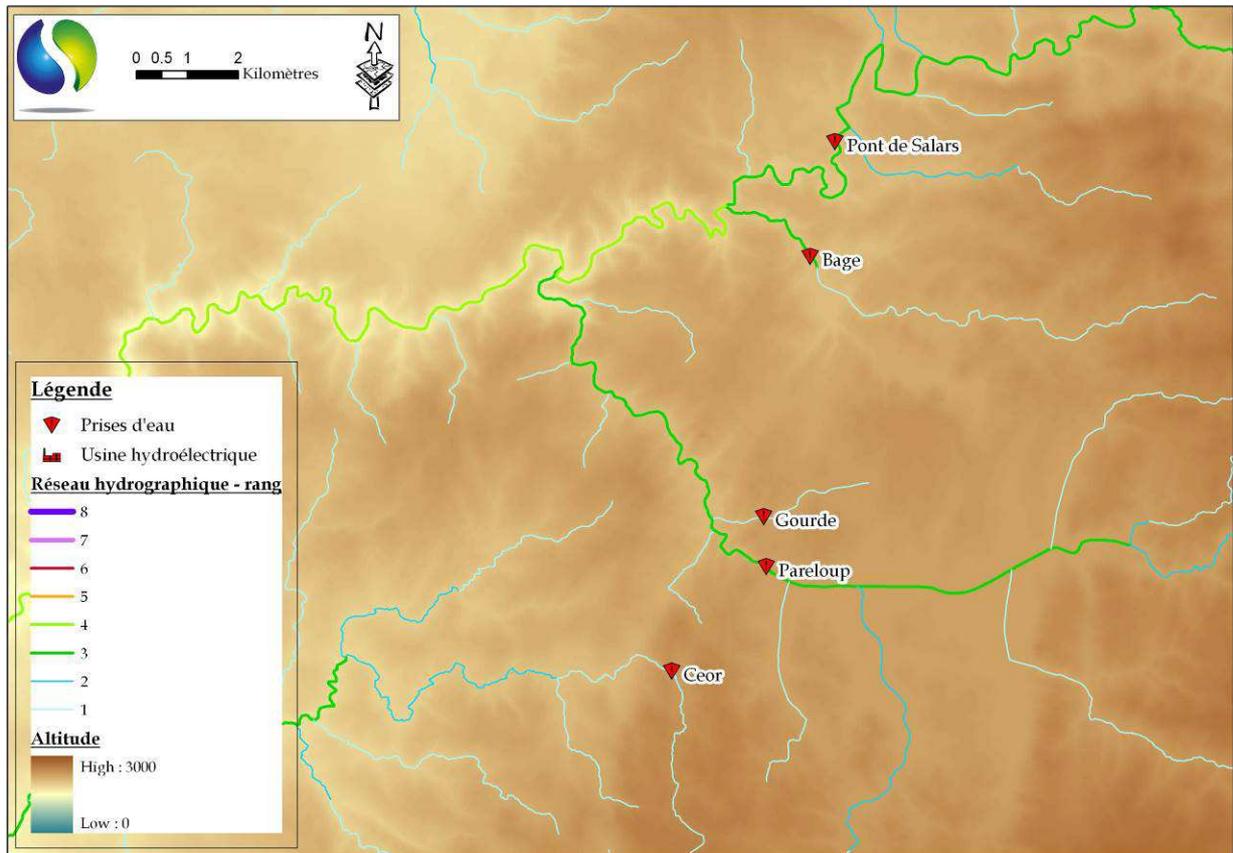


Figure 15 - Carte de représentation de la typologie des cours d’eau s’écoulant au sein des Hydroécorigions

5.2 CONTEXTE HYDROMORPHOLOGIQUE DU SECTEUR

Suite à cette première observation typologique de la zone d’étude et du réseau hydrographique, nous avons complété la contextualisation physique du secteur par l’utilisation de certains indicateurs issus du programme SYRAH-CE :

- Le Viaur et le ruisseau de Bage présentent un encaissement de vallée très élevé alors qu’il est cartographié « uniquement » fort pour les trois autres cours d’eau. On note ici l’incertitude du modèle d’analyse car la sectorisation a montré que la Gourde et le Céor, à minima sur leur portion amont, présentaient des encaissements aussi prononcés que pour le Viaur et son premier affluent ;
- Les cours d’eau, conformément à la typologie de classification, présentent de faibles pentes de cours d’eau pour les axes principaux (Viaur, Vioulou et Bage) et moyennes (entre 2.5 et 5%) pour les plus petits ruisseaux. On notera en effet que suite à la validation par sectorisation in-situ, seules les portions amont du Vioulou présentent des pentes prononcées, similaires à la Gourde et au Céor ;

NB. Le « Rapport d’encaissement » est le rapport de la largeur du fond de vallée sur la largeur du cours d’eau à pleins bords. Ce rapport permet notamment de déterminer la mobilité latérale potentielle du cours d’eau. Il peut aussi être utilisé pour déterminer la possibilité de développement d’un corridor de végétation alluviale. Il représente le rapport d’encaissement moyen de vallée pour chaque tronçon qui compose le réseau TGH. Cette valeur doit permettre d’évaluer les capacités de déplacement latéral du lit mineur et de recharge sédimentaire. Les niveaux les plus bas représentent ainsi les cours d’eau les plus encaissés alors que les valeurs hautes traduisent un large espace de mobilité. Toutefois, dans le programme SYRAH-CE, cet indicateur est tout théorique dans la mesure où le niveau de précision du MNT utilisé (MNT à 50m de l’IGN) laisse une incertitude non-négligeable dans le cas des vallées montagnardes, ce qui est le cas ici. Il convient donc de prendre cet indicateur avec toute la prudence nécessaire.

- Les cours d’eau concernés par l’étude présente ainsi des rapports d’encaissement diversifiés. La dynamique potentielle latérale des cours d’eau n’est permise, moyennant l’analyse sur le blocage anthropique, que sur le Céor et la Gourde qui présentent, il est vrai, une certaine liberté potentielle au sein de leur lit majeur lorsque que l’on les observe in-situ. Pour Le Vioulou, le Bage et le Viaur sur la portion amont, cette liberté est considérablement restreinte alors que le Viaur, à l’aval de la confluence avec le Bage, ne dispose que d’un espace de mobilité réduit ;

*La « Puissance potentielle » du cours d’eau est obtenue par le produit de la pente de la vallée (en m/m) par le débit spécifique^{0.99} (débit non dépassé 99% du temps sur la courbe des débits classés, en m³/s/km²) et par le poids volumique de l’eau (9810 N/m³). Cette valeur est préférable à la puissance spécifique « classique » ((pente du cours d’eau * débit de fréquence biennale * 9810) / largeur), pour s’affranchir de la forte incertitude qui pèse encore sur les largeurs de cours d’eau disponibles de manière indirecte par SIG. De plus, la pente et la largeur d’un cours d’eau sont des variables de réponse et non de contrôle, donc facilement modifiables par l’Homme.*

- Naturellement en moyenne montagne, nous sommes en présence de cours d’eau à la puissance spécifique potentielle élevée. Toutefois, le Viaur, immédiatement à l’aval de Pont-de-Salars et après la confluence avec le Vioulou, de par son débit relatif pour la première portion et par la pente pour la portion aval, dispose d’une puissance relative moindre.

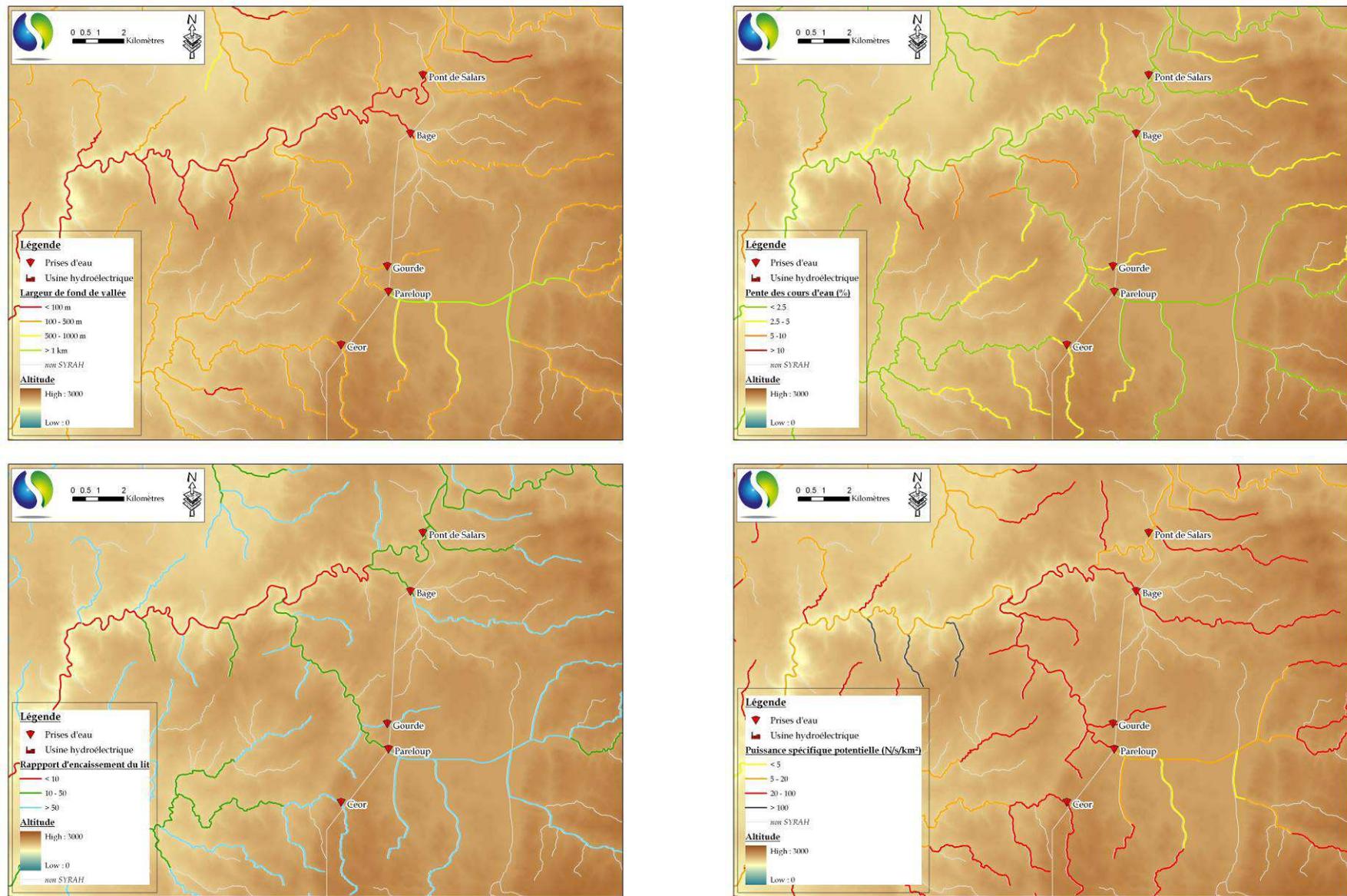


Figure 16 – Indicateurs de contextualisation hydromorphologique du réseau hydrographique (source – SYRAH-CE)

5.3 CONTEXTE D’OCCUPATION DES SOLS

Dans un troisième temps, une identification des pressions a été réalisée sur le cours d’eau et son lit majeur. Cette prise en compte des zones influencées par une gestion humaine du cours d’eau est importante :

- Pour compléter la caractérisation contextuelle des bassins analysés ;
- Afin d’identifier des secteurs de positionnement des sites d’acquisition de données pour lesquels les pressions anthropiques sont suffisamment faibles pour ne pas influencer le fonctionnement naturel du cours d’eau, en tout cas concernant sa structure morphologique.

Une analyse détaillée des caractéristiques suivantes permet de décrire les différences d’utilisation des sols à l’intérieur de chacun des tronçons identifiés :

- Postes CORINE Land Cover (IFEN), inventaire biophysique de l’occupation des sols décrite à l’échelle 1/100000 avec un seuil minimal de 25Ha. Les postes d’occupation des sols concernant les territoires artificialisés ou anthropiques sont analysés car souvent synonymes de consolidation des berges pour la protection des zones urbaines et sources de modification morphologiques importantes pour les cours d’eau ;
- Ouvrages transversaux en lit mineur (base ROE-ONEMA) responsables de la modification des flux solides et liquides en raison du blocage qu’ils exercent sur le cours d’eau ; A noter toutefois que cette base est un inventaire bibliographique récent de différentes études de recensement ; Des manques ou des doublons sont possibles et seule la présence/absence est utilisable, sans notion de taille ou de hauteur de chute ;
- Données cartographiques pour visualiser les principales infrastructures exerçant une pression sur les cours d’eau, leur lit mineur et majeur (routes, voies ferrées...). La présence de ces voies de communications ou obstacles à proximité immédiate du cours d’eau entraîne, la plupart du temps (après stabilisation des berges pour la protection de ces routes, par exemple), une réduction de sinuosité, une modification de la géométrie du lit mineur et une forte altération de la dynamique latérale.

5.3.1 Corine Land Cover

L’occupation des sols est dominée par les postes d’origine naturelle dans le fond de vallée des cours d’eau étudiés, à l’exception :

- Du Vioulou sur sa portion intermédiaire qui subit des pressions agricoles (conformes aux classifications du SDAGE) non-négligeables ;
- Du Céor en amont immédiat d’Arviu qui subit le même type de pressions ;
- Du Viaur, immédiatement en aval du barrage dans la traversée de Pont-de-Salars.

Ces activités humaines sur ces portions peuvent certainement avoir un impact morphologique non-négligeable sur des cours d’eau dont la puissance spécifique potentielle n’est pas semblable à celle que l’on peut observer en montagne et dans les Pyrénées notamment.

Ces pressions en lit majeur, associées à la pression sur les transits solides et liquides directement impactés par les prises d’eau et les prélèvements agricoles multiples ont effectivement été recensées lors du classement des cours d’eau.

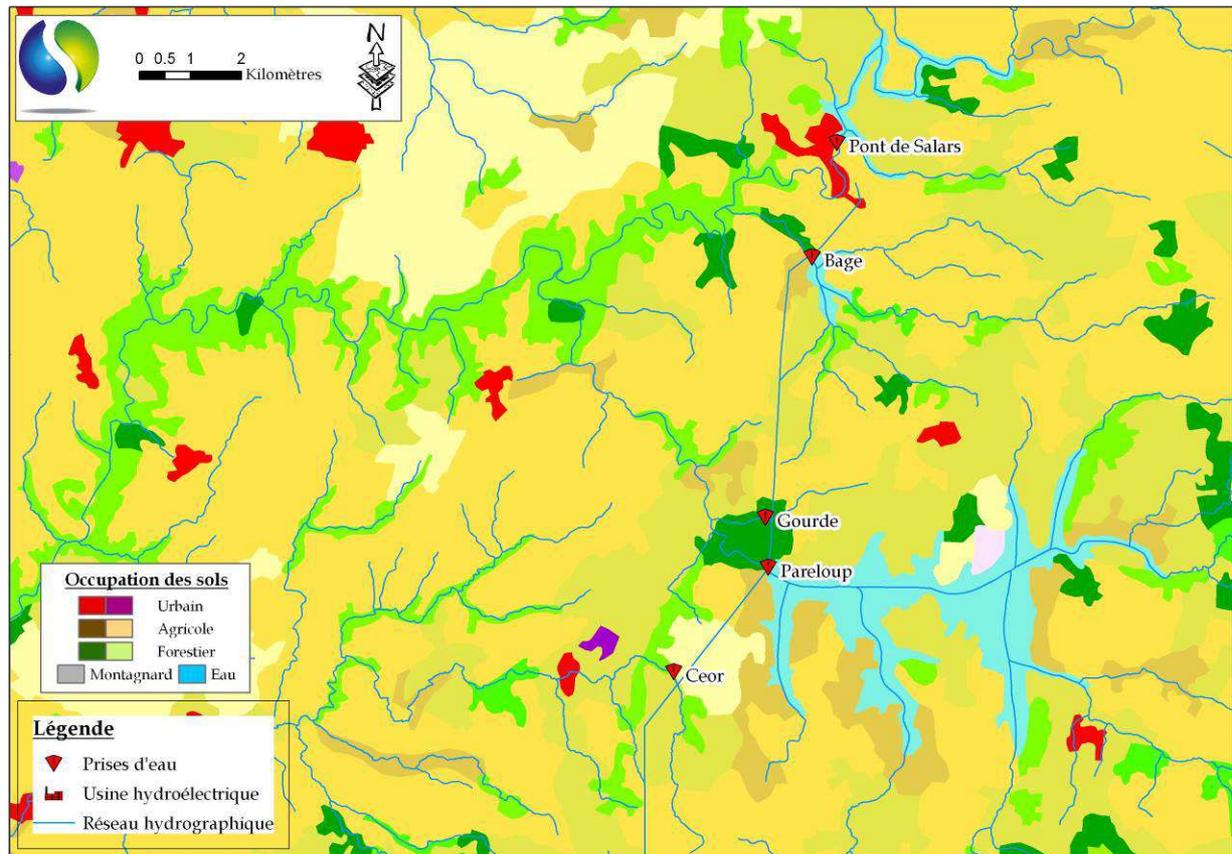


Figure 17 - Carte de représentation des postes CORINE Land cover de la zone d'étude (les multi-codes de certains types sont liés à la différence d'intensité)

5.3.2 Voies de communication en lit majeur et Ouvrages en lit mineur

D'après les données du Référentiel Obstacles à l'Écoulement (ROE), en plus des barrages représentés par les prises d'eau étudiées ici, seuls quelques seuils en rivière sont présents sur le linéaire du Viaur. La vérification des données sur la base ouvrages de l'Agence de l'Eau permet de valider le positionnement des ouvrages hydroélectriques mais on verra que plusieurs seuils à autre usage et difficilement franchissables ont également été recensés durant les sectorisations in-situ, a minima sur le Vioulou.

Ces informations permettent, comme nous l'avons précisé auparavant, de prendre toutes les précautions d'usage avec l'utilisation de ce référentiel. Ce référentiel des obstacles à l'écoulement est assez récent, l'ensemble des ouvrages n'étant pas référencé. Il est donc d'autant plus important lors de la prospection sur le terrain de compléter la présence d'éventuels obstacles transversaux non référencés et pouvant gêner l'écoulement naturel du cours d'eau et la continuité écologique.

Les voies de communication ne semblent pas être un impact majeur à la dynamique latérale des rivières, d'autant plus que les seules présences de routes au sein du lit majeur des cours d'eau étudiés sont des traversées ponctuelles. La présence localisée de ces routes (d'autant plus si elles sont perchées) ne semble donc pas être un élément déterminant sur la mobilité naturelle éventuelle des rivières.

Toutefois, à cette échelle il n’est pas possible de déterminer si des digues de soutènement de ces voies ou bien des protections de berges sont localement susceptibles de restreindre la dynamique naturelle. Seule la prospection de sectorisation nous permettra d’apporter des précisions sur cet élément.

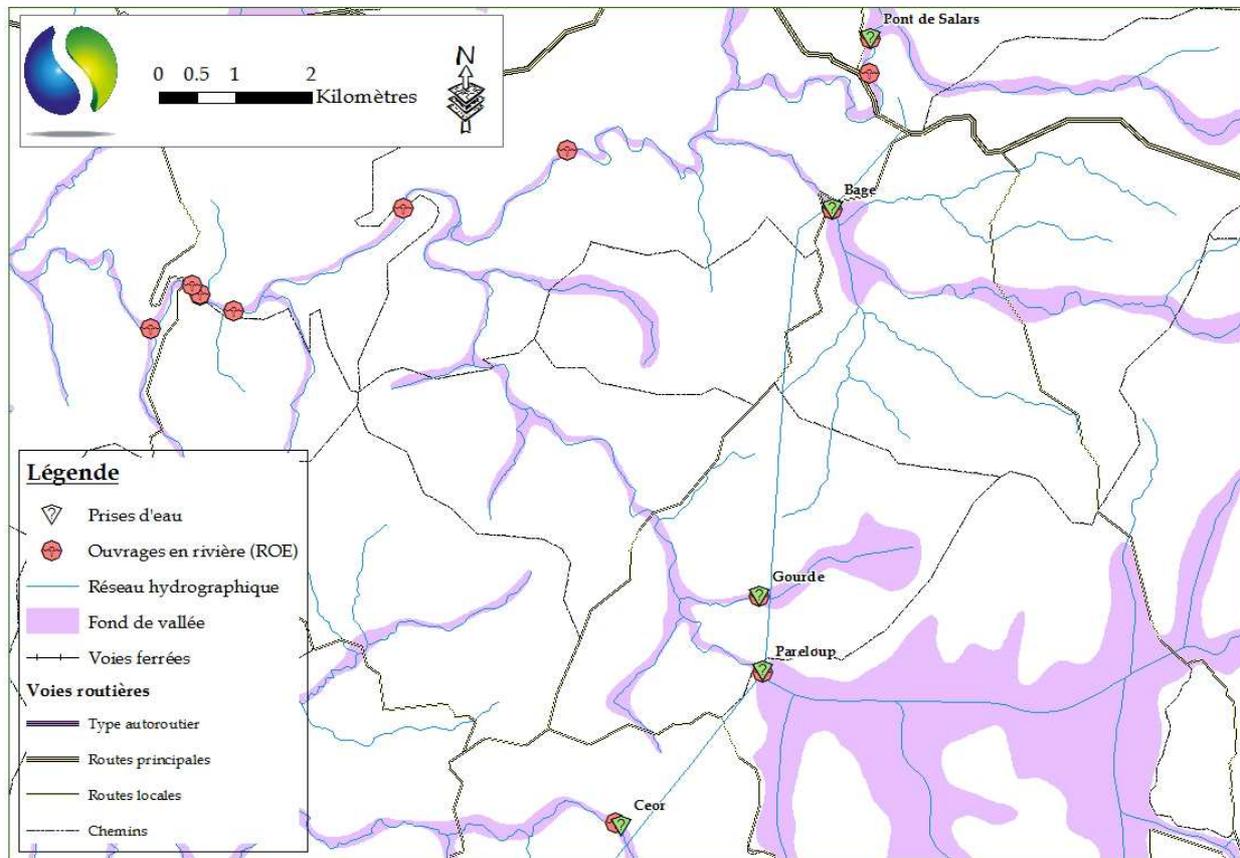


Figure 18 - Carte de représentation des ouvrages transversaux en rivière et des voies de communication sur le secteur de l’étude à mettre en relation avec leur présence éventuelle au sein du fond de vallée

La dynamique naturelle des rivières semble impactée, essentiellement à travers la pression qui peut s’exercer sur la ressource en eau, les flux liquides et indirectement les flux solides (présence d’ouvrages bloquant et limitation de la remobilisation granulométrique), par la réduction du débit moyen (débit réservé) et la limitation de la fréquence des crues morphogènes.

De plus, les pressions agricoles localisées sont susceptibles d’être responsables de pollutions diffuses mais également, pour les cours d’eau les plus petits, d’une modification anthropique de leur lit (recalibrage, rectification...).

6 SECTORISATION AFFINEE SUR LE SECTEUR RAPPROCHE

La sectorisation d’analyse indirecte, basée sur l’homogénéité des mêmes paramètres géologiques, géomorphologiques, hydrologiques ou autres se traduisant par de nettes modifications de la morphologie générale de la rivière ou de sa vallée, prépare la prospection.

En effet, malgré cette expertise aussi fine et pertinente que possible qui permet avant tout de contextualiser les milieux et fonctionnements et d’identifier grossièrement le positionnement des stations de mesure nécessaires, une analyse précise et directe de terrain sur les tronçons influencés s’avère nécessaire pour la validation de ces informations ainsi que pour implanter correctement les différents sites de mesures.

Sur l’intégralité des linéaires influencés ou de référence (amont immédiat des ouvrages pour disposer d’une vision « non-impactée », tronçons court-circuités ou tronçons influencés par des modifications par rapport au régime naturel), il s’agit ici de réaliser une description globale de l’ensemble des paramètres de fonctionnement morphologique grâce à une prospection de terrain.

Cette prospection à pied est réalisée, à débit bas, sur l’intégralité du linéaire concerné. Au cours de cette visite, sont identifiées toutes les caractéristiques de fonctionnement de la rivière et principalement les éléments susceptibles d’influencer profondément le fonctionnement actuel de la rivière suite à la modification à venir des débits :

- La morphologie globale de la vallée et les pressions ponctuelles ou diffuses s’exerçant sur le cours d’eau et son lit majeur ;
- La structure sommaire de la ripisylve avec estimation de son intérêt écologique et de son fonctionnement comme annexe hydraulique secondaire ;
- La granulométrie moyenne observée selon l’échelle de WENTWORTH modifiée (Annexe 10.1) ;
- La succession globale des faciès morphodynamiques est relevée selon une clé de détermination empirique propre (Annexe 10.2) ;
- Les paramètres généraux d’écoulement du lit (largeur, pente, dynamique latérale...) ;
- La présence d’obstacle à l’écoulement des flux solides et liquides ;
- La présence d’obstacles à la continuité biologique ;
- Les zones d’habitat piscicoles singulières (obstacles, abris, caches, frayères potentielles...) ;
- Enfin, les secteurs soumis à des désordres fonctionnels de type colmatage interstitiel ou de surface, susceptibles d’avoir un impact fort sur la vie aquatique (Annexe 10.4).

Ce volet est avant tout orienté sur les notions principales liées aux débits influencés :

- Continuité impactée par les obstacles infranchissables naturellement ou à bas débit influencé ;

- Exondation (ou à l’inverse, gain d’habitat par mise en eau à débit supplémentaire envisagé) de zones biologiques potentiellement favorables (habitats, frayères, zones humides...) ;
- Déconnexion des zones refuges entre elles (impossibilité de transit entre zones à utilisation fréquentes, fragmentation spatiale du milieu) ;
- Perte des habitats latéraux, les plus favorables aux peuplements aquatiques (sous-berges, milieux racinaires...).

6.1 LE VIAUR

L’ensemble du secteur étudié représente un linéaire de 13 kilomètres environ pour le Viaur (entre le barrage de Pont-de-Salars et la confluence avec le Vioulou).

La sectorisation a permis de repérer 2 grands secteurs aux fonctionnements hydromorphologiques variables

- Le secteur S1 correspond à une zone d’entrée de gorge, avec des pentes faibles à moyenne (de l’amont vers l’aval). Il prend place du barrage de Pont de Salars à l’entrée des gorges du Viaur. La largeur moyenne du cours d’eau est de 6 m ;
- Le secteur S2 correspond à la zone de gorges, avec un fond de vallée beaucoup plus contraignant et des pentes plus fortes. La largeur du Viaur sur ce secteur est en moyenne de 12 m.

La localisation des différents tronçons et secteurs ainsi que leurs principales caractéristiques sont représentées dans les figures ci-dessous.

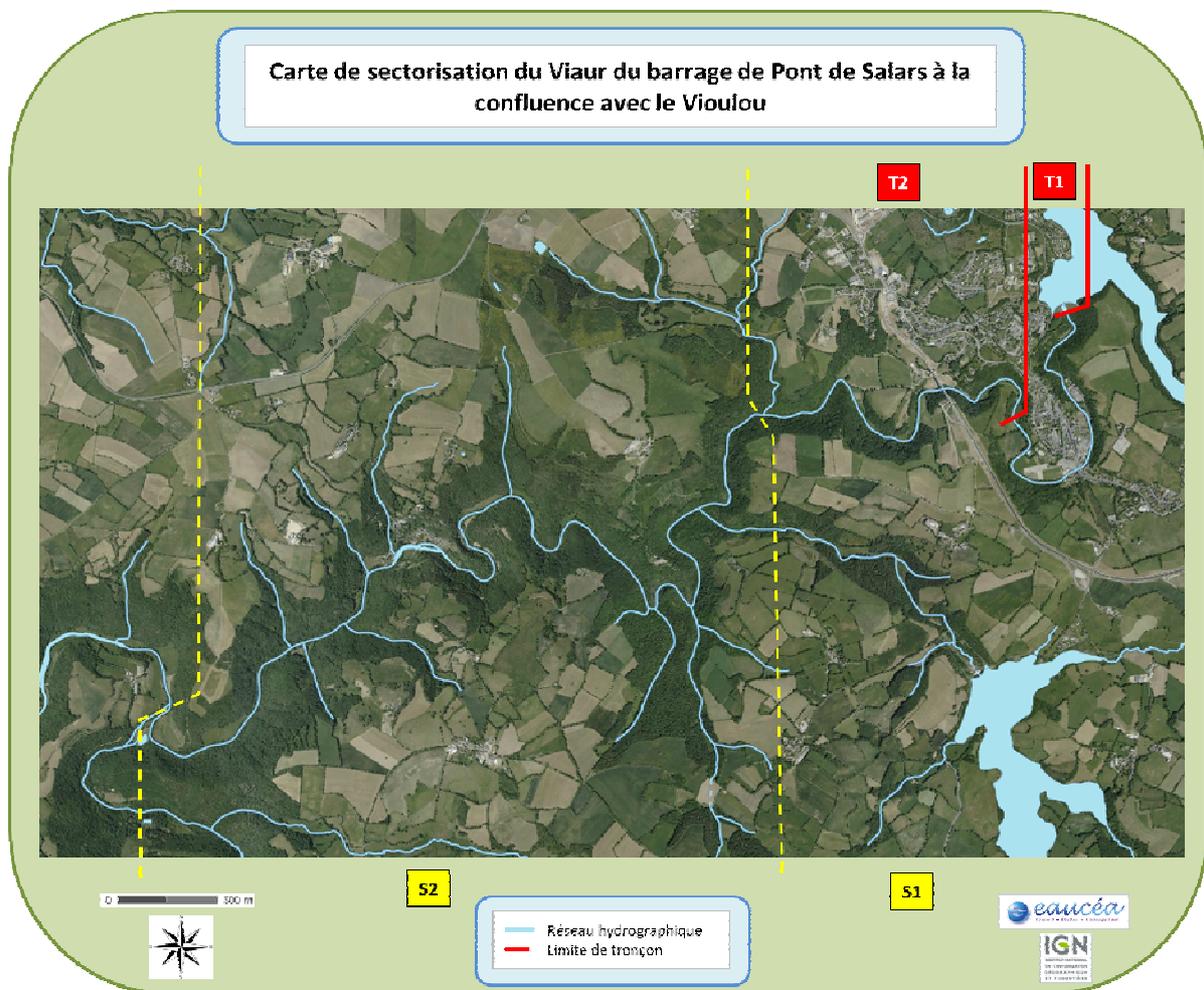


Figure 19 - Carte de sectorisation du Viaur sur le périmètre d'étude

6.1.1 S1 : Secteur d'entrée de gorge

Ce secteur peut être partagé en deux tronçons très différents d'un point de vue morphodynamique.

6.1.1.1 Tronçon T1

Ce tronçon correspond à l'aval immédiat du barrage de Pont de Salars et à la traversée du village de pont de Salars. Le cours d'eau est ici soumis à de fortes pressions morphologiques : très artificialisé, il est en majeure partie bétonné et rectifié.

La ripisylve est quasi absente sur la partie amont mais devient plus présente (en cordon discontinu à continu) vers l'aval du tronçon. La végétation aquatique (hydrophyte et héliophyte) est très présente du fait de l'éclairement fort du lit sur certaines parties et du faible tirant d'eau.

Les écoulements sont monotones, majoritairement lenticules. Le colmatage apparaît important.

Sur la partie la plus aval, des micros aménagements piscicoles permettent une certaine diversification des écoulements et créent un chenal plus rétréci, permettant une augmentation de la profondeur de lame d'eau.



6.1.1.2 Tronçon T2

Ce tronçon possède un lit beaucoup moins contraint du fait de l'occupation des sols moins anthropique avec majoritairement des pâtures ou des bois.

Les écoulements sont plus diversifiés, la dynamique latérale est partiellement préservée et permet la présence d'annexes hydrauliques.

Le lit mineur s'est réajusté, très certainement du fait du maintien d'un débit réservé depuis plusieurs décennies. En effet le lit vif s'est resserré, grâce aux dépôts latéraux de sédiments fins qui se sont peu à peu végétalisés.

La granulométrie naturelle semble assez grossière, mais le colmatage est très important, celui-ci diminuant vers l'aval avec l'augmentation progressive des pentes.

Plusieurs espèces patrimoniales sont présentes sur ce tronçon, notamment la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*). Elle a d'ailleurs été identifiée lors de cette étude : trois sites d'épreintes sur 500 m de cours d'eau ont été repérés.

D'un point de vue de la végétation, nous pouvons citer le Sceau de Salomon (*Polygonatum multiflorum*) ou encore une belle station de Perce neige (*Galanthus nivalis*).



Epreinte de loutre observée in situ

6.1.2 S2: Secteur des gorges du Viaur

Ce secteur est homogène dans l'ensemble : le découpage en tronçons aurait été possible mais n'aurait apporté aucune information supplémentaire. En effet, il aurait conduit à séparer des tronçons uniquement sur la largeur du cours d'eau, essentiellement liée aux apports intermédiaires.

Seul point à noter, la présence de zones lenticques de type lacustre au niveau de Camboulas, du fait de la présence de seuils artificiels.

Le fond de vallée est par endroit plus étroit et plus contraignant pour la dynamique latérale potentielle du cours d'eau. Malgré tout, plusieurs annexes fluviales sont présentes, permettant ainsi de diversifier le milieu.

Les écoulements sont également plus diversifiés que sur le secteur amont, et plus lotiques, notamment grâce à l'augmentation des pentes. De grande mouilles sont également présentes de façon naturelle.

La granulométrie est plus grossière : de nombreux blocs parsèment le lit mineur.

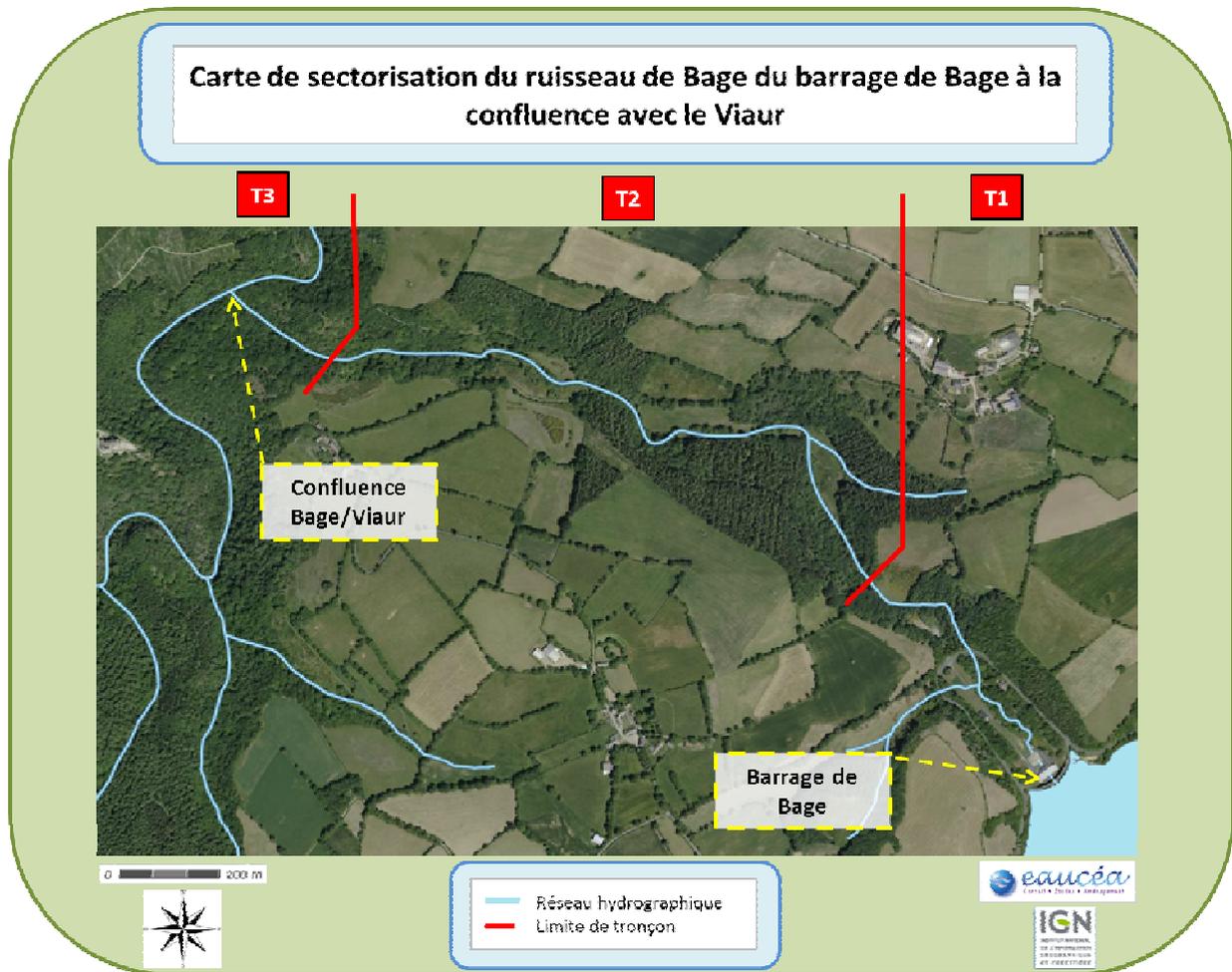
La ripisylve est fournie, permettant un bon apport en litière et un ombrage important du cours d’eau, élément positif pour la température de l’eau en période estivale. Cette ripisylve permet de créer des sous-berges et des embâcles, permettant eux aussi de diversifier l’habitat.

Le Viaur s’écoule ici dans un contexte naturel intéressant pour les espèces, notamment pour la Loutre.



6.2 RUISSEAU DE BAGE

Ce ruisseau, du barrage à sa confluence avec le Viaur, se trouve dans un secteur d'entrée de gorges. Il peut être décrit d'un point de vue morphodynamique en 3 tronçons distincts.



6.2.1 Tronçon T1

Ce tronçon correspond à la portion amont du ruisseau, juste à la sortie du barrage. Le fond de vallée est ici relativement encaissé contraignant latéralement le ruisseau.

Les pentes de lit sont relativement faibles et les faciès d'écoulement sont monotones, principalement composés de plats lotiques, lentiques et de petits radiers.

La granulométrie majoritaire, blocs et pierres, est colmatée par du sable et de la vase.

Il y a très peu d'abris ou d'habitats propices à la faune piscicole. En revanche, des épreintes de Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) ont été vues et confirmées sur ce tronçon. Ceci laisse penser que l'espèce est présente sur l'ensemble du cours d'eau malgré le fait que ce tronçon ne semble pas être celui qui possède la meilleure qualité d'habitat pour cette espèce.



6.2.2 Tronçon T2

La vallée est ici moins encaissée. La pente moyenne du fond du lit augmente légèrement ce qui permet de diversifier les écoulements. Les faciès sont des alternances radier/mouille avec des zones de plat lotique.

Le nombre de sous-berges et autres abris piscicoles est plus important que sur le tronçon précédent.

Le contexte latéral est composé de pâtures et de zones forestières de type hêtraies.

On note une diminution du colmatage. Malgré tout, les apports latéraux en matériaux fin semblent très importants du fait d’un piétinement régulier des berges par les bovins.

De nombreuses zones humides bordent le cours d’eau, semblant fortement propices aux amphibiens, notamment d’après le nombre de pontes détecté.



6.2.3 Tronçon T3

Ce tronçon est très différent des deux précédents, notamment du fait d’une augmentation globale des pentes.

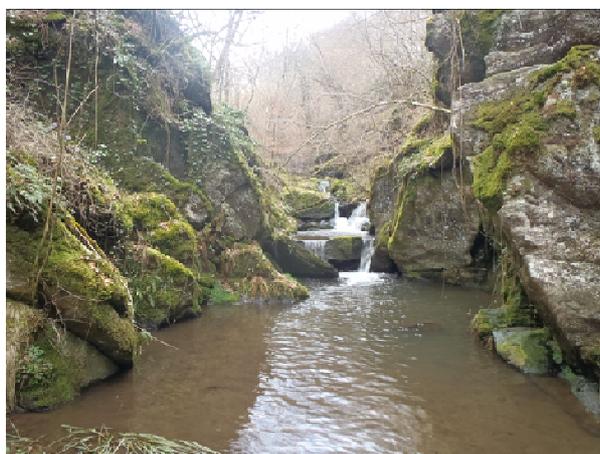
Les faciès d’écoulements sont majoritairement des chutes, des cascades avec des fosses. Il est à noter sur cette partie du cours d’eau des chutes naturelles infranchissables par montaison pour des truites.

La granulométrie est grossière avec principalement des rochers, des blocs et des pierres.

Le colmatage est légèrement moindre mais toujours relativement important.

Les sous-berges sont rares mais les abris plus diversifiés du fait de la présence importante des blocs au sein du lit.

Ce tronçon est purement forestier, entourés de falaises de granite et de hêtraies. La confluence avec le Viaur se situe dans la zone de gorges.



6.3 LE VIOULOU

L’ensemble du secteur étudié représente un linéaire de 11 kilomètres environ pour le Vioulou (entre le barrage de Pareloup et la confluence avec le Viaur).

La sectorisation a permis de repérer 14 entités distinctes aux fonctionnements hydromorphologiques variables, réparties sur 3 grands secteurs différents.

La localisation des différents tronçons et secteurs ainsi que leurs principales caractéristiques sont représentées dans les figures et le tableau ci-dessous.

6.3.1 Secteur 1 – Aval immédiat du barrage de Pareloup

Ce secteur présente une vallée très encaissée à la pente forte avec une végétation très dense.

6.3.1.1 Tronçon T1

C’est ici une rivière à faible pente directement impactée par le barrage et les aménagements liés. La végétation rivulaire est ainsi totalement absente. Les écoulements sont principalement lotiques avec une granulométrie grossière.



6.3.1.2 Tronçon T2

Le ripisylve est ici très dense et en bon état. On note un élargissement du lit et des écoulements un peu plus diversifiés. L’amont du tronçon est marqué par le seuil de dégravement à l’aval de la zone anthropisée du barrage.



6.3.1.3 Tronçon T3

L’élargissement du lit se fait encore un peu plus sentir mais les conditions morphodynamiques sont relativement semblables au tronçon précédent. Une salamandre a pu être observée lors de la prospection à proximité immédiate du cours d’eau.



6.3.1.4 Tronçon T4

La vallée est ici toujours de même configuration mais les écoulements commencent à changer avec une prépondérance de plats, en alternance avec des radiers. Un pont busé est recensé mais il ne présente qu’un moindre obstacle à la continuité.



6.3.2 Secteur 2 – Zone médiane

Le milieu est ici beaucoup plus ouvert mais le fond de vallée est aussi plus anthropisé.

6.3.2.1 Tronçon T5

Les écoulements sont ici très homogènes avec quasi-exclusivement des plats lenticulaires. On note surtout sur ce secteur la disparition progressive de la végétation rivulaire due à la pression de pâturage accrue et les divers aménagements anthropiques en fond de vallée.



6.3.2.2 Tronçon T6

La présence d’un seuil infranchissable, terminant ce tronçon, octroie au milieu un caractère « lacustre » de type bief atypique du cours d’eau originel.



6.3.2.3 Tronçon T7

A l’aval du seuil, on retrouve une rivière plus typique avec un retour localisé de la végétation riparienne dense et en bon état. Les écoulements sont donc bien diversifiés, tout comme la granulométrie du fond du lit.



6.3.2.4 Tronçon T8

A nouveau, un seuil, cette fois-ci franchissable par les poissons, transforme la rivière en bief avec des écoulements très lents et profonds.



6.3.2.5 Tronçon T9

La rivière est à nouveau semblable à ce que l’on avait pu observer sur le tronçon T7.



6.3.2.6 Tronçon T10

Un nouveau seuil infranchissable donne un caractère « lacustre » atypique au milieu aquatique, avec élargissement du lit mouillé et approfondissement de la lame d’eau.



6.3.3 Secteur 3 – Amont de la confluence avec le Viaur

A nouveau, on observe la fermeture et l’encaissement de la vallée avec une occupation du sol majoritairement naturelle et boisée.

6.3.3.1 Tronçon T11

Au fur-et-à-mesure que la vallée se referme, la rivière retrouve son caractère naturel et ses écoulements diversifiés avec la disparition de l’occupation anthropique du fond de vallée sur ce très long tronçon.



6.3.3.2 Tronçon T12

En comparaison avec le tronçon précédent, on note essentiellement une légère accélération des écoulements et la prépondérance des faciès lotiques.



6.3.3.3 Tronçon T13

Un seuil difficilement franchissable transforme ce tronçon en bief.



6.3.3.4 Tronçon T14

A l’amont immédiat de la confluence avec le Viaur, l’implantation d’un ancien moulin et les aménagements liés se font sentir essentiellement sur les berges qui sont protégées. Toutefois, le caractère courant et diversifié du cours d’eau n’est globalement pas modifié.



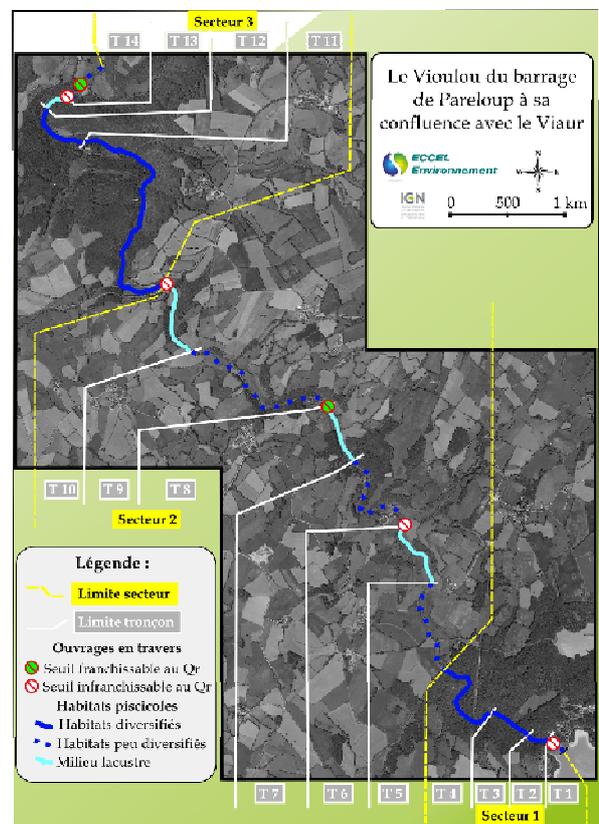
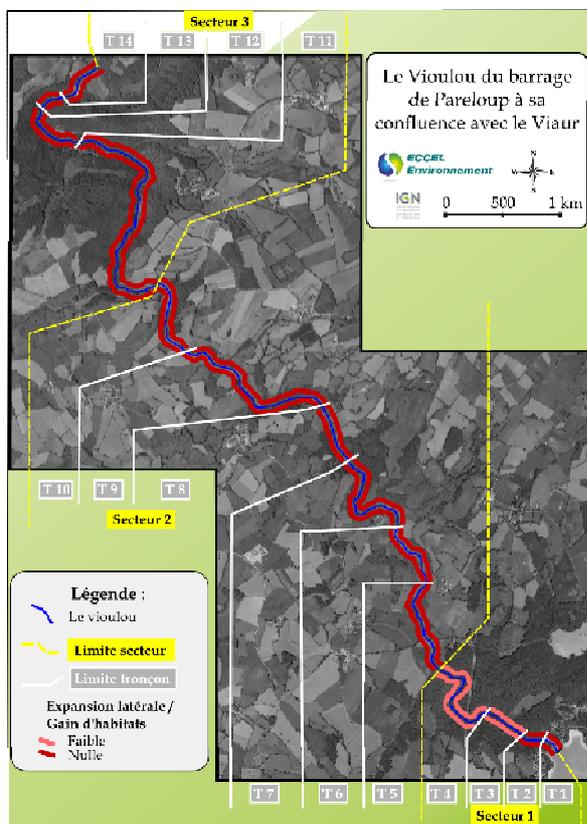
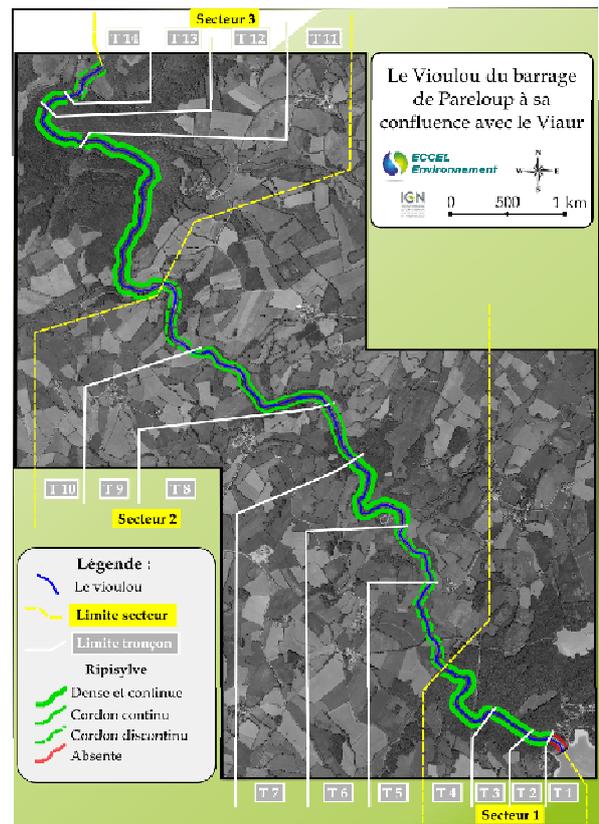
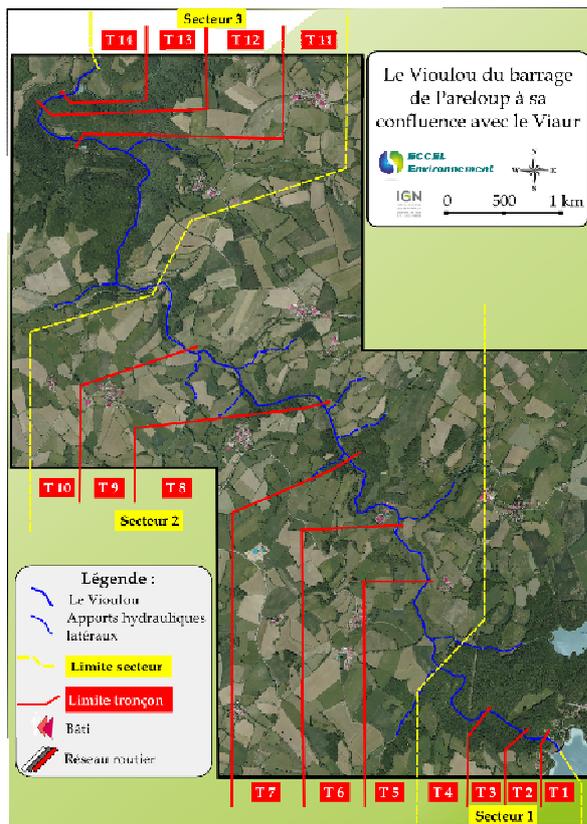


Figure 20 - Cartes de sectorisation du Vioulou

| Secteur | Conformation vallée | Code | Longueur (m) | Milieu | Pente du lit | Largeur moyenne (m) | Type Faciès | Granulométrie moyenne | Ripisylve | Colmatage | Abris & habitats piscicoles | Zones de fraie potentielles | Ouvrages | Expansion latérale potentielle avec hausse du débit |
|---------|--|------|--------------|----------|--------------|---------------------|---|-----------------------|-------------------------|--|---|-----------------------------|-------------------------|---|
| S1 | Très encaissée, pente forte et naturellement végétalisée | T1 | 160 | Rivière | Faible | 2 | Radiers / Plats lotiques / Rapides | B/PG/PF/CF | Absente | Moyen | Blocs en milieu de lit | Aucune | Aucun | Très faible |
| | | T2 | 200 | Rivière | Faible | 4.5 | Plats lotiques / Rapides / Fosses | R/B/PG/PF | Dense et en bon état | Moyen | Quelques blocs en milieu de lit et abris sous caves | De rares zones | 1 seuil infranchissable | Très faible |
| | | T3 | 380 | Rivière | Faible | 6 | Chenaux lenticques / Rapides / Cascades | B/PG/PF/SG | Dense et en bon état | Moyen | Abris sous caves et zones profondes | Aucune | Rares et naturels | Faible |
| | | T4 | 940 | Rivière | Faible | 5 | Plats lenticques / Radiers | B/PF/CG/SG | Dense et en bon état | Moyen | Blocs en milieu de lit et quelques abris sous berges | Aucune | Pont busé | Faible |
| S2 | Milieu plus ouvert et fond de vallée anthropisé | T5 | 880 | Rivière | Faible | 5 | Plats lenticques | PF/GG/SG/SF | Cordon discontinu de 2m | Moyen | Quelques abris sous berges | Aucune | Aucun | Nulle |
| | | T6 | 610 | Lacustre | Nulle | 15 | Milieu lenticque et profond | Sans objet | Cordon discontinu de 1m | Milieu lacustre, peuplement en conséquence | | 1 seuil infranchissable | Nulle | |
| | | T7 | 1120 | Rivière | Faible | 5 | Plats lenticques / Radiers | B/CG/SF/L | Dense et en bon état | Moyen | Blocs en milieu de lit | De rares zones | Aucun | Nulle |
| | | T8 | 500 | Lacustre | Nulle | 12 | Plats lenticques | SG/SF/L/ | Cordon continu de 2m | Milieu lacustre, peuplement en conséquence | | Seuil franchissable | Nulle | |
| | | T9 | 1500 | Rivière | Faible | 3 | Plats lenticques / Radiers | B/PG/PF/CG | Cordon continu de 2m | Moyen | Quelques abris sous berges | De rares zones | Aucun | Nulle |
| | | T10 | 730 | Lacustre | Nulle | 25 | Milieu lenticque et profond | Sans objet | Cordon discontinu de 2m | Milieu lacustre, peuplement en conséquence | | 1 seuil infranchissable | Nulle | |
| S3 | Fermeture du fond de vallée et occupation des sols majoritairement naturelle | T11 | 2250 | Rivière | Faible | 8 | Plats lenticques / Plats lotiques | PG/CG/SG/SF | Dense et en bon état | Moyen | Quelques abris sous berges et au niveau des zones profondes | Quelques zones | Aucun | Nulle |
| | | T12 | 530 | Rivière | Faible | 12 | Plats lotiques / Rapides | B/PG/B/GG | Dense et en bon état | Moyen | Blocs en milieu de lit et quelques abris sous caves | Quelques zones | Aucun | Nulle |
| | | T13 | 250 | Lacustre | Nulle | 20 | Milieu lenticque et profond | Sans objet | Dense et en bon état | Milieu lacustre, peuplement en conséquence | | 1 seuil infranchissable | Nulle | |
| | | T14 | 410 | Rivière | Faible | 6 | Plats lenticques / Radiers | B/PG/GG/GG | Cordon discontinu de 1m | Moyen | Blocs en milieu de lit | Quelques zones | Protections des berges | Nulle |

Sous la forme: Grossier / Dominant1 / Dominant2 / Accessoire

Élément notable pour le milieu

Tableau 6 - Caractéristiques hydromorphologiques principales du Vioulou



6.4 RUISSEAU DE LA GOURDE

La Gourde, en amont de la retenue présente un lit à pente faible et est caractérisée par des écoulements courants représentés par des successions de plats lotiques et de radiers. La granulométrie est ici de taille intermédiaire (cailloux et graviers). La végétation rivulaire est dense et continue au niveau du cordon qui sépare le cours d'eau des champs pâturés et celle-ci confère de nombreux habitats piscicoles sous les racines immergées et en sous berges. En approchant de la retenue, les écoulements apparaissent lenticques et profonds et le substrat devient plus fin.



L'aval immédiat de la retenue présente une zone humide (environ 700 m²) alimentée par les fuites du barrage.



En aval immédiat, le lit de la Gourde possède une pente faible et s'écoule dans un milieu forestier. Les faciès d'écoulements sont de types plats lenticques et radiers ainsi que quelques escaliers, représentant des obstacles difficilement franchissables pour les espèces piscicoles. La granulométrie est à dominante fine et le colmatage, très présent (boues oxydées rouges), occasionne des désordres importants dans le fonctionnement du milieu.



Par la suite, la pente s'accroît légèrement, augmentant ainsi la répartition des obstacles infranchissables et la ripisylve devient inexistante au niveau d'une parcelle déboisée mécaniquement.



Plus en aval, la ripisylve redevient dense et continue, le cours d'eau présente des successions de plats lenticules et de radiers avec un lit à pente faible, un substrat fin et un colmatage par ces « boues rouges » toujours très important.



La suite de la Gourde présente une nette rupture de pente changeant les faciès d'écoulements en une alternance d'escaliers et de fosses de dissipation. La continuité biologique par montaison se retrouve ainsi limitée par la présence de nombreux obstacles infranchissables naturels.



Enfin, en amont de la confluence, le lit est à nouveau à pente faible et la Gourde présente des successions de plats lenticules et lotiques s’écoulant sur un substrat fin, dominé par les sables et un milieu encore bien colmaté. Suite à l’ouverture du fond de vallée, la ripisylve est alors composée uniquement d’un cordon continu séparant le cours d’eau de prairies pâturées. La présence de cette ripisylve dense octroie aux peuplements piscicoles des abris racinaires et en sous berges.



6.5 RUISSEAU DU CEOR

Le ruisseau du Céor, en amont de la prise d'eau, présente des successions régulières lotiques/profonds avec un lit à pente faible au milieu d'une zone forestière. Les substrats dominants sont relativement fins (graviers et sables).



L'aval immédiat de la retenue présente une zone humide fonctionnelle (à l'efficacité limitée en période estivale) d'environ 500 m².

Le premier tronçon courant à l'aval de la prise d'eau, directement influencée par celle-ci, présente une pente de lit forte dans une vallée forestière encaissée avec des écoulements torrentiels où la granulométrie est grossière mais où le colmatage par les fines est prégnant. La continuité est parfois réduite par les faibles débits mais surtout par les obstacles naturels.

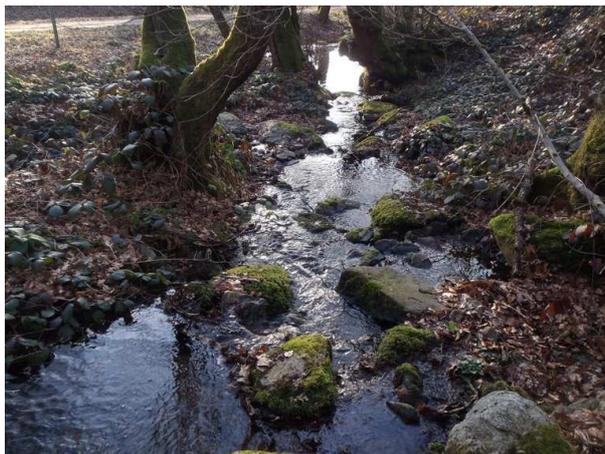


Zone humide aval



Première zone courante

Par la suite, à la sortie de la zone forestière, près d'un km en aval de la prise d'eau, un bassin en dérivation limite localement les écoulements (parcelle n°36 Feuille 000F01 Arvieu – propriétaire et usage inconnu lors de la sectorisation). La pente est ici moins forte avec des écoulements encore majoritairement lotiques mais sans profonds.



Plus en aval, le cours d'eau est ici rectifié et recalibré au milieu d'une ripisylve fortement réduite dans cette zone agricole.



Enfin, les conditions morphodynamiques sont similaires mais on note le retour d'une ripisylve active octroyant aux peuplements des abris racinaires et en sous-caves. Le colmatage est dorénavant limité et les débits influencés compensés par les apports latéraux successifs, au moins en dehors de la période d'étiage.



7 METHODOLOGIE D'ANALYSE DES DEBITS BIOLOGIQUES

Il existe plusieurs méthodes d'aide à la décision pour la détermination des débits minimums biologiques (DMB) sur les cours d'eau.

Les méthodes normalisées dites « Microhabitats », les plus largement utilisées, sont préférentiellement réservées aux cours d'eau à truites (hors torrents de montagne), et aux cours d'eau mixtes à dominante salmonicole. Elles sont donc potentiellement applicables sur un certain nombre des sites suivis dans le cadre de cette étude.

7.1 EVHA

La méthode des microhabitats est largement utilisée en France dans les dossiers d'impact des ouvrages hydroélectriques pour déterminer le débit à réserver dans les secteurs court-circuités pour satisfaire les impératifs de la loi sur l'Eau. Cette méthode est née aux Etats-Unis à la fin des années soixante-dix pour faire face à des problèmes de gestion des ressources en eau (Bovee et Milhous 1978, Bovee 1982).

Elle repose sur les relations existant entre un poisson et les caractéristiques de l'habitat physique où il vit. Le principe des microhabitats consiste à estimer, pour un tronçon de cours d'eau, la valeur de la qualité d'habitat pour une espèce de poisson à un stade de développement donné. Cette valeur d'habitat prend en compte les besoins et les préférences de l'animal pour différents paramètres physiques, essentiellement la vitesse du courant, la profondeur de l'eau et la composition granulométrique du substrat.

« Le logiciel EVHA (logiciel d'évaluation de l'habitat physique du poisson en rivière, CEMAGREF-LYON), développé et mis au point par le Laboratoire d'Hydroécologie Quantitative du Cemagref de Lyon, permet l'évaluation de l'habitat physique des poissons en rivière...

Le concept principal du logiciel est de coupler un modèle hydraulique à un modèle biologique (courbes de preferenda), le premier décrit physiquement la rivière, le deuxième traduit sa capacité d'accueil pour les poissons. Ainsi, les simulations donnent, pour chaque débit envisagé, l'habitat potentiel du poisson pour des tronçons entiers de rivière ».

Dans la pratique, on réalise sur un tronçon de cours d'eau un modèle hydraulique qui permette d'estimer les valeurs de variables physiques en fonction du débit. En couplant le modèle hydraulique et les courbes de preferenda, on peut modéliser les capacités d'habitat du tronçon de cours d'eau pour une espèce donnée et en proposer des règles de gestion. Des logiciels tels que Phabsim ou EVHA réalisent ces modélisations complexes et lourdes à mettre en œuvre.

Le logiciel EVHA inclut un module hydrologique permettant d'intégrer la dimension temporelle dans les analyses. Enfin, comme pour les méthodes dérivées d'IFIM/PHABSIM, il s'agit d'interpréter des variations d'habitat physique potentiel en fonction de variations de débit.

7.1.1 Application du protocole EVHA

7.1.1.1 Mesures

L'estimation de la qualité de l'habitat et de ses modifications doit se faire sur un tronçon de cours d'eau sur environ 15 fois la largeur afin de couvrir une à plusieurs séquences de type radier - mouille, lorsqu'elles existent. Sur la station ainsi définie, en une campagne de terrain, des mesures de la granulométrie, de la vitesse de courant et de la profondeur sont réalisées sur environ 10 à 15 transects, à raison d'un nombre de points de mesure variables puisque lié aux variations importantes de l'un de ces trois paramètres primordiaux.

Une équipe réalise les mesures topographiques afin de permettre la modélisation surfacique au laboratoire. Ces mesures sont réalisées notamment à l'aide d'un tachéomètre laser Leica TS02 ou d'un niveau optique. Une autre équipe réalise les mesures de vélocité (avec courantomètre Hydreka BFM 801), qui, couplées aux mesures topographiques, permettront d'obtenir un modèle hydraulique et ainsi de modéliser les variations de potentialité d'habitats selon le débit théorique.



Théodolite Leica TS02



Courantomètre électromagnétique Hydreka BFM01

7.1.1.2 Traitement des données

EVHA prédit l'évolution avec le débit d'une note de qualité de l'habitat (variant entre 0 et 1), ou d'une surface utilisable (note de qualité de l'habitat x surface de la station). L'interprétation des résultats de ces simulations est liée aux validations biologiques des modèles qui ont été réalisées par les concepteurs (CEMAGREF Lyon).

7.1.1.3 Validation

L'ensemble des mesures et des analyses a été soumis à validation scientifique par les chercheurs de l'unité Milieux Aquatiques de l'IRSTEA (ex-CEMAGREF) de Lyon, à l'origine des bases scientifiques d'EVHA et des validations biologiques des modèles d'habitat utilisés dans le cadre de cette étude.

7.1.1.4 Analyse des résultats

L'utilisation des méthodes d'habitat, quelles qu'elles soient, doit reposer sur un choix de cible biologique précise tant en matière d'espèce que de stade de développement. Elle se doit d'incorporer également le contexte local de peuplement.

Les courbes d’évolution de la Surface Pondérée Utile (SPU) et de la Valeur d’Habitat en fonction du débit sont établies pour chaque station analysée et pour les différents stades des espèces piscicoles ciblées.

La VHA est donc une valeur adimensionnelle qui ne rend pas compte de l’évolution de la surface mouillée en fonction du débit. Contrairement à la SPU, elle ne quantifie donc pas l’habitat mais elle en évalue sa qualité.

Certaines études ont tendance à donner comme repère et pour simplification un seuil VHA de 0.3 comme le seuil de bonne qualité d’habitat mais aucune étude scientifique n’a jamais pu démontrer le caractère homogène de ce seuil, chaque situation étant un cas particulier. L’expertise doit donc se porter prioritairement sur la SPU, plus proche de la disponibilité réelle des habitats.

L’ensemble de ces résultats permet ainsi de déterminer l’habitat disponible et une sorte d’état actuel du milieu pour les peuplements piscicoles en permettant de déterminer des débits et des zones adéquates (ou au contraire limitatifs) aux différents stades de vie.

A partir des espèces cibles identifiées, les évolutions de l’habitat avec la variation de débit pour chacun des sites sont observées selon les modalités d’usage en vigueur, dans la gamme de modélisation disponible avec l’application de ce protocole. Deux valeurs (ou gammes de valeurs) sont particulièrement mises en avant dans ces analyses :

- **Le « débit optimal » peut être considéré, dans une logique de croissance continue débit/habitat, comme le débit au-delà duquel le gain d’habitat est toujours présent mais commence à devenir significativement moindre ;**

La valeur optimale de débit (généralement pour des débits supérieurs aux bas débits) est variable durant la saison en fonction du stade et de l’activité des espèces : un débit pourra être optimal pour une période automnale pour l’ensemble des espèces et des stades mais pourrait être différent en période de fraie pour les adultes ou d’émergence pour les alevins, notamment pour les Truites, espèce cible prioritaire du secteur.

Il convient cependant de rappeler les limites de ce type d’analyse concernant ce débit⁸ : *« Il faut éviter d’interpréter les courbes dans la gamme haute de débits où ces valeurs sont dépassées. Il est souvent pour la même raison important de relativiser la notion de débit "optimum" suggéré par les courbes pour une espèce donnée. Les courbes sont plus utiles pour identifier un débit seuil en dessous duquel la qualité de l’habitat peut chuter dangereusement. »*.

Les modèles biologiques aujourd’hui disponibles sont très généralistes. Ils rassemblent des probabilités qu’un habitat soit utilisé par une espèce à un stade de développement donné pour une large gamme d’activité (repos, abris/refuge, nutrition). Ils sont basés sur des conditions hydrauliques moyennes de la colonne d’eau, conditions qui peuvent être bien représentatives pour de faibles valeurs de débit mais qui perdent très nettement de leur représentativité lorsque le débit et la rugosité augmente.

⁸ Guide d’application des méthodes de microhabitats – ESTIMHAB – Lamouroux, IRSTEA – maj 2008

- **Le « débit critique » pour lequel on observe un point d'inflexion dans la perte d'habitat avec la baisse des débits. En cas de baisse de débit, il arrive un seuil où la perte d'habitat peut être majeure pour l'espèce ou la guilda étudiée.**

On peut ainsi définir comme valeur « plancher » ce débit critique, débit nécessaire à la préservation de l'ensemble des espèces durant les périodes critiques et donc avec un Débit Minimum Biologique (DMB) qui sera généralement argumenté autour de ce débit critique, débit de survie pour les espèces.

Pour la lecture et l'interprétation des courbes d'habitat et notamment pour la détermination des débits critiques, il convient dans le cadre de ce type d'étude, d'identifier les débits en dessous desquels les pertes de surface pondérées utiles paraissent sensiblement importantes au regard des espèces ciblées. Avec les mêmes courbes, mais en lecture inversée (en augmentant le débit), nous identifions également le débit au-delà duquel le gain d'habitat n'est plus sensiblement important et que nous considérons comme le débit optimal en fonction des espèces et des stades ciblés selon le calendrier déjà évoqué.

La modélisation et l'incertitude liée, ajoutée à la courbe sans point d'inflexion marqué, ne nous permet pas toujours d'identifier de manière précise et certaine ces valeurs. Il s'agit avant tout de fournir une plage de valeurs pour les débits demandés (plutôt que des valeurs fines), dans un premier temps en lecture brute, c'est-à-dire sans prise en compte de l'ensemble des éléments et donc sans démarche holistique.

7.1.2 Connaissance des peuplements en place localement

La détermination d'un débit minimum biologique, nécessaire au maintien des peuplements aquatiques, doit prendre en compte les compartiments hydrologiques, physiques et bien évidemment biologiques. L'utilisation des méthodes d'habitat, quelles qu'elles soient, doit ainsi reposer sur un choix de cible biologique précise tant en matière d'espèce que de stade de développement. Elle se doit donc d'incorporer le contexte local de peuplement.

Dans le cadre de cette étude, pour rationaliser les efforts et les coûts, après validation par le Comité de Pilotage, les données afférentes ont été recherchées uniquement de manière indirecte (sans inventaire piscicole spécifique à cette étude), prioritairement auprès des acteurs locaux. Des échanges proactifs avec les experts des Fédérations de Pêche, AAPPMA, ONEMA... ont donc été indispensables dans le choix de ces cibles, choix appuyés par les données bibliographiques disponibles (*cf.* Chapitre 4).

7.1.2.1 Espèces ciblées

Pour les cours d'eau sur lesquels cette méthodologie est appliquée et dans le cadre de cette étude, les informations sont convergentes : la Truite commune est clairement l'espèce repère sur la plupart des secteurs.

Nous disposons de données d'inventaires récents sur les secteurs étudiés et ils indiquent que nous sommes en présence d'un peuplement majoritaire de Truites communes. Cette espèce typique, halieutique et patrimoniale sera donc prioritairement ciblée dans l'analyse des microhabitats et la détermination future des DMB pour ces cours d'eau.

Toutefois, à la vue des conditions d'écoulements et des témoignages anciens recueillis, les espèces accompagnatrices classiques (Vairons, Goujons & Loches) seront également

ciblées dans l’analyse EVHA et la détermination des DMB pour ces sites, en gardant la priorité à la Truite.

7.1.2.2 Choix des stades clés et périodes de sensibilité

L’ensemble des stades sera considéré. Toutefois, une attention particulière est portée au stade adulte de Truite qui, en matière de capacité d’accueil physique, est généralement le stade limitant à bas débit et donc à considérer prioritairement dans une problématique de débit minimum (Baran, 1995, Souchon *et al.*, 1989).

Le stade reproduction, même s’il est analysé, est souvent mal pris en considération par la méthode des microhabitats (Delacoste *et al.*, 1999) et nécessite une évaluation spécifique de l’ordre de l’avis d’expert, les analyses quantitatives étant toutefois mises à contribution pour réduire le biais potentiel.

7.1.2.3 Modèles utilisés

L’utilisation des méthodes d’habitat, quelles qu’elles soient, doit reposer sur un choix de cible biologique précise tant en matière d’espèce que de stade de développement. Elle se doit d’incorporer également le contexte local de peuplement.

Les besoins de l’espèce sont matérialisés sous forme de courbes de préférence d’habitat. Ces courbes sont basées sur plusieurs hypothèses (Baldrige et Amos, 1982) :

- Les individus d’une espèce donnée sélectionnent les habitats les plus favorables parmi tous ceux qui leur sont disponibles ;
- La fréquence d’observation des animaux dans un habitat donné est considérée comme un indicateur de l’utilisation de cet habitat ;
- Le rapport entre l’utilisation de l’habitat et sa disponibilité dans le milieu est considéré comme un indicateur de préférence de l’habitat ;
- Les individus sélectionnent une valeur de caractéristique d’habitat indépendamment des autres caractéristiques d’habitat.

A la création de ces méthodes, ces courbes ont concerné en premier lieu les tronçons salmonicoles des rivières françaises, car particulièrement impactées par des aménagements notamment hydroélectriques.

Les modèles utilisées, dans le cadre de cette étude, sont les modèles classiques, les plus couramment utilisés, modèles globaux et néanmoins les plus fiables et les plus pertinents.

Il a été question de l’intérêt de l’utilisation de modèles locaux mais les discussions avec les membres du Comité de Pilotage et avec les experts de l’IRSTEA nous ont confirmé la très faible pertinence de l’utilisation de courbes locales dans ce type d’étude. De telles courbes locales ont bien été développées mais pour des études très spécifiques et liées à des pressions particulières, modèles biologiques de surcroît pas toujours disponibles. Ainsi, le développement de ces outils pouvait être envisagé, sans tenir compte de l’absence d’argumentaire scientifique réel, mais nécessiterait des études spécifiques, localisées, longues et coûteuses et en plus, difficilement réapplicables par la suite.

Même si l’on peut toujours faire des reproches aux courbes « globales », dans les tests maintes fois réalisés par le passé, elles se sont toujours avérées a minima aussi fiables que les courbes spécifiques. L’intérêt évident de ces courbes est qu’elles ont toujours

répondu présentes vis-à-vis des profils écologiques des différentes espèces typiques des milieux qui nous préoccupent ici.

De plus, l'objectif évident de cette étude sur de multiples prises d'eau est la standardisation méthodologique pour une réponse efficace à une diversité très importante de fonctionnements naturels et de modalités de gestion inter-corrélées. Il est donc peu judicieux de rajouter un bruit supplémentaire lié à des courbes spécifiques et que l'on ne pourrait quantifier.

Les modèles classiques et les plus déployés ont donc été utilisés dans le cadre de cette étude (Annexe 10.5) avec, pour exemple de la Truite, les courbes appliquées étant les courbes issues de « Bovee 1978 modifiée par CEMAGREF pour le stade adulte »⁹. Toutefois, les espèces cibles biologiques ne sont pas toujours identiques et, dans le cas de la rivière Ariège, par exemple, un modèle biologique « Grosses Truites » de Hayes, correspondant aux gros individus de plus de 40 cm, susceptibles d’être présents localement a également été déployé. Il en est de même pour les modèles des espèces accompagnatrices développés selon les peuplements effectivement ou théoriquement présents sur site.

7.1.3 Confrontation aux indicateurs hydrologiques

Dans le cadre de cette étude, les valeurs basses des débits nous intéressent tout particulièrement puisqu’elles sont limitatives du potentiel d’habitat. Un débit faible présent sur du long terme peut avoir une influence importante sur la structure des communautés. Les valeurs de faibles débits vont conditionner la situation morphodynamique du cours d’eau en termes de surface en eau, les conditions hydrauliques et physico-chimiques qui vont directement influencer (l’habitat des espèces en quantité et en qualité ; les possibilités de déplacements et de migration des espèces [continuité écologique] ; les capacités de dilution de rejets...).

Mais les conditions hydrauliques à tous les stades de vie (reproduction, émergence, croissance) ont également un rôle très important sur l'équilibre des populations en place. Ainsi, l'interprétation des résultats d'EVHA se doit d'être dynamique : elle couple des valeurs d'habitat saisonnières à la connaissance du cycle de vie des espèces.

La connaissance de l'hydrologie naturelle et artificielle de la rivière devrait idéalement permettre de repérer les périodes pendant lesquelles les valeurs d'habitat peuvent être naturellement critiques, les durées et les fréquences de ces périodes. C'est un élément essentiel pour apprécier la direction vers laquelle les peuplements observés seraient susceptibles d'évoluer. Il est donc impératif d'avoir une connaissance aussi précise que possible de l'hydrologie en disposant pour le mieux de chroniques longues afin de fournir des valeurs statistiques fiables. La contextualisation hydrologique établie ici, au niveau global, de chaque bassin, voire par portion influencée (cf. Chapitre 3) permet donc de relativiser l'analyse brute des microhabitats, d'affiner l'expertise dans le cadre de l'exhaustivité indispensable à ce type d'étude.

Dans le cadre de cette analyse, les débits « critiques » et « optimaux » déterminés via l'analyse brute seront ainsi confrontés aux différents indicateurs hydrologiques

⁹ Souchon Y., Trocherie F., Fragnoud E. & Lacombe C. 1989. Les modèles numériques des microhabitats des poissons. Applications et nouveaux développements. *Revue des sciences de l'eau*, 2: 807-830

disponibles pour chaque station afin de contextualiser et relativiser cette expertise et valider la possibilité naturelle du milieu à atteindre ces valeurs de DMB.

7.1.4 Limites à l’application de cette méthode dans la proposition des DMB

Les analyses brutes des courbes d’habitats peuvent apporter des éléments très intéressants pour l’analyse et la détermination des DMB mais ne sont aucunement suffisants à une démarche globale holistique impérative. Des valeurs de Débit Minimum Biologique ont donc été déterminées pour chaque tronçon, valeurs assez proches des débits critiques qui respectent les objectifs plancher de la loi.

EVHA, comme tout outil de gestion, ne remplace ni l'expertise ni le bon sens. L'outil quantifie l'impact attendu de changements hydrauliques. Les modèles supposent donc implicitement un fonctionnement équilibré des autres conditions environnementales (équilibre morphodynamique, thermique, ripisylve, mosaïque d’habitats ...) que l'expert ne devra pas perdre de vue. Il convient donc de prendre en compte ces conditions locales pour affiner les valeurs établies lors des lectures brutes et définir des valeurs de DMB, tenant compte de l’intégralité des informations disponibles.

Il s'agit donc d'utiliser des lectures brutes de modélisation d'habitat, qui ne tiennent compte que de paramètres spécifiques, pour aider à quantifier les variations de qualité de l'habitat au vu des caractéristiques hydrauliques seules, et pour quelques espèces de poissons ou guildes de faciès. L'utilisation de cet outil ne doit pas se faire en omettant les éléments de qualité d'eau, les facteurs de résistance potentielle du milieu, de continuité des flux dynamiques (solides et liquides) qui peuvent être des facteurs limitant pour les populations en place.

Pour la détermination finale des débits biologiques, les plages de valeurs des débits critiques bruts se doivent donc d’être affinées via une expertise globale qui tient compte de l'ensemble des éléments disponibles pour cette étude. Plusieurs paramètres font nécessairement appel à un ajustement d'expert et induisent fatalement un biais éventuel dans les déterminations de DMB données. La connaissance et surtout la prise en compte de l'ensemble de ces paramètres réduit considérablement ce biais, sans toutefois le faire disparaître :

- Des singularités locales de résistance du milieu ne sont pas intégrées aux simulations mais peuvent modifier les analyses brutes : le couvert végétal, à travers une ripisylve en très bon état est un bon facteur de résistance puisqu'il permettra la limitation de la hausse de la température de l'eau, souvent néfaste aux espèces piscicoles. De même, l'expertise de terrain permet parfois de déterminer, des variations de résistance entre sites, identiques dans les modélisations, mais dont l'un d'entre eux propose des mouilles de taille conséquente et donc des zones de refuge intéressantes pour les peuplements au moment des basses eaux ;
- Les pollutions ponctuelles ou diffuses peuvent également être un facteur de biais non négligeable. Il est évident qu'un débit optimal respecté d'un point de vue modélisation d'habitat verra son intérêt limité pour les peuplements piscicoles si une pression physico-chimique s'exerce sur le cours d'eau ;
- Il est clair également qu’EVHA simule une qualité et une surface d'habitat favorable pour des espèces ciblées mais, dans ses modélisations, il n'est en aucun cas question des peuplements en place et de l'évolution des populations au cours du temps. Un site peut donc être particulièrement favorable à un stade d'une espèce mais si un facteur externe à cette modélisation a, par exemple, impacté fortement le recrutement annuel des alevins, aucun débit ne saurait être responsable, à lui seul, de l'amélioration ou de la détérioration de cette

population. Le respect de la continuité biologique et l’absence de fragmentation des mosaïques d’habitats font d’ailleurs partie des éléments à prendre en compte.

7.2 ESTIMHAB

Un retour d'expérience concernant l'application de cette approche microhabitats a été effectué par le CEMAGREF (Lamouroux et Capra, 2002) sur plusieurs dizaines de sites très variés, concernant des rivières salmonicoles et non salmonicoles. Cette étude a permis de montrer que, pour certaines espèces – et principalement la truite, le chabot, le goujon, le vairon, la loche et le barbeau – certaines caractéristiques moyennes d'un tronçon gouvernent en fait la qualité d'habitat du milieu.

La connaissance sur un tronçon de ces caractéristiques hydrauliques moyennes (hauteur et largeur moyenne) en fonction du débit, de la taille du substrat moyen et du débit médian naturel (Q50), permet d'estimer - pour chacune de ces espèces - la courbe de SPU en fonction du débit telle que l'aurait prédite EVHA.

Le logiciel Estimhab ainsi mis au point par le CEMAGREF permet en fait de simuler, sur une base statistique, les courbes SPU/Débit qui résulteraient de la mise en œuvre de la méthode des microhabitats, à partir de relevés de terrain plus légers que le protocole classique de la méthode des microhabitats.

Estimhab représente donc un modèle peu coûteux pour estimer les impacts écologiques de la gestion hydraulique des cours d'eau à partir d'entrées simplifiées (mesures de largeurs et hauteurs à deux débits).

Comme pour EVHA, et les méthodes dérivées d'IFIM/PHABSIM, il s'agit d'interpréter des variations d'habitat physique potentiel en fonction de variations de débit. Ceci nécessite donc une analyse cohérente des sites au sein de leur contexte hydrologique et hydrobiologique, le modèle ne fournissant pas une valeur absolue de DMB, mais plutôt un support d'analyse de la plage de plus grande sensibilité de l'habitat au débit qui doit venir illustrer des scénarios d'objectifs définis par ailleurs.

Certaines espèces ne sont actuellement pas prises en compte par le logiciel Estimhab dans les simulations de modélisation de qualité d'habitat par populations. Il s'agit donc de faire une analyse critique des résultats pour ces espèces particulières en envisageant plutôt une modélisation de qualité d'habitat par les "simulations – guildes" de faciès qui semble plus adaptée à une réponse typique cohérente. Des orientations peuvent être données sur les guildes à utiliser en fonction de certaines espèces classiques de nos cours d'eau :

- Guilde « radier » : loche franche, chabot, barbeau <9cm ;
- Guilde « chenal » : barbeau >9cm, blageon >8cm (+ hotu, toxostome, vandoise, ombre) ;
- Guilde « mouille » : anguille, perche soleil, perche, gardon, chevesne >17cm ;
- Guilde « berge » : goujon, blageon <8cm, chevesne <17cm, vairon.

Il importe également de souligner que les avantages et les limites de l'approche sont tout à fait comparables à ceux du protocole EVHA en termes de gamme de modélisation sur les caractéristiques des cours d'eau, de connaissance des peuplements en place, de limites et incertitudes d'applications dans l'analyse et du caractère indispensable d'une démarche holistique pour être le plus pertinent et le plus fiable possible dans la détermination des DMB.

7.2.1 Mesures de terrain

Les mesures de terrain doivent s’effectuer sur 2 campagnes, l’une à un débit proche de l’étiage et l’autre, à un débit idéalement proche du module. Les deux débits doivent être les plus contrastés possibles. La vérification de la validité de l’écart inter débits est réalisée par l’observation du rapport Q2/Q1 qui doit être supérieur à 2.

L'estimation de la qualité de l'habitat et de ses modifications doit se faire sur un tronçon de cours d'eau de 15 à 30 fois la largeur afin de couvrir une à plusieurs séquences de type radier - mouille, lorsqu'elles existent. Sur la station ainsi définie, des mesures de la granulométrie et de la profondeur sont réalisées sur environ 15 transects, (à un pas égal à L/15), à raison d’un nombre de points de mesure par transect fixés par 1/7^{ème} de largeur mouillée moyenne, l’objectif étant d’obtenir au total environ 100 mesures :

- Les mesures de hauteur d’eau sont réalisées aux deux campagnes de terrain ;
- Les mesures de granulométrie ne sont réalisées qu’à l’occasion de l’une des deux campagnes.

Outre la nécessité de mesures précises pour l'expertise habitat et l'application du modèle ESTIMHAB, les mesures précises de débit permettent également d'identifier des pertes ou des apports éventuels sur les différents tronçons analysés.

Les jaugeages sont réalisés selon la méthodologie hydrométrique en point par point établie par le Ministère de l’écologie et du développement durable (Charte qualité de l’hydrométrie). Le matériel de mesure de vitesse utilisé est un courantomètre électromagnétique (BFM 801). Ce type de matériel permet la mesure d’une très large gamme de vitesse (5mm/s à 2.5 m/s) ainsi que des mesures dans de très faibles lames d’eau avec une précision de 5 mm/s.



7.2.2 Traitement des données

Comme 'Phabsim' ou 'Evha', versions classiques des méthodes dites « des microhabitats », Estimhab prédit l’évolution avec le débit d'une note de qualité de l'habitat (variant entre 0 et 1), ou d'une surface utilisable (note de qualité de l'habitat x surface de la station). La version d’ESTIMHAB utilisée est celle de 2008.

L'interprétation des résultats de ces simulations est liée aux validations biologiques des modèles qui ont été réalisées par les concepteurs (CEMAGREF Lyon).

7.2.3 Analyse des résultats

A partir des résultats obtenus par application d’ESTIMHAB, les DMB sont proposés pour chaque site (et partant pour chaque secteur) sous la forme d’une plage de débit comprise entre une valeur critique et une valeur optimale, fonction des conditions hydrologiques du secteur et du planning écologique des espèces cibles, via une démarche holistique comparable à l’application de la méthode EVHA.

7.3 METHODE TEAURENT¹⁰

Les méthodes normalisées décrites précédemment ne peuvent s’appliquer sur les torrents de montagnes, notamment du fait que le modèle hydraulique sur lequel elles s’appuient fonctionne en régime fluvial et non torrentiel (Tableau 7 & Tableau 8). Une pente de 5% maximum est par exemple donnée comme limite d’application du modèle alors que certains des cours d’eau étudiés ici présentent des pentes souvent supérieures à 10-15%.

Tableau 7 - Limites d'utilisations de la méthode EVHA

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Pente | 0.2 à 5 % |
| Largeur mouillée | < 20 m |
| Module | < 30 m ³ /s |
| Température estivale de l'eau | < 20 °C |
| Contrôle hydraulique | Présence d'une section de contrôle |

Tableau 8 - Limites d'utilisations de la méthode Estimhab

| | Par espèce | Par guildes |
|--------------------------------------|--------------|-------------|
| Débit médian (Q50 m ³ /s) | 0.2 à 13.1 | 1 à 152 |
| Largeur à Q50 (m) | 5.15 à 39.05 | 7 à 139 |
| Hauteur à Q50 (m) | 0.18 à 1.45 | 0.25 à 2.25 |
| Substrat D50 (m) | 0.02 à 0.64 | 0.01 à 0.33 |
| Pente | < 5 % | < 5 % |

Une étude récente¹¹ fait le point sur les méthodologies existantes adaptées à la définition des DMB dans les torrents de montagne. Cette étude conclue à l’absence de méthode satisfaisante sur cette question.

Une méthode adaptée aux situations des torrents de montagne, dénommée « TeauRRENT », a donc été spécifiquement développée par les bureaux d’étude EAUCEA et ECCEL Environnement pour les besoins de l’étude. Elle s’appuie notamment sur les principes suivants :

- Il n’est raisonnablement pas envisageable de construire un modèle hydraulique sur chaque tronçon à l’aval des prises d’eau, en régime torrentiel, pour décrire l’évolution des paramètres hydrauliques en fonction de l’évolution du débit ;
- Il est proposé de s’appuyer sur une analyse qualitative de l’habitat aquatique. Les descripteurs HVG sont classiques en matière d’habitat. Les espèces cibles sont donc préférentiellement les macroinvertébrés benthiques (présence systématique de nombreux obstacles naturels infranchissables par la Truite), les paramètres étudiés ont donc été axés sur les conditions hydrauliques au fond ;

¹⁰ Méthode propre à l’étude des habitats en montagne pour la définition des DMB - développée en 2013 par les bureaux d’études EAUCEA & ECCEL Environnement

¹¹ Débits minima, Débits biologiques, Débits objectifs d’étiage, Synthèse méthodologique et proposition d’harmonisation pour les cours d’eau de tête de bassin - Notice méthodologique - Synthèse des approches existantes pour une application aux situations de montagne - Etude Agence de l’Eau Rhône-Méditerranée & Corse - 2010

- En l’absence de référentiel adapté dans la littérature, il est proposé d’auto-calibrer localement l’analyse en s’appuyant sur la taille importante de l’échantillon étudié dans le même contexte montagnard et climatique. L’analyse statistique de l’ensemble des prises d’eau concernées par l’étude (La diversité des débits existants en amont et en aval des prises d’eau offrant une diversité de conditions de débits).

TeauRRENT est donc un protocole adapté aux petits cours d'eau (notamment les torrents de montagne). Comme pour les méthodes standards, ce sont les paramètres physiques d'une station qui sont relevés dans le but de déterminer la réponse biologique à une variation de débit. Une des différences est de ne pas se placer uniquement dans une perspective piscicole, mais de prendre en compte d'autres espèces via la macrofaune benthique notamment.

Les éléments suivants présentent la chronologie d’application de la méthode TeauRRENT en décrivant :

- L’expertise préalable qui permet d’explicitier le choix de cette méthode à la place des méthodes normalisées ;
- La description des critères de choix des paramètres de mesure pour le développement de la méthode TeauRRENT ;
- Une description du protocole d’acquisition des données sur le terrain ;
- Les paramètres d’analyse qualitative et statistique qui nous aideront à définir les conditions d’habitats locales au débit de mesure ;
- Et enfin, les démarches d’auto-calibration multi-sites qui nous permettent de disposer d’une gamme de données suffisante pour extrapoler les résultats à des situations hydrométriques différentes et de déterminer des DMB sur ces torrents de montagne, à l’aval des petites prises d’eau.

7.3.1 Critères d’application de la méthode TeauRRENT adaptée aux situations de montagne

Pour nombre de ruisseaux et de petites prises d’eau spécifiques à cette étude, les contraintes naturelles nous interdisent l’application des méthodes classiques pour incompatibilité avec la gamme de modélisation autorisée (pente trop forte, largeur trop étroite, profondeurs trop faibles voire écoulements interstitiels, granulométrie trop grossière...).

Il s’agit de cours d’eau qui sont considérés comme des torrents de montagne pour lesquels nous avons envisagés, outre l’analyse indirecte et la contextualisation (environnementale, écologique et hydrologique), comparable aux autres portions de cours d’eau étudiés, d’appliquer une méthode spécifique, propre à ces milieux et développée pour l’occasion mais qui n’omet pas pour autant les paramètres primordiaux d’appréhension des limites du milieu vis-à-vis d’une réduction de débit, à savoir :

- L’évolution des paramètres hydrauliques avec la variation du débit ;
- Les notions d’habitat aquatique pour les peuplements en place et les facteurs limitant ;
- Le respect de l’aspect continuité à travers les flux solides et biologiques ;
- L’accès aux zones favorables pour la reproduction ou au contraire aux zones refuges en période de crise ;

- Si possible, l’évolution attendue d’autres aspects tels que la notion d’échauffement thermique en étiage par exemple ou de prise en glace en période hivernale, épisode prépondérant pour les truites, une des espèces cibles de ces secteurs.

La contextualisation indirecte et la sectorisation hydromorphologique permettent avant tout de positionner les sites de mesures sur chaque portion représentative du tronçon influencé ou, a contrario des secteurs non court-circuités.

Dans la mesure du possible une station de mesure est réalisée en amont et en aval de la prise d’eau afin de disposer de 2 débits différents pour des situations physiques comparables du cours d’eau (d’autant plus intéressant si elles sont jugées similaires sur ces deux portions). La comparaison de ces deux situations (amont/aval) permettra idéalement de différencier une situation « naturelle » et une situation « influencée » ou bien, dans tous les cas, de disposer d’un jeu de données le plus hétérogène possible, toujours en vue de l’auto-calibration de la méthode.

Si nécessaire, une station de mesure peut être ajoutée sur une portion plus aval si les caractéristiques hydromorphologiques ou l’hydrologie influencée sont très différentes. En pratique cette opération complémentaire dépend donc du critère hydrologique de reconstitution progressive des débits par les apports du bassin versant non capté mais également de la sectorisation morphodynamique.

Comme pour tout autre méthode classique, les stations de mesures sont choisies de telle sorte à être représentatives de la diversité des faciès présents et sur une longueur représentant à minima 20-50 fois la largeur mouillée moyenne.

7.3.2 Protocole de relevé des données de terrain

Une fois la station choisie, l’objectif des relevés de terrain est alors de :

- Décrire la succession et les caractéristiques géométriques des différents faciès de la station de mesure ;
- Disposer d’un échantillon représentatif de la diversité des conditions morphodynamiques de la station, au débit de mesure, sur la base d’un ensemble de paramètres ;
- Décrire la vitesse au fond (en vitesse moyenne et maximale), variable a priori la plus sensible à une variation du débit réservé dans ces milieux torrentiels ;
- Analyser la profondeur d’eau : indicateur majeur des zones refuges disponibles et indice sur la fragmentation des habitats via la continuité longitudinale ;
- Décrire la granulométrie dominante : notions de substrats et d’habitats moyens pour les peuplements piscicoles mais surtout pour la faune benthique ;
- Estimer le colmatage : notions de fonctionnalité des milieux et des processus de transit solides ;
- Préciser la présence de végétation aquatique : ici surtout de bryophytes et d’algues, notions d’habitats plus ou moins biogènes, surtout pour la faune benthique ;
- Qualifier les abris de sous-berges : essentiellement pour les notions d’habitat piscicole

Les principales mesures concrètes de terrain réalisées alors sont listées ci-après :

- Point GPS pour localiser la station ;

- Mesure du débit : via un jaugeage par courantomètre ou bien à l'aide d'un dispositif de mesure du débit réservé (au niveau de la prise d'eau) ;
- Photos d’ensemble de la station et schéma descriptif de la succession des faciès écoulements permettant une vérification a posteriori de certains éléments ;
- Relevé des espèces patrimoniales rencontrées, il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif, mais d'une prise en compte d'éléments potentiellement importants localement ;
- Les faciès d’écoulement sont caractérisés selon une adaptation de la typologie des faciès de Malavoi et Souchon, 2002, et de la clé de détermination des faciès d’écoulement en rivière de montagne de Delacoste *et al.*, 1995. Le tableau ci-après résume grossièrement les faciès utilisés (Description fine et photographique en Annexe 10.2) ;

Tableau 9 - Résumé rapide de la classification des écoulements utilisées pour TeauRRENT

| Faciès d'écoulement | | |
|----------------------|-----|---|
| Chute | C | chute franche, donnant une indication de la fragmentation naturelle |
| Fosse de dissipation | Fd | fosse dans laquelle une augmentation du niveau d'eau ne crée pas d'augmentation de la surface en eaux, souvent fosse profonde |
| Bassine | B | fosse dans laquelle une augmentation du niveau d'eau crée une augmentation de la surface en eaux, souvent fosse peu profonde |
| Escalier | Esc | faciès intermédiaire entre la chute et le rapide, visible par une succession net de rupture de pente |
| Rapide | Rap | faciès présentant de forte turbulence visible par la présence d'écume |
| Radier | Rad | faciès turbulent mais sans écume, créant une rupture de pente |
| Plat lotique | Plo | faible pente avec vaguelettes apparente et faible hauteur d'eau |
| Plat lentique | Ple | faible pente et faible vitesse |
| Chenal lotique | Clo | comme plat lotique mais avec une profondeur plus importante |
| Chenal lentique | Cle | comme plat lentique mais avec une profondeur plus importante |

- Pour chaque faciès, nous mesurons les données suivantes (longueur, pente, largeur moyenne et prés/abs des abris sous-berge) ;

Enfin, un échantillonnage aléatoire stratifié de 100 points par stations est réalisé. Les points de mesure sont pris aléatoirement, mais en respectant la proportion vis-à-vis de la longueur de chaque faciès par rapport à la longueur de la station. Sur chacun de ces points sont prises les données suivantes :

- Faciès sur lequel le point est réalisé ;
- Profondeur en cm ;

- Vitesse maximum à 5 cm du fond ;
- Vitesse moyenne à 5 cm du fond ;
- Granulométrie selon la classification de Wentworth, 1922 (Annexe 10.1), à laquelle il a été rajouté la prise en compte de la litière pour l’intérêt qu’elle représente pour la faune aquatique ;
- Colmatage en 5 classes selon l’échelle d’Archambaud *et al.*, 2005 (Annexe 10.4) ;
- Présence de bryophytes ou d’algues.

Un extrait des fiches terrains est présenté ci-après (Tableau 10 & Tableau 11).

Tableau 10 – En-tête de la fiche de relevé des caractéristiques des faciès

| Faciès | N° Faciès | Longueur m | Pente d° | Dénivelé m | Largeur moy m | Abris sous-berge |
|--------|-----------|------------|----------|------------|---------------|------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Tableau 11 – En-tête de la fiche de relevé des données par point

| N° | N° Faciès | Profondeur (cm) | Vitesse max (cm/s) | Vitesse moy (cm/s) | Granulo | Classe colmatage | Végétation aquatique |
|----|-----------|-----------------|--------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

7.3.3 Mise en classe des paramètres de mesure

La méthode développée pour les besoins de l’étude se veut adaptée aux situations des très petits ruisseaux ou des torrents de montagne. Pour mémoire, elle s’appuie notamment sur les principes suivants :

- Pas de modélisation hydraulique potentielle pour définir des situations contrastées en fonction des débits ;
- Analyse qualitative des habitats avec comme modèle biologique prioritaire, la macrofaune benthique et donc les conditions hydrauliques au fond ;
- Prise en compte également des preferenda piscicoles, notamment vis-à-vis de l’activité de reproduction mais aussi pour tous les paramètres définissant la continuité biologique ;
- Auto-calibration via le jeu de données exploitable, sur des contextes typologiques similaires mais avec des débits variables.

7.3.3.1 Peuplements ciblés

Sur la base des connaissances écologiques des peuplements piscicoles et de la faune benthique spécifiques à ce type de milieu, et afin de simplifier et fiabiliser l’analyse, une classification des indicateurs physiques (hauteur & vitesse) a été réalisée.

L’objectif premier a donc été, dans un premier temps, de sélectionner un certain nombre de taxons, caractéristiques et spécifiques des typologies de ces cours d’eau.

7.3.3.1.1 Faune benthique

Pour la faune benthique, nous avons ainsi pu préciser les critères de sélection des taxons, en particulier en utilisant les Traits Biologiques, Ecologiques et Physiologiques (TBEP - définis selon Tachet & al.). Certains taxons ont donc été sélectionnés en fonction de plusieurs critères :

- Taxons endémiques des cours d’eau Pyrénéens (cas par exemple des Plécoptères *Pachyleuctra* et *Arcynopteryx*) pouvant être considéré comme « patrimoniaux » ;
- Taxons sténothermes d’eau froide (majorité des taxons retenus) ;
- Taxons inféodés aux hautes altitudes (crénon, épirhrithron) ;
- Taxons à large plasticité altitudinale ;
- Taxons polluosensibles.

Sur une base bibliographique disponible¹², une trentaine de taxons appartenant à différents grands groupes ont donc été sélectionnés, spécifiquement à chaque grand ensemble typologique, Pyrénées ou Massif Central (Tableau 12).

Ceux-ci sont susceptibles d’être présents au sein des cours d’eau étudiés mais leur présence n’est pas avérée (absence d’inventaire spécifique à cette étude). Ils sont cependant suffisamment représentatifs de ce type de milieu pour que leur exigence écologique (vitesse de courant et substrat) puissent avoir valeur de référentiel.

Tableau 12 - Taxons benthiques cibles sur les grands secteurs typologiques étudiés

¹² Cayrou et al., 2000. Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques et leur utilisation pour la typologie des cours d’eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (Fance). *Annls Limnol.* 36(3) : 189-202.

| | Pyénées | Massif Central |
|-----------------------|---------|----------------|
| EPHEMEROPTERES | | |
| Baetis | + | + |
| Epeorus | + | + |
| Habroleptoides | + | + |
| Habrophlebia | | + |
| Rhithrogena | + | + |
| PLECOPTERES | | |
| Arcynopteryx | + | |
| Capnioneura | + | |
| Chloroperla | + | |
| Isoperla | + | |
| Leuctra | + | - |
| Nemoura | + | |
| Nemurella | + | |
| Pachyleuctra | + | |
| Protonemura | + | |
| Siphonoperla | + | |
| Taeniopteryx | + | |

| | Pyénées | Massif Central |
|---------------------|---------|----------------|
| TRICHOPTERES | | |
| Agapetus | | + |
| Annitella | + | |
| Crunoecia | | + |
| Diplectrona | + | |
| Drusus | + | |
| Hydropsyche | + | + |
| Micrasema | + | + |
| Odontocerum | | + |
| Philopotamus | + | |
| Ptilocolepus | + | - |
| Rhyacophila | + | + |
| Thremma | + | |
| Wormaldia | + | |
| COLEOPTERES | | |
| Dupophilus | | + |
| Elmis | + | + |
| Esolus | + | |
| Hydraena | | + |
| Limnius | + | + |

7.3.3.1.2 Faune piscicole

Pour les peuplements piscicoles, il apparaît évident, que l’intégralité des cours d’eau étudiés via ce protocole sont des cours d’eau salmonicoles stricts.

Nous nous sommes donc attachés à analyser les courbes de preferenda classiquement utilisés dans les méthodes microhabitats pour les Truites, principalement mais pas uniquement puisqu’une validation a été effectuée à partir des courbes des espèces accompagnatrices, afin de définir une classification pragmatique des paramètres relevés dans le cadre de TeauRRENT.

7.3.3.2 Mise en classe

Sur l’appui de ces différents modèles et d’une approche statistique, nous avons établi une classification des paramètres dynamiques (vitesse, profondeur) afin de faciliter les analyses ultérieures.

Tableau 13 - Classes de vitesses établies dans le cadre du protocole TeauRRENT sur la base de justifications écologiques ou hydromorphologiques

| Classes de vitesses (cm/s) | Justification écologique des seuils de la classe |
|----------------------------|---|
| 0-5 | Classe équivalent aux vitesses nulles qui se justifie sur une facilitation du dépôt des « fines » ainsi qu’une prise en compte en tant que telle dans les preferenda benthiques et piscicoles |
| 5-25 | Vitesses non-nulles mais encore faibles ; prise en compte en tant que telle dans les preferenda benthiques et piscicoles |
| 25-75 | Classe des vitesses courantes qui correspond à une baisse du potentiel de preferenda pour les différents stades de la Truite (sauf pour l’activité fraie) et qui peut également se justifier pour la faune benthique sur la base des TBEP |
| 75-150 | Classe des vitesses rapides correspondant aux seuils minimum des preferenda piscicoles et à un début de déclin du potentiel de reproduction |
| >150 | Seuil « hostile » à la vie aquatique où les refuges deviennent primordiaux, voire vitaux |

Tableau 14 - Classes de profondeurs établies dans le cadre du protocole TeauRRENT sur la base de justifications écologiques ou hydromorphologiques

| Classes de profondeur (cm) | Justification écologique des seuils de la classe |
|----------------------------|---|
| 0-10 | Classe des profondeurs qui se justifie essentiellement comme étant une lame d’eau efficiente pour la continuité sans rupture de pente |
| 10-25 | Profondeurs non-nulles mais encore faibles marquées par une baisse du preferenda pour la reproduction piscicole mais un accroissement des préférences pour les différents stades de la Truite |
| 25-70 | Classe de profondeurs optimale pour les jeunes stades de la Truite et efficientes pour réduire la discontinuité écologique (fosse d’appel...) |
| 70-150 | Classe des profondeurs optimales pour les Truites adultes mais potentiel en déclin pour les jeunes stades |
| >150 | Classe au-delà de laquelle les modèles biologiques sont biaisés par l’inefficacité de pêche et une trop grande incertitude |

7.3.4 Analyse des données

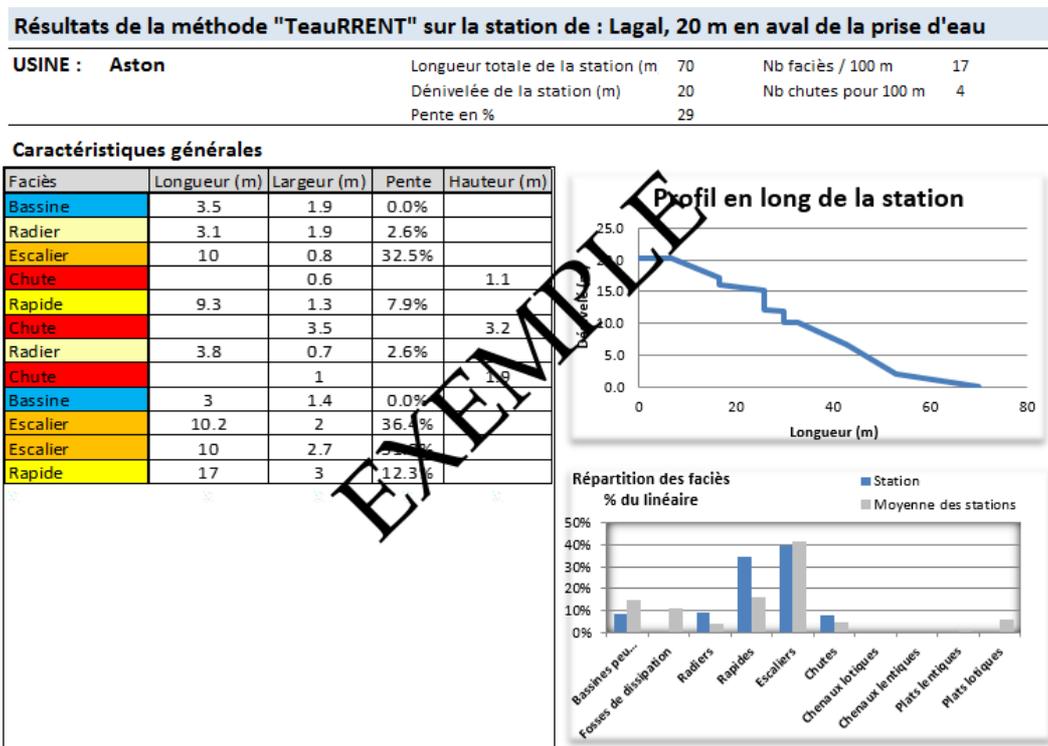
Les différents indicateurs que l’on peut tirer de cette méthodologie sont présentés ci-dessous. Cette partie s’articule selon trois étapes permettant d’arriver à un résultat global, pour l’ensemble des stations, qui doit être ensuite affiné au contexte local de chaque station :

- La première étape consiste à une description des caractéristiques physique et hydraulique de la station, faciès d’écoulement et profil en long, granulométrie, paramètres hydrauliques (répartition des vitesses, des profondeurs,...) ;
- La seconde étape est basée sur un couplage des paramètres cités précédemment lié à une notation à valeur biologique concernant notamment les macroinvertébrés benthiques et la faune piscicole ;
- Ce sont les deux étapes principales qui ensuite amènent à la dernière, phase d’autocalibration des résultats.

En parallèle de l’explication de la méthodologie utilisée dans l’analyse des résultats, des fiches type sont présentées sur les divers points important. Ces fiches seront présentées pour toutes les stations TeauRENT, ce qui permettra de bien appréhender le contexte spécifique de chaque site.

7.3.4.1 Caractéristiques descriptives de la station

7.3.4.1.1 Conditions d’écoulements



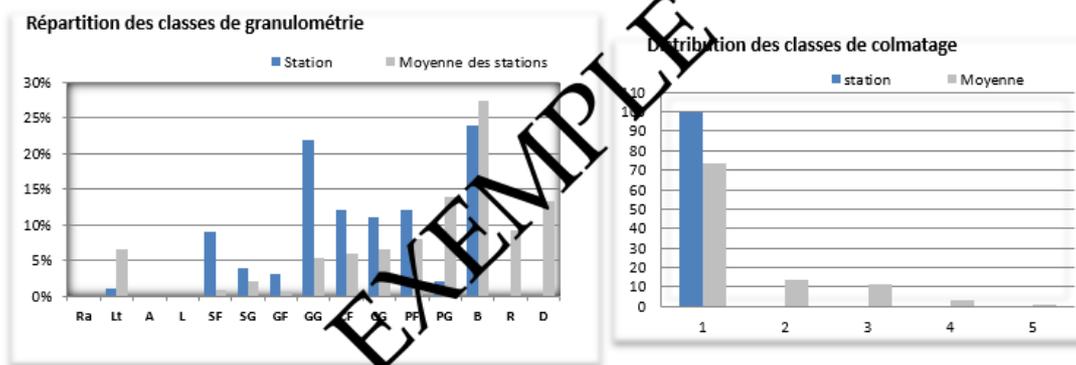
Cette fiche présente, outre les caractéristiques globales de la station, les différents faciès relevés.

Le profil en long permet de mieux se représenter la géométrie de la station notamment du point de vue de la pente et ses ruptures éventuelles, notamment pour la fragmentation longitudinale du milieu.

La répartition des faciès en pourcentage du linéaire permet d’identifier les faciès majoritaires et la comparaison avec la moyenne des stations d’un même secteur est une première analyse.

7.3.4.1.2 Substrats

Résultats de la méthode "TeuRRENT" sur la station de : Lagal, 20 m en aval de la prise d'eau



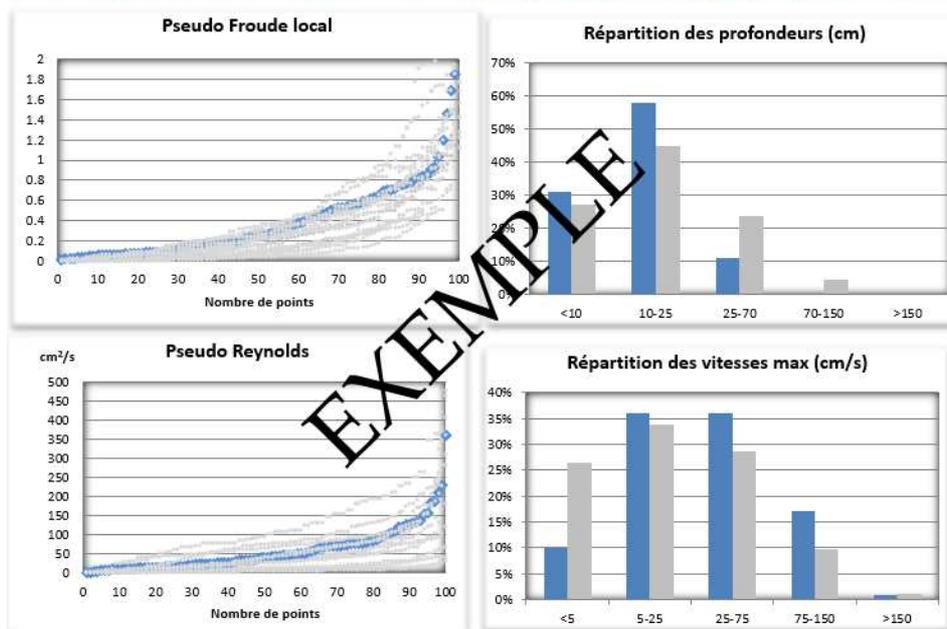
Cette fiche présente deux histogrammes sur les éléments principaux liés au tapis granulométrique et plus globalement à une approche de la qualité de l’habitat.

En effet, la répartition de la granulométrie sur les cents points de mesures et son degré de colmatage (en 5 classes croissantes) est une information importante pour les macroinvertébrés et pour la faune piscicole.

Comme précédemment la comparaison avec la moyenne des stations du même secteur complète l’expertise.

7.3.4.1.3 Hydraulique

Résultats de la méthode "TeuRRENT" sur la station de : Lagal, 20 m en aval de la prise d'eau



Cette fiche présente les paramètres hydrauliques de la station comparés aux autres stations, individuellement ou à la moyenne des sites d’un même secteur. Deux indices hydrauliques ont été étudiés :

- Le nombre de Reynolds reflétant l’impact de l’hydrologie, c’est-à-dire une description de la turbulence du milieu ;
- Le nombre de Froude lié à la morphologie du tronçon qui permet une description des écoulements en les catégorisant selon le régime fluvial ou torrentiel.

$$Fr_I = \frac{v}{C} = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

avec :

- v - vitesse de l’écoulement
- g - accélération de la pesanteur (9,81 m/s²)
- h - hauteur d'eau

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu}$$

avec

- V - vitesse caractéristique du fluide [m/s]
- L - dimension caractéristique [m]
- ρ - masse volumique du fluide [kg/m³]
- μ - viscosité dynamique du fluide [Pa·s ou kg/m·s ou poiseuille PI]

Nombre de Froude

Nombre de Reynolds

En fait, dans le cadre de l’étude, il s’agit plutôt de « pseudo- » nombres de Froude ou de Reynolds. En effet, il est possible de calculer en tout point d’un écoulement dans un torrent/rivière et tout instant les nombres Fr et Re, à condition de connaître les paramètres de calcul requis (vitesse, hauteur d'eau, largeur du lit mouillé). Dans le cas du protocole TeauRRENT, les mesures relevées sont les vitesses maximales au fond et la largeur moyenne de la station. L'utilisation de ces données ne permet donc pas de calculer précisément Fr et Re définis ci-dessus car la vitesse moyenne de l’écoulement, ni la largeur du lit mouillé en chaque point de mesure, ne sont connues. Les nombres obtenus sont donc des « pseudo » indicateurs hydrauliques avec lesquels on peut toutefois préciser les sens de « vitesse » et de hauteur d'eau.

7.3.4.2 Indices sur les conditions d’habitat

Les parties précédentes permettent de décrire les divers paramètres d’une station et de les comparer avec la moyenne des stations d’un même secteur typologique.

Dans une logique de description des potentialités du milieu pour le compartiment biologique, le couplage de plusieurs paramètres est indispensable pour décrire l’habitat disponible au débit observé.

7.3.4.2.1 Ciblés sur la faune benthique

La cible principale de la méthode TeauRRENT étant les macroinvertébrés benthiques, la vitesse et le substrat sont les deux paramètres principaux qui décrivent l’habitat. *A noter que le substrat peut être minéral ou organique (litière, macrophytes,...).*

Pour bien décrire les habitats favorables aux espèces cibles potentiellement disponibles sur chaque site, les affinités à la température, aux vitesses de courant, aux substrats et à la distribution longitudinale ont été évaluées à partir des Traits Biologiques et Ecologiques d’après la dernière version du « Tachet »¹³.

¹³ *Invertébrés d’eau douce, systématique, biologie et écologie - d’Henri TACHET, de P. Richoux, de M. Bourneaud et de P Usseglio-Polatera - 2010*

Indice « d’Habitabilité benthique »

Pour caractériser de façon convenable l’habitabilité d’une station, il faut prendre en compte la diversité des couples substrat/vitesse, mais aussi leur caractère biogène, c’est-à-dire leur potentialité à accueillir une faune riche. En effet, tous les couples n’ont pas la même aptitude et la même capacité d’accueil. Il faut donc attribuer une valeur à chacun des couples selon sa potentialité. Pour les substrats notamment, selon l’hydroécologie considérée, ils n’auront pas la même attractivité du fait que les communautés benthiques diffèrent.

Pour ce faire, nous avons réalisé une adaptation de l’indice d’habitabilité qui permet cette échelle de valeur, tirée des travaux de Bouchareyras, 1995¹⁴ sur ce même coefficient morphodynamique développé à partir du plan d’échantillonnage IBGN NFT90-350, et des travaux de Verneaux *et al.*, 1982¹⁵ sur le Coefficient d’Aptitude Biogène. Ces indices ont été créés dans le but de constituer une appréciation du caractère biogène de la mosaïque d’habitats d’un site d’eau courante quelconque par rapport à une situation optimale. Par ailleurs, les nombreuses vérifications effectuées par les auteurs permettent d’estimer que les résultats obtenus par le protocole Cb2 sont conformes aux réalités de terrain et que le coefficient proposé exprime bien une aptitude globale biogène qualitative.

Cette variation de l’indice peut donc être considérée comme un « indice d’habitat potentiel », donnant la capacité théorique d’une station à accueillir la macrofaune benthique d’après les paramètres physiques que sont les couples substrats/vitesse. De plus, il permet d’obtenir une note sur 20, comme l’IBGN, caractérisant rapidement la station et pouvant être comparé relativement aux références de bon état de l’IBGN.

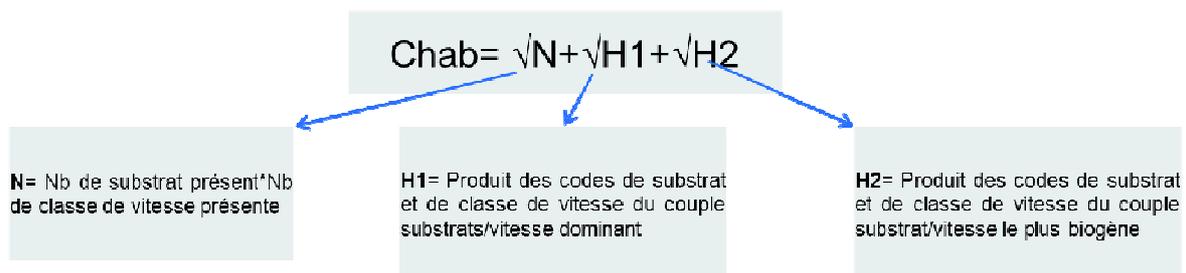


Figure 21 - Formule de calcul de l’indice Chab

Ainsi, une distinction sur cet indice s’est avérée indispensable entre les sites des Pyrénées et ceux du Massif Central et ce afin de tenir compte des distinctions de peuplements potentiels mais aussi vis-à-vis des substrats présents. Pour exemple, aucun site des Pyrénées analysé avec TeauRRENT n’a présenté de points avec des racines et la prise en compte de ces supports dans les indices aurait faussé l’analyse. Le Tableau 15 présente ainsi pour les taxons cibles, et potentiellement présents, leurs préférences d’habitat en fonction des paramètres mesurés lors du protocole TeauRRENT (vitesse au fond et substrat).

¹⁴ Bouchareyras, 1995. *Mesure de la qualité des cours d’eau. Résultats hydrobiologiques*. R.N.B. Agence de l’Eau Loire-Bretagne.

¹⁵ VERNEAUX *et coll.* (1982) - *Expression biologique, qualitative et pratique de l’aptitude des cours d’eau au développement de la faune benthique. Un coefficient d’aptitude biogène ; le Cb2*. *Annls. Univ. Besançon, Biol. Anim.*, 20 p.

Tableau 15 - Affinités aux classes de substrat et de vitesse pour les taxons benthiques ciblés et pour chaque grand secteur typologique

| | zone 1 et 2 Pyrénées | zone 3 Massif Central | affinités principales aux microhabitats | affinités principales aux vitesses de courant |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--|--|
| EPHEMEROPTERES | | | | |
| Baetis | + | + | 5 1 | moy |
| Epeorus | + | + | 1 | rap |
| Habroleptoides | + | + | 1 | lent, moy |
| Habrophlebia | | + | 8 | lent, moy |
| Rhithrogena | + | + | 1 | rap |
| PLECOPTERES | | | | |
| Arcynopteryx | + | | 1 | lent, moy |
| Capnioneura | + | | 1 | rap |
| Chloroperla | + | | 2 8 | lent, moy |
| Isoperla | + | | 5 1 | moy |
| Leuctra | + | - | 1 5 7 | lent à rap |
| Nemoura | + | | 5 8 | moy, rap |
| Nemurella | + | | 5 | moy |
| Pachyleuctra | + | | 2 3 5 7 8 | lent, moy |
| Protonemura | + | | 5 1 | lent à rap |
| Siphonoperla | + | | 1 | moy |
| Taeniopteryx | + | | 5 | lent, moy |
| TRICHOPTERES | | | | |
| Agapetus | | + | 1 | lent, moy |
| Annitella | + | | \ | \ |
| Crunoecia | | + | 1 8 | lent |
| Diplectrona | + | | 1 | moy |
| Drusus | + | | \ | \ |
| Hydropsyche | + | + | 1 7 | moy |
| Micrasema | + | + | 1 5 | moy |
| Odontocerum | | + | 4 | moy |
| Philopotamus | + | | 1 | rap |
| Ptilocolepus | + | - | 5 | lent |
| Rhyacophila | + | + | 1 | moy |
| Thremma | + | | 1 | lent |
| Wormaldia | + | | 1 5 | lent |
| COLEOPTERES | | | | |
| Dupophilus | | + | 1 2 | lent, moy |
| Elmis | + | + | 1 2 5 | lent à rap |
| Esolus | + | | 2 3 | lent |
| Hydraena | | + | 1 | moy |
| Limnius | + | + | 2 3 5 | lent, moy |

Microhabitats :

1 dalles, blocs, pierres, galets
 2 graviers
 3 sable
 5 macrophytes, algues
 7 branches, racines
 8 litière

vitesse de courant :

lent : (5-25 cm/s)
 moy : (25-50 cm/s)
 rap : (>50 cm/s)

En séparant Pyrénées et Massif Central, on observe une préférence de microhabitats et vitesse de courant identique pour les deux régions. Cependant, grâce aux données recueillies dans le cadre de l’application du protocole TeauRRENT, nous avons pu faire un réarrangement ciblé des ordres d’habitabilité des substrats pour correspondre au mieux à la réalité de terrain sur ces typologies de cours d’eau (Tableau 16).

Par exemple, les « Spermaphytes immergés, racines, spermaphytes émergents de la strate basse et vases » se voient retirés de la liste normative pyrénéenne de l’indice car ce sont des substrats non rencontrés dans les Pyrénées dans le cadre de TeauRRENT. De même nous avons imposé une séparation de certains supports pour disposer du même nombre de classes au final et ne pas biaiser le calcul originel de l’indicateur.

Tableau 16 - Tableaux de Chab adaptés à la typologie d'analyse dans le cadre du protocole TeauRRENT (Annexe 10.1)

| Pyrénées | | N1 | N3 | N5 | N4 | N2 |
|----------|------------|-------|------------|-------------|--------------|---------|
| Supports | | v < 5 | 5 ≤ v < 25 | 25 ≤ v < 75 | 75 ≤ v < 150 | v ≥ 150 |
| 9 | PF, CG, CF | | | | | |
| 8 | PG | | | | | |
| 7 | Bryophytes | | | | | |
| 6 | GG, GF | | | | | |
| 5 | SG, SF | | | | | |
| 4 | Limons | | | | | |
| 3 | R, B | | | | | |
| 2 | D | | | | | |
| 1 | Algues | | | | | |
| 0 | A | | | | | |

| Massif Central | | N1 | N3 | N5 | N4 | N2 |
|----------------|-----------------|-------|------------|-------------|--------------|---------|
| Supports | | v < 5 | 5 ≤ v < 25 | 25 ≤ v < 75 | 75 ≤ v < 150 | v ≥ 150 |
| 9 | PF, CG, CF | | | | | |
| 8 | PG | | | | | |
| 7 | Bryophytes | | | | | |
| 6 | Litières | | | | | |
| 5 | Racines | | | | | |
| 4 | GG, GF | | | | | |
| 3 | SG, SF | | | | | |
| 2 | Limons | | | | | |
| 1 | B, D, R, Algues | | | | | |
| 0 | A | | | | | |

Indice de complexité

Cet indicateur simple permet de décrire l’hétérogénéité des couples substrat/vitesse, grâce au nombre de couples présents et à leur abondance relative.

$$H' = -\sum p_i * \log_2 p_i$$

Avec p_i = abondance relative des couples substrats/vitesses

Une bonne hétérogénéité des couples substrat/vitesse signifie une bonne diversité de micro-habitat, donc une bonne potentialité du milieu. Mais cet indice ne donne pas de valeurs différentes aux couples selon leurs potentialités biologique, il n’est qu’un descripteur physique et n’est donc pas rapporté à un référentiel typologique.

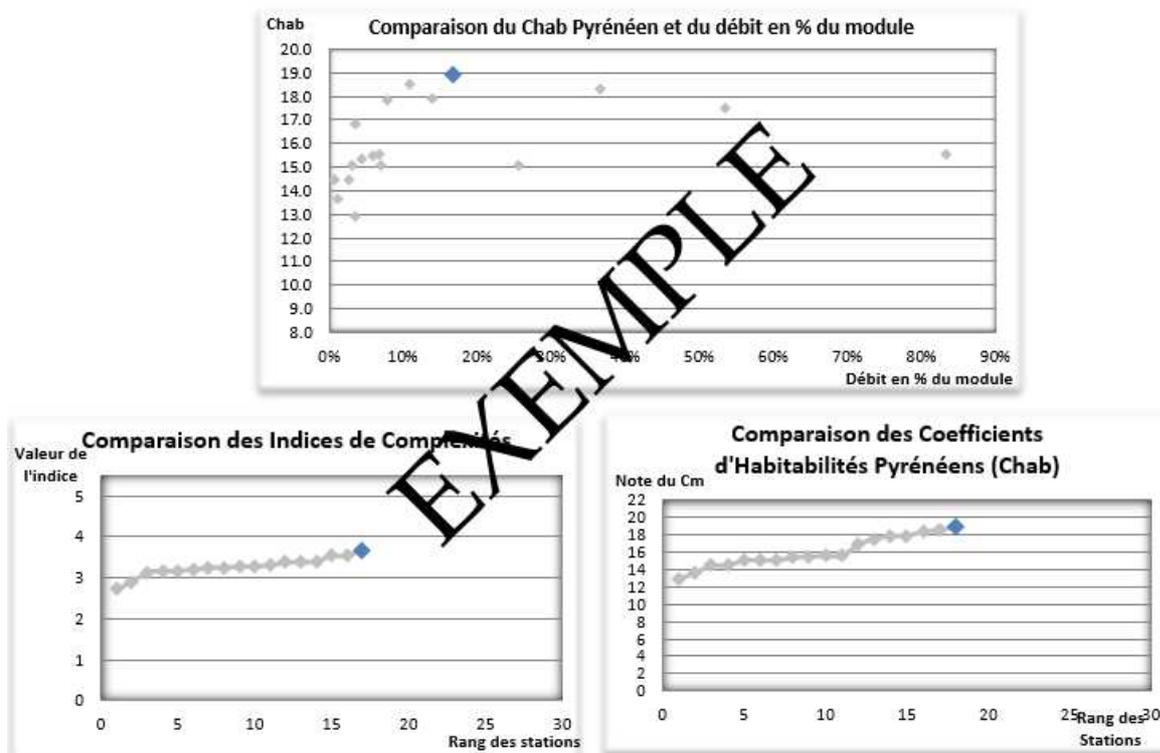
L’adaptation typologique sélective a rendu possible le calcul de ces indicateurs pour chacun des sites d’étude TeauRRENT. Cette fiche présente la grille d’analyse de l’indice Chab pour une station, avec la distribution de tous les couples substrat/vitesse échantillonnés. Elle indique aussi la note obtenue pour l’Indice de complexité.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Lagal, 20 m en aval de la prise d'eau

| Lagal aval | | Classes de vitesses (cm/s) | | | | |
|-----------------------------------|---|----------------------------|------|-------|---------------------------|------|
| | | <5 | 5-25 | 25-75 | 75-150 | >150 |
| Substrats | | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| CF | 9 | 0 | 4 | 6 | 2 | 0 |
| CG | 9 | 0 | 4 | 7 | 0 | 0 |
| PF | 9 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| PG | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Br | 7 | 0 | 0 | 5 | 6 | 1 |
| Lt | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ra | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GG | 6 | 0 | 11 | 9 | 2 | 0 |
| GF | 6 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| SpE | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SG | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| SF | 4 | 1 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| L | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 3 | 0 | 4 | 5 | 3 | 0 |
| D | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Al | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coefficient Habitabilité Pyrénéen | | 18.89 /20 | | | Indice de complexité 3.67 | |

Une deuxième série de graphiques d’analyse permet de comparer la situation locale de ces indicateurs, relativement aux autres stations (toujours dans un objectif d’auto-calibration) mais également par rapport à un référentiel hydrologique, défini en pourcentage au module au niveau de chaque site d’analyse.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Lagal, 20 m en aval de la prise d'eau



7.3.4.2.2 Ciblés sur la faune piscicole

Pour compléter l’information apportée par l’expertise prenant en compte les macroinvertébrés, deux autres indices ont été mis en place pour caractériser la potentialité de chaque station à accueillir des truites, espèce cible prioritaire de ces cours d’eau.

Ces indices concernent la présence de « zone refuge » pour les adultes, paramètre important en condition difficile (étiage ou débit réservé par exemple) et la présence de zone de fraie potentiel via la notion de patches potentiellement favorables. Ils ne prennent pas en compte des paramètres tels que la continuité piscicole, ils ne sont donc qu’informatifs et se doivent donc d’être reliés à l’ensemble des éléments d’expertise disponibles.

Indice « zones refuges » : Coefficient utilisé pour décrire la notion de zones refuges disponibles pour la faune piscicole à travers la représentativité des points les plus profonds sur les stations d’analyse – ciblé sur le stade adulte des Truites.

$$\text{Cref_adultes} = \frac{\text{Nb Pts cl}[4\&5]}{\text{Nb Pts totaux}} * 100$$

| Code classe | Classes de profondeur (cm) |
|-------------|----------------------------|
| 1 | <10 |
| 2 | 10-25 |
| 3 | 25-70 |
| 4 | 70-150 |
| 5 | >150 |

Indice « zones de fraie » : Coefficient utilisé pour décrire la notion de patches de reproduction potentielle pour les Truites.

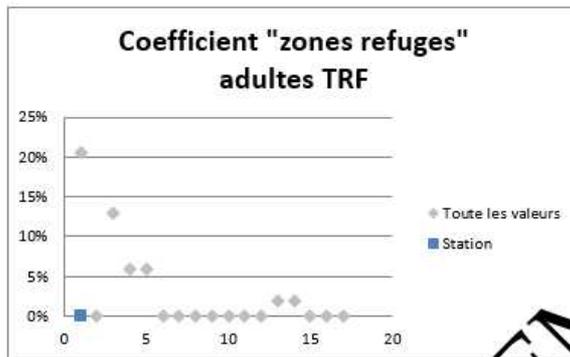
$$\text{C_fraie} = \frac{\text{Nb Pts (clProf3 \& clVit3 \& clSub[7,8,9,10\&11])}}{\text{Nb Pts totaux}} * 100$$

| Code classe | Classes de profondeur (cm) | Classes de vitesse (cm/s) | Classes de substrat |
|-------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | <10 | <5 | Racines |
| 2 | 10-25 | 5-25 | Litière |
| 3 | 25-70 | 25-75 | Argile |
| 4 | 70-150 | 75-150 | Limons |
| 5 | >150 | >150 | Sables fins |
| 6 | | | Sables grossiers |
| 7 | | | Graviers fins |
| 8 | | | Graviers grossiers |
| 9 | | | Cailloux fins |
| 10 | | | Cailloux grossiers |
| 11 | | | Pierres fines |
| 12 | | | Pierres grossières |
| 13 | | | Blocs |
| 14 | | | Rochers |
| 15 | | | Dalles |

Comme pour les autres indicateurs, des fiches types sont éditées pour chaque site et permettent d’expertiser la situation personnelle de chaque site au regard de la valeur absolue de chaque indice, mais également en comparaison avec les autres sites du panel de l’étude et en relatif à un référentiel hydrologique en pourcentage du module.

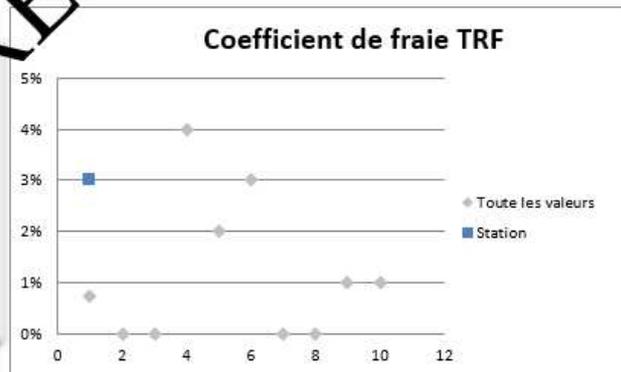
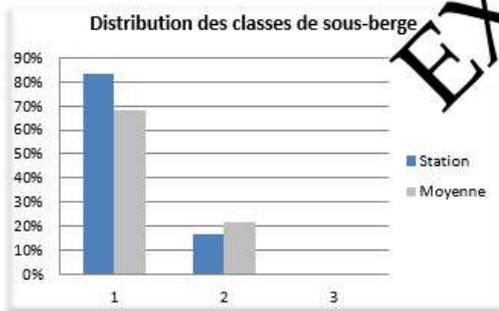
Sur cette fiche, aux résultats des indicateurs spécifiquement piscicoles, s’ajoutent des notions d’habitabilité via les sous-berges disponibles (en trois classes croissantes) mais également de cloisonnement du milieu avec les données sur les chutes/cascades.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Lagal, 20 m en aval de la prise d'eau



Cloisonnement

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Nombre de chute supérieur à 30 cm | 3 |
| Nombre de chute supérieur à 80 cm | 3 |
| Hauteur de chute maximum (m) | 3.2 |
| Hauteur de chute cumulée (m) | 6.2 |
| Nombre de chute / 100 m | 4.3 |



EXEMPLE

7.3.5 Vers l’auto-calibration des résultats : comparaison inter-sites/inter-débits

L’objectif poursuivi était donc d’obtenir suffisamment de données pour disposer d’une grande diversité des habitats, des typologies et des conditions d’écoulements.

Dans le cadre de cette étude, il n’était généralement techniquement pas possible de réaliser des mesures de terrain permettant d’explorer plusieurs débits à l’aval d’une même prise d’eau. Les indicateurs sont donc normés par rapport à une variable hydraulique de référence, le pourcentage du module.

La diversité des stations étudiées et des situations hydrologiques observées doit idéalement permettre de compenser l’unicité de la campagne d’observation pour chacune des stations.

7.3.5.1 Liens entre les différents indicateurs et priorisation vers les facteurs de réponse « qualité du milieu »

La relation entre diversité des écoulements (objectif écologique) et le pourcentage du module associé définit un référentiel qui doit être suffisant pour corriger, par une proposition d’ajustement du débit, des situations anormalement médiocres.

Les critères de diversité des écoulements peuvent être décrits par le classement des valeurs pour chacun des paramètres (exemple avec les courbes classées), par regroupement en grande classes ou par comparaison inter-sites ou relativement au module.

Il est toutefois certain qu’une part des situations observées s’explique par d’autres critères que le débit. Une expertise via analyse multifactorielle a préalablement permis de discriminer ces paramètres et ainsi discriminer dans l’analyse des grands types géographiques de secteurs.

Des statistiques descriptives ont ainsi permis de sélectionner les variables les plus explicatives de la situation. Pour ce faire, des ACP (Analyses en Composantes Principales) ont été réalisées, celles-ci permettant de visualiser les corrélations entre les variables et d’identifier celles qui ont le plus de poids. Le but était notamment d’identifier quels étaient les variables les mieux corrélées aux indices biologiques présentés précédemment. Ces analyses ont permis d’identifier le pourcentage du module comme extrêmement lié à l’indice d’habitabilité (Figure 22).

Il est alors possible de réaliser un nuage de corrélation tenant compte de l’ensemble des sites, avec, pour chacun, les valeurs de ce coefficient d’habitabilité mis en rapport avec le pourcentage du module calculé lors des mesures de terrain (Figure 23).

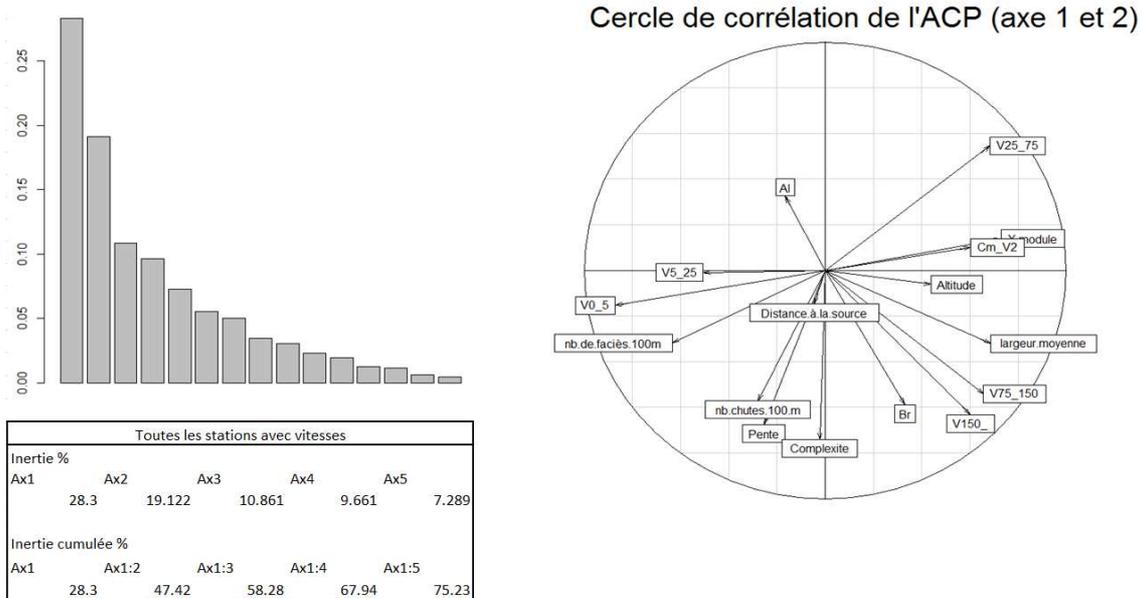


Figure 22 - Exemple d'analyse (ACP) présentant la corrélation forte entre l'indice d'habitabilité (Chab = cm_V2) et le ratio au module (X_module) sur le jeu de données propre à cette étude

7.3.5.2 Préconisation de débit minimum biologique pour les sites TeauRRENT

L’analyse de corrélation nous a orientés vers la réalisation de la Figure 23 qui présente la valeur de notre indice d’habitabilité par rapport au ratio au module pour chacun des sites étudiés dans le cadre de l’application TeauRRENT.

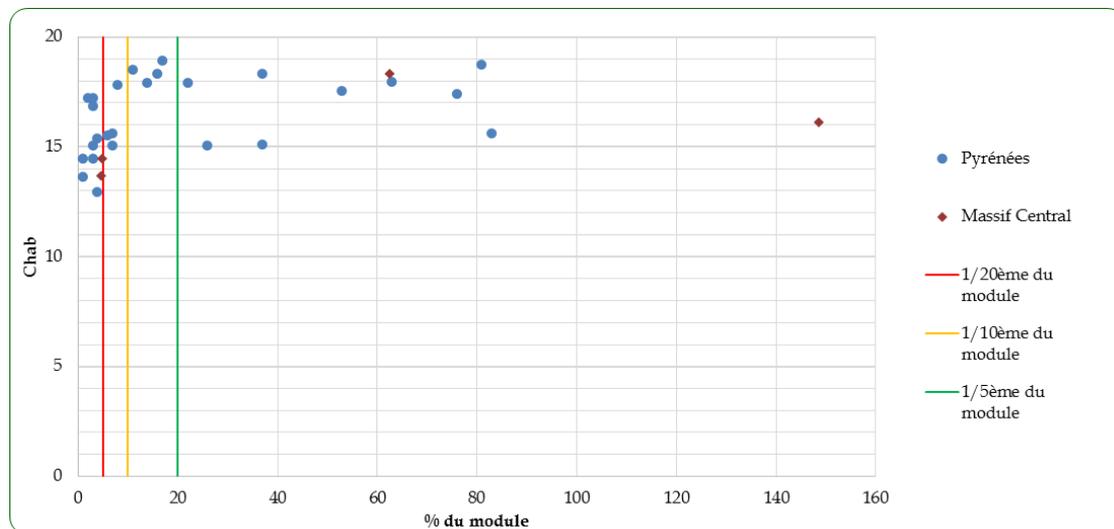


Figure 23 - Représentation graphique des valeurs de l'indice d'habitabilité en rapport avec le relatif à son module pour chaque site TeauRRENT

Il apparaît clairement que, de 0 à 10% du module, il y a une très nette amélioration de l’indice d’habitabilité avec l’augmentation du débit et donc, de la qualité théorique du milieu aquatique.

Par contre, au-delà de 10-15% du module, il semble que l’indice atteigne un plateau. Toutefois, l’incertitude sur ce plateau est plus forte, de la même manière que dans le cadre des méthodes classiques d’analyse des microhabitats pour lesquelles, au-delà

d’un certain seuil de débit, le bruit inhérent aux perturbations hydrauliques devient prépondérant sur la pertinence de l’habitabilité locale. Cependant, il semble possible de définir ce seuil de 10-15% comme étant similaire à un débit optimal, comme on peut l’expertiser dans le cadre des méthodologies classiques.

A l’inverse, avec la réduction du débit, on peut observer un net point d’inflexion autour du 1/15^{ème} du module en dessous duquel la situation d’habitabilité se dégrade clairement. On peut assimiler ce seuil à une valeur de débit critique, comme on peut l’expertiser dans le cadre des méthodologies classiques.

A noter que certains points sont clairement identifiables comme disposant d’un très bon ratio au module alors que la valeur du Chab n’apparaît pas aussi élevée qu’attendu. Nous verrons par la suite que la situation particulière de ces 2-3 « outliers » s’explique aisément par des facteurs inhérents aux substrats présents sur ces sites (par exemple, nette dominance des dalles très peu biogènes qui ne permettent pas d’augmenter la valeur du Chab, même avec l’augmentation du débit).

Le Tableau 17 présente, de manière synthétique, la disposition, sous une forme de gradient de couleur, du positionnement « idéal » des couples substrat/vitesse vis-à-vis des taxons cibles du milieu aquatique.

On peut ainsi définir le centre de cette zone comme permettant une habitabilité optimale et donc un peuplement théorique en très bon état, relativement à la typologie du cours d’eau.

De la même manière, lorsqu’on s’éloigne de cette zone, si tous les couples substrat/vitesse observés sur site sont à l’extérieur, on peut logiquement estimer que la situation locale est défavorable, l’habitabilité faible et donc logiquement, le peuplement théorique en mauvais état, relativement aux références connues.

Tableau 17 - Habitabilité optimale sur la base de l'indice d'habitabilité adapté pour la méthodologie TeauRENT (Optimal au sein du cercle bleu / Situation défavorable à l'extérieur du cercle vert)

| Théorique | Classes de vitesse | | | | |
|-----------|--------------------|------|-------|--------|------|
| | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| Substrats | <5 | 5-25 | 25-75 | 75-150 | >150 |
| CG | 9 | | | | |
| PF | 9 | | | | |
| CF | 9 | | | | |
| PG | 8 | | | | |
| Br | 7 | | | | |
| Ra | 6 | | | | |
| Lt | 6 | | | | |
| GF | 6 | | | | |
| GG | 6 | | | | |
| SpE | 5 | | | | |
| SF | 5 | | | | |
| SG | 5 | | | | |
| L | 4 | | | | |
| B | 3 | | | | |
| R | 3 | | | | |
| D | 2 | | | | |
| Al | 1 | | | | |
| A | 0 | | | | |

A partir de groupes de sous-échantillons construits sur la base des Chab et %module moyens tirés des données de l’étude, la Figure 24 présente la variation des couples substrat/vitesse moyens du tableau d’habitabilité en fonction du ratio au module (barres seuils indicatives pour le 1/20^{ème}, le 1/10^{ème} et le 1/5^{ème} du module) sur l’axe

horizontal et de la note de Chab sur l’axe vertical (barres seuils indicatives sur la base théorique des seuils optimaux et défavorables définis précédemment).

On identifie clairement le déplacement des blocs observés vers les classes les plus biogènes grâce à l’augmentation des vitesses avec l’augmentation des débits. De même la note d’habitabilité augmente fort logiquement dans le même sens que le déplacement des blocs majoritaires vers les substrats les plus biogènes.

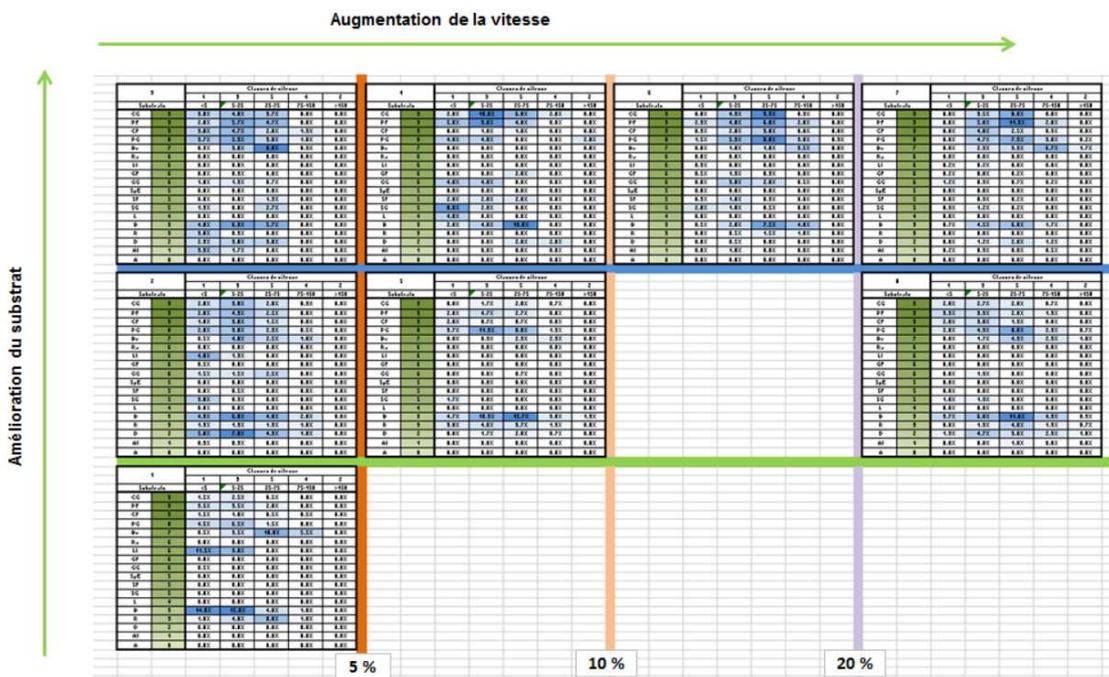


Figure 24 - Evolution des positionnement des couples substrat/vitesse à partir du pool de sites disponibles dans l'étude

Cette méthode pour les très très petits cours d’eau de montagne à très forte pente a été développée spécifiquement car aucune autre méthode normalisée n’était pertinente. En l’état actuel du développement, il est évident que le faible éventail de situations expertisées et l’absence d’une classification typologique doit inciter à prendre de nombreuses précautions dans les conclusions tirées.

Sur la base des résultats disponibles, on peut estimer, avec de la réserve, qu’une valeur de l’ordre du 1/15^{ème} du module pourrait être assimilée à un seuil en-dessous duquel la situation du milieu aquatique se dégrade rapidement. On peut donc l’envisager comme un seuil critique, plage inférieure des débits étant incompatible avec la vie, la circulation et la reproduction des espèces.

En parallèle aux méthodologies classiques, le 1/10^{ème} du module peut être perçu comme la valeur haute de la plage des débits biologiques en sachant toutefois qu’il est encore prématuré pour conclure sur le caractère optimal de ce seuil.

Il est donc évident que cette définition de plage de débits biologiques se doit d’être modulée selon les caractéristiques propres à chaque site : en effet, suivant le contexte local du cours d’eau, cette gamme de débits peut potentiellement varier (notamment en lien aux substrats présents sur la station, aux types de faciès, à la pente, à la continuité préservée... et donc aux facteurs résiduels propres à chacun), expertise empirique qui sera prépondérante sur une simple valeur hydraulique.

8 RESULTATS PAR PRISE D’EAU

Les valeurs hydrologiques seuils (M/10, QMNA5...) présentées dans tous les graphiques d’analyse des habitats sont les valeurs estimées au niveau des stations de détermination de DMB et peuvent être différents des valeurs connues au droit des prises d’eau.

Pour des questions de compréhension et de gestion, si le différentiel est supérieur à 10%, les valeurs tirées de ces analyses sont ensuite rapportées par homothétie au niveau des ouvrages EDF dans les conclusions individuelles et en synthèse globale, à la condition que la contribution du bassin versant intermédiaire permette le complément.

8.1 PRISE D’EAU DE PONT-DE-SALARS SUR LE VIAUR

Sur la première portion du Viaur, influencée par le barrage de Pont-de-Salars, les différents éléments de contextualisation nous ont permis de valider la possibilité et la pertinence de l’application de la méthode normalisée « EVHA ».

Deux sites permettant l’application du protocole ont donc été sélectionnés sur le Viaur.

Le premier site se situe dans le secteur S1 du Viaur, en aval de la prise d’eau du barrage de Pont-de-Salars mais en amont de la confluence avec le ruisseau de Bage. Le deuxième site se situe dans le secteur S2 en aval de Camboulas, et en aval de la confluence avec le ruisseau de Bage.

L’hydrologie du Viaur au niveau du site EVHA de Camboulas est donc influencée par celle du ruisseau de Bage, ainsi que les prises d’eau de Pont-de-Salars et de Bage.

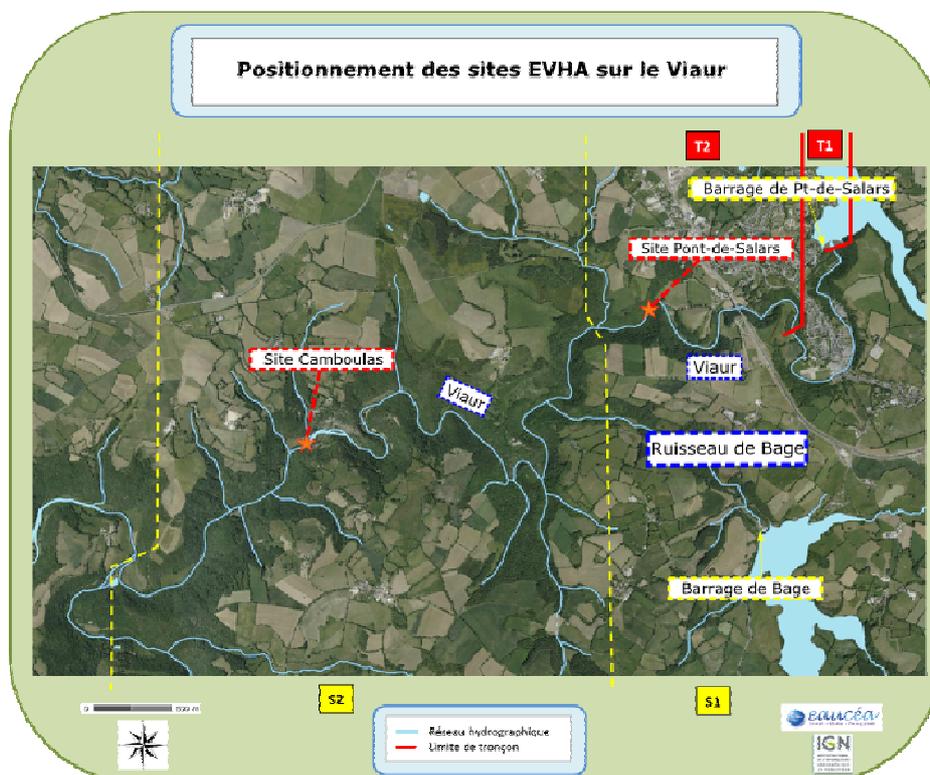


Figure 25 - Positionnement des sites EVHA sur le Viaur

8.1.1 Résultats bruts d’analyse pour le site amont – Pont-de-Salars

8.1.1.1 Cartographie du site et caractéristiques principales

Le site EVHA de Pont-de-Salars a été choisi en aval du barrage, mais à l’amont de la confluence avec le ruisseau de Bage. Il est important de noter qu’une restitution d’eau de la station d’épuration de Pont-de-Salars se situe en amont immédiat du site.

La longueur de la station est de près de 80 m et est échantillonnée en 13 sections en travers sur lesquels ont été mesurées la cote de la ligne d’eau, la bathymétrie, le substrat et les vitesses d’écoulement. Les limites des sections en travers sont représentées sur la carte ci-dessous, montrant la station dans une zone boisée.

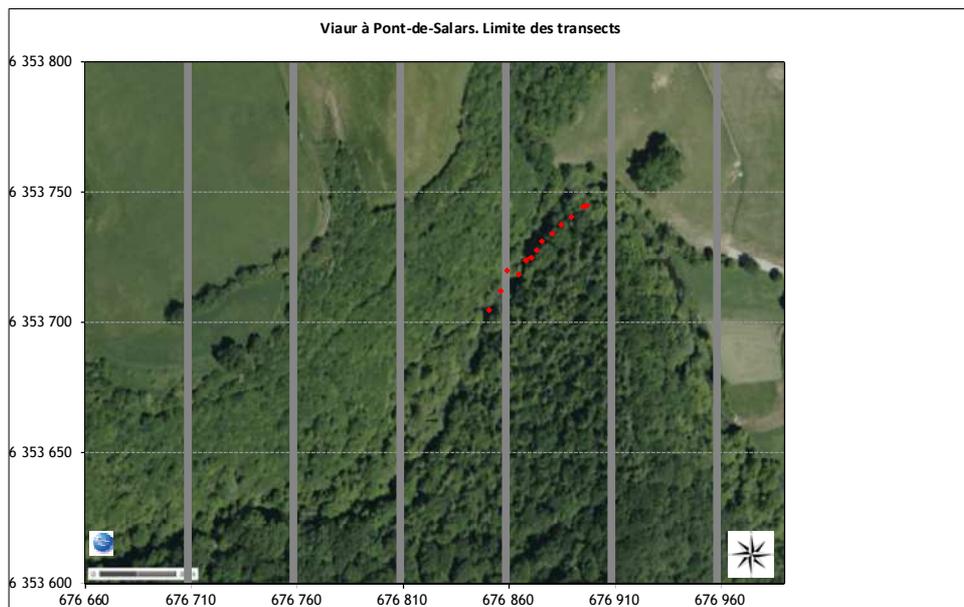


Figure 26 - Carte de la station EVHA du Viaur à Pont-de-Salars

La figure suivante présente les différents faciès présents sur le site d’étude.

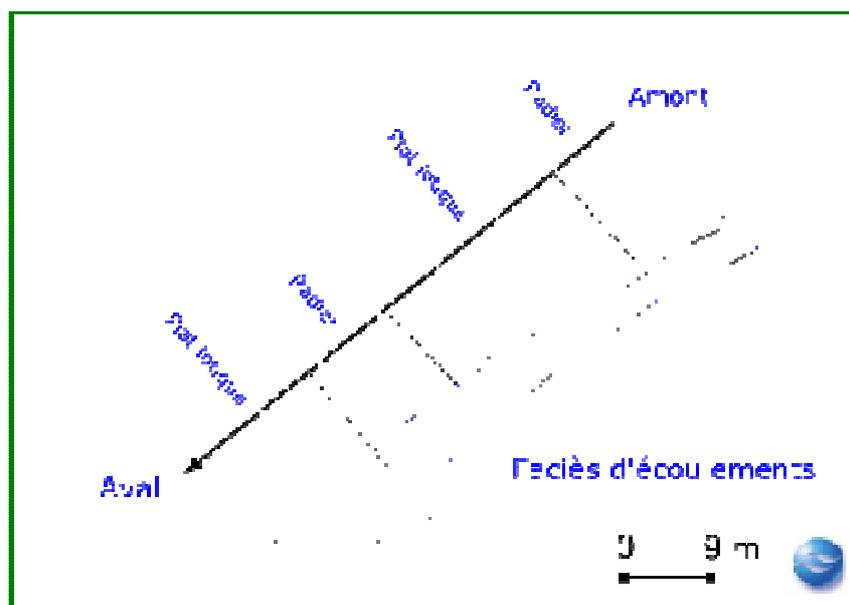


Figure 27 - Faciès d’écoulements de la station EVHA de Pont-de-Salars

Le relevé topographique effectué le 27/05/2013 permet de visualiser ci-dessous les faciès d’écoulements avec le profil en long de la rivière

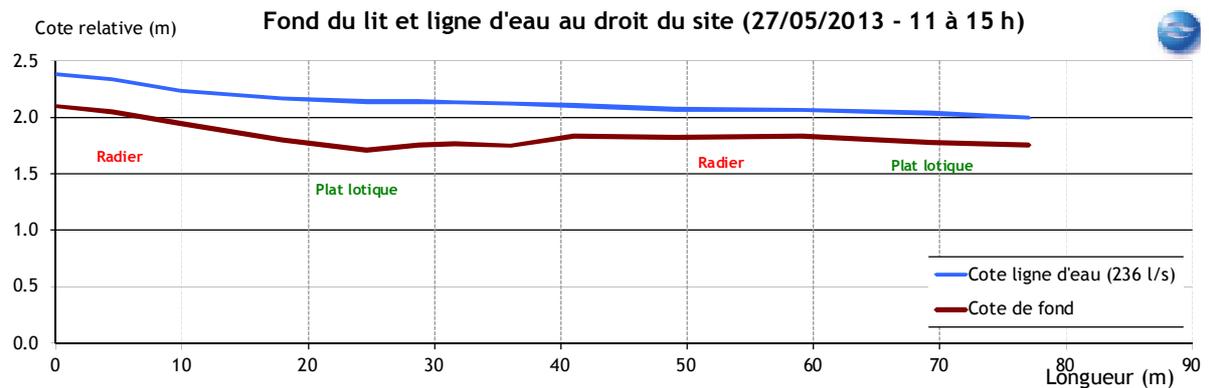


Figure 28 - Profil en long de la station EVHA de Pont-de-Salars



Vue générale du site EVHA de Pont-de-Salars

Le lit mineur du Viaur est en grande partie recouvert d’herbes. On observe aisément que la situation d’influence hydrologique à long terme (débit totalement régulé sous la seule influence du débit réservé au niveau du barrage de Pont-de-Salars) a fortement remanié la rivière qui ne coule plus qu’en son centre.

La granulométrie relevée est assez variée mais comporte des zones fortement envasées. Plus à l’aval les apports naturels redynamisent le régime hydraulique.

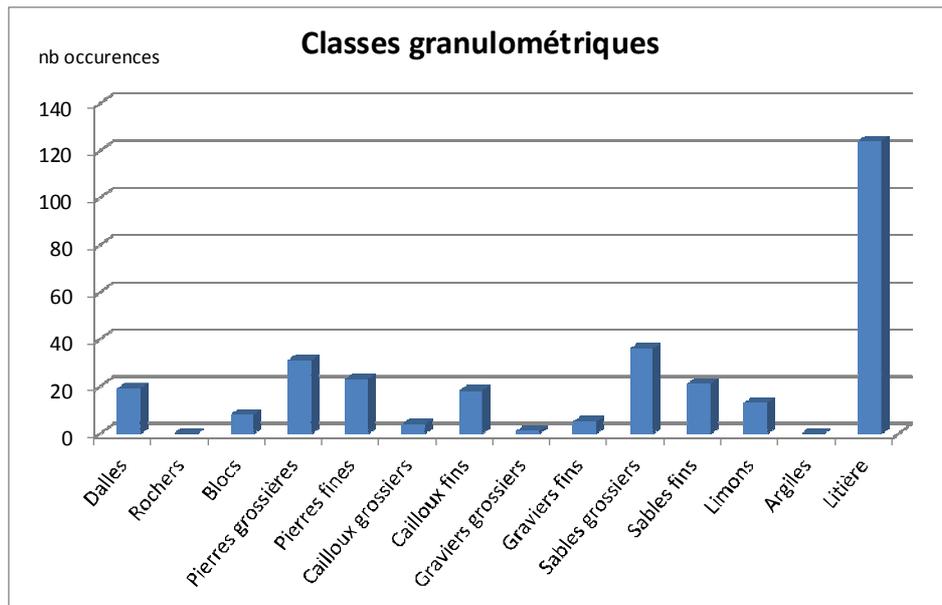


Figure 29 - Répartition des classes granulométriques. Site de Pont-de-Salars

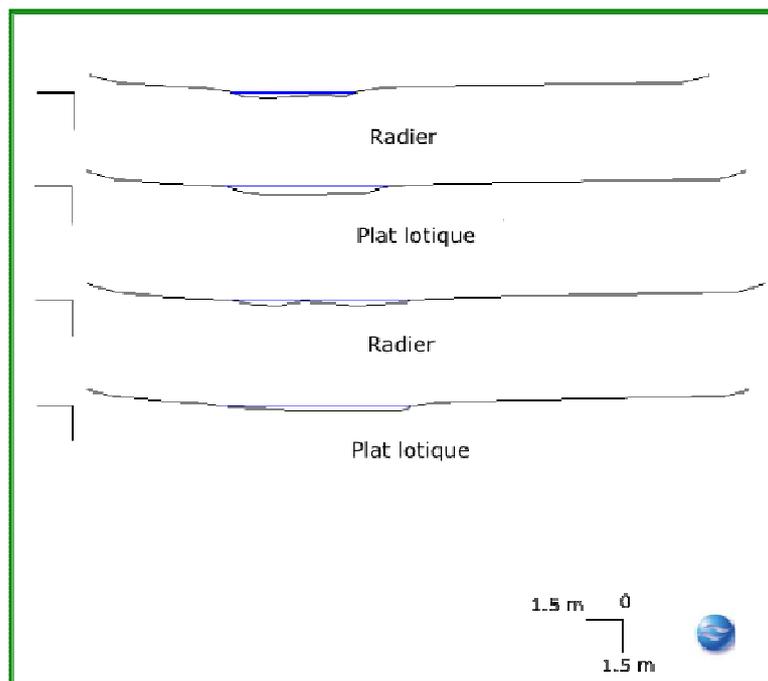


Figure 30 - Vue aval de profils en travers type et ligne d’eau des différents faciès observés au débit de mesure, représentés en partant du faciès amont. Site de Pont-de-Salars



Radier amont



Plat lotique aval du premier radier

Figure 31 – Photographies du site Pont-de-Salars

8.1.1.2 Construction du modèle hydraulique

Afin d'évaluer une valeur d'habitat en fonction du débit, il faut estimer les paramètres physiques, hauteur d'eau et vitesse d'écoulement, pour une gamme de débit choisie. C'est le modèle hydraulique d'EVHA qui nous permet de calculer ces paramètres.

Les paramètres du modèle hydraulique, c'est-à-dire les valeurs du coefficient de frottement en chaque section de modélisation, sont déterminés à l'aide des mesures. Cette étape de calage nécessite une réelle expertise hydraulique car la modélisation en basses eaux est un exercice des plus complexes.

Le profil en altitude relative de la ligne d'eau pour le modèle calé est représenté ci-dessous. Il illustre l'évolution des pentes.

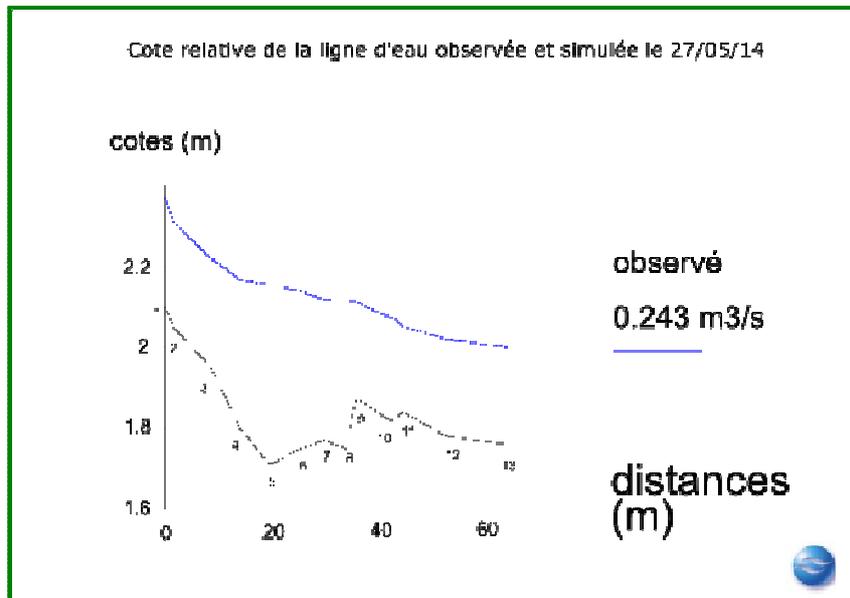


Figure 32 - Profil en long avec les cotes de ligne d'eau observées et simulées. Site de Pont-de-Salars

Une fois construit le modèle hydraulique, il est maintenant possible d'évaluer pour une gamme de débits l'évolution des paramètres hydrauliques du tronçon. Le graphe ci-

dessous représente la surface mouillée (pour 100 m de cours d’eau) en fonction du débit.

Naturellement toute augmentation de débit se traduit par une augmentation de la surface qui correspond au remplissage du lit mineur. A partir d’un certain niveau, le lit mineur est plein et la surface n’évoluera pas beaucoup jusqu’aux débits de crue qui feront déborder le cours d’eau. Les débits d’étiage sont généralement situés dans un domaine où une petite variation de débit peut avoir des effets importants.

Le détail de la variation de la surface mouillée pour 100 m de cours d’eau est représenté ci-dessous pour illustrer le gain rapide de surface mouillée avec le débit lorsque l’eau gagne son lit mineur historique, en dehors de son lit remanié directement lié au débit réservé.

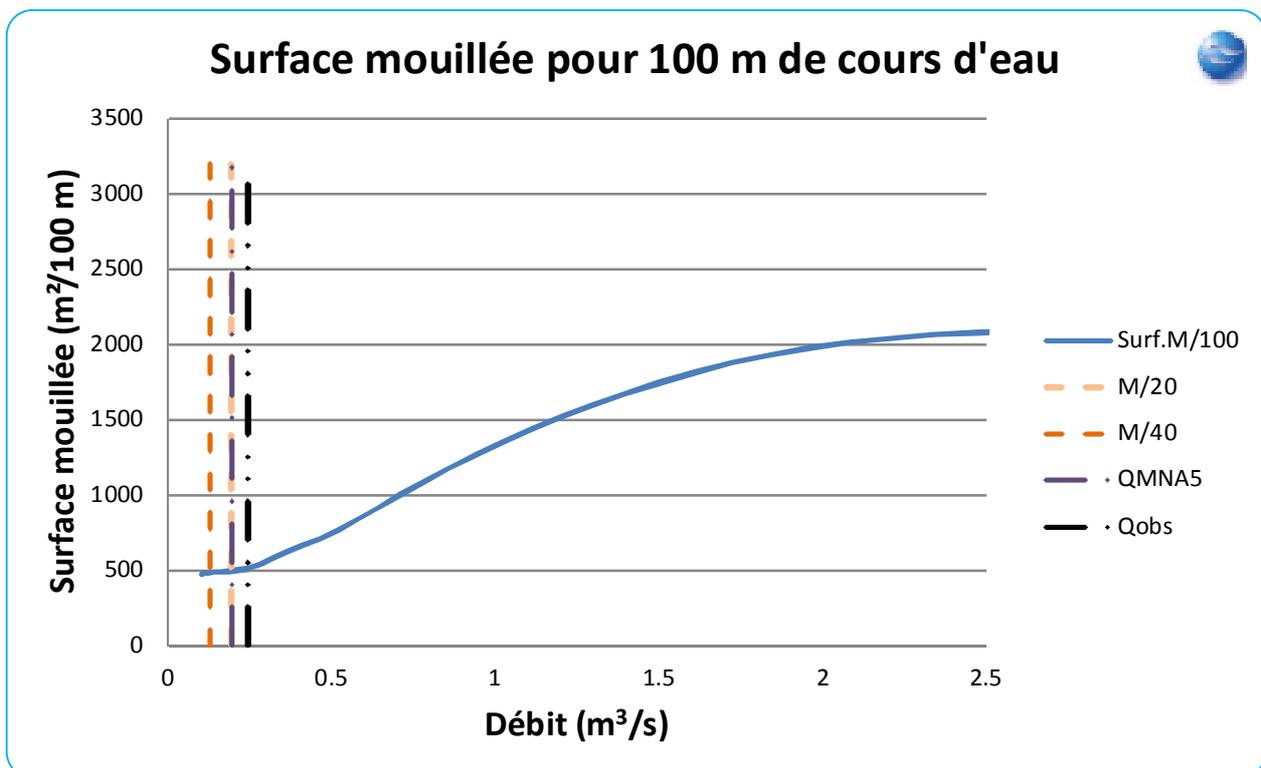


Figure 33 - Evolution de la surface mouillée pour 100 m de cours d'eau en fonction du débit

La particularité de l’emplacement du site de mesure vient du fait que le lit mineur historique se trouve aujourd’hui limité au lit vif, directement lié au débit réservé.

Ce nouveau « débit de plein bord » du Viaur au niveau de ce site a par ailleurs été observé le jour de la mesure, soit environ 240 l/s.

L’interprétation de l’évolution de la valeur d’habitat (et donc de surface pondérée utile) en fonction du débit s’en trouve donc très limitée car toute augmentation significative de débit aurait pour conséquence un changement de l’équilibre sédimentaire du lit du Viaur au niveau du site mesuré. Les distributions granulométriques (composées de fractions fines aujourd’hui) en seraient profondément changées.

Ce dernier point se trouve ainsi en dehors des hypothèses de modélisation supposées dans EVHA.

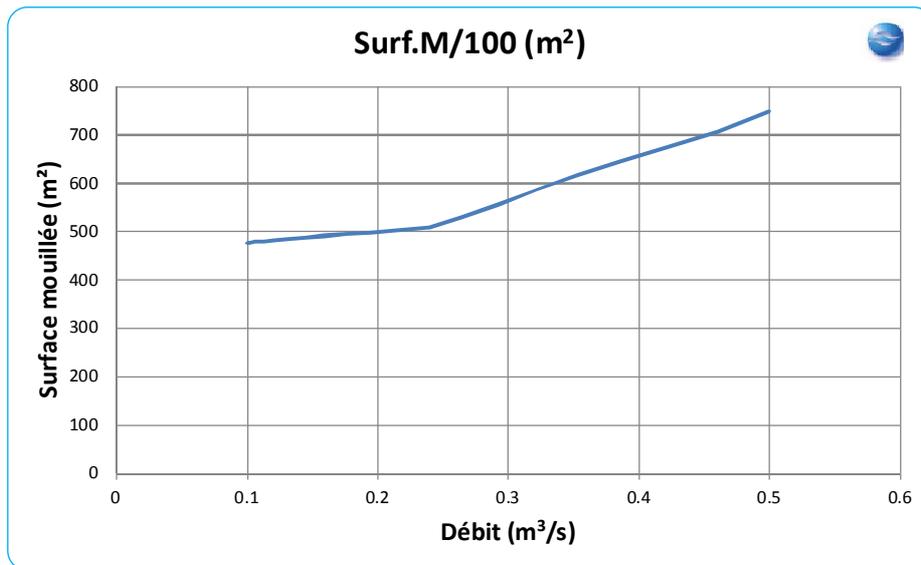


Figure 34- Détail de l'évolution de la surface mouillée pour 100 m de cours d'eau en fonction du débit

8.1.1.3 Analyse de l'habitat potentiel

L'évolution de la valeur habitat en fonction du débit pour la Truite et ses espèces accompagnatrices ne permet pas d'interprétation fiable car dès la valeur de 240 l/s pour le débit, le lit mineur actuel est à plein bord (Chapitre 8.1.1.2).

Les résultats sont donc figurés ici mais ne seront pas utilisables directement pour l'analyse finale.

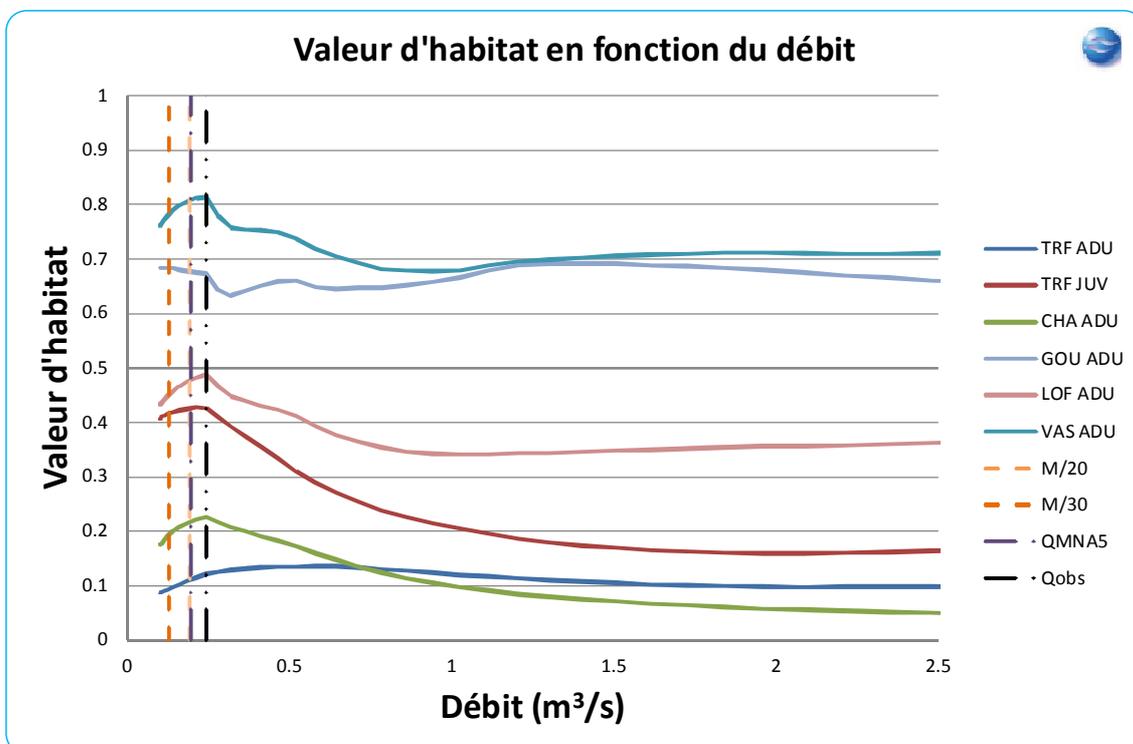


Figure 35 - Evolution de la valeur habitat en fonction du débit pour la truite et les espèces accompagnatrices

8.1.2 Résultats bruts d’analyse pour le site aval – Camboulas

8.1.2.1 Cartographie du site et caractéristiques principales

Le site EVHA de Camboulas a été choisi en aval du barrage, en aval de la confluence avec le ruisseau de Bage et en amont de celle avec le Vioulou.

La longueur de la station est de près de 100 m et est échantillonnée en 14 sections en travers sur lesquels ont été mesurés la cote de la ligne d’eau, la bathymétrie, le substrat et les vitesses d’écoulement. Les limites des sections en travers sont représentées sur la carte ci-dessous, montrant la station dans une zone boisée.

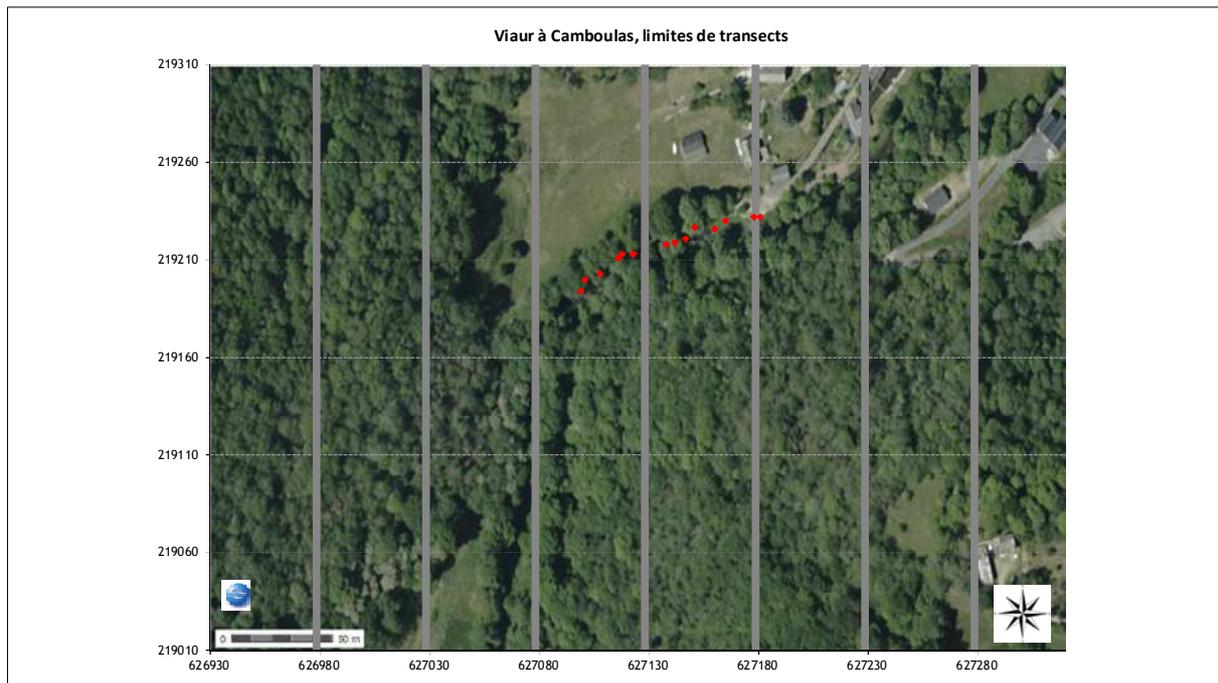


Figure 36 - Carte de la station EVHA du Viour à Camboulas

Le relevé topographique effectué le 28/05/2013 permet de visualiser ci-dessous les faciès d’écoulements avec le profil en long de la rivière.

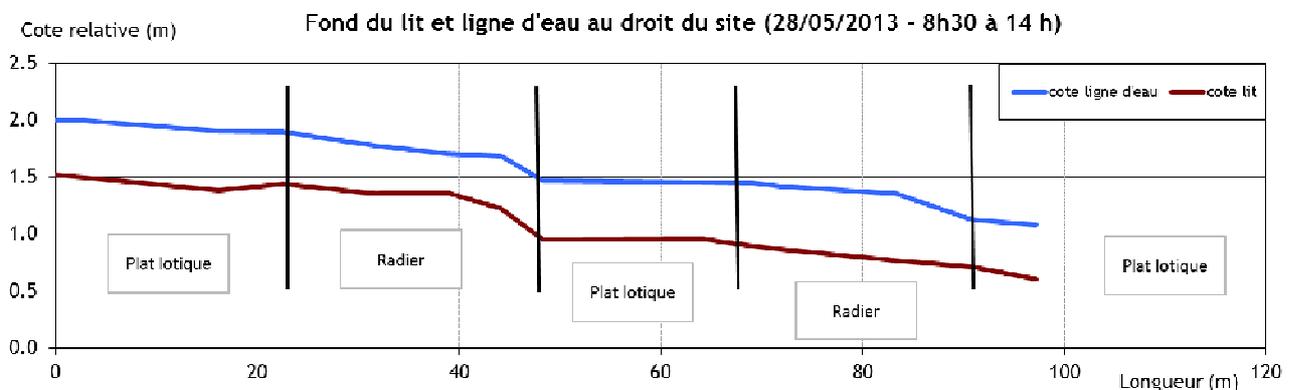


Figure 37 - Profil en long de la station EVHA Camboulas



Photo d'ensemble de la station EVHA

La station possède des faciès lotiques typiques du Viaur. Toutefois aucun véritable faciès profond n'est présent sur ce site. Les profondeurs sur la station sont assez homogènes.

Le lit du Viaur est régulièrement découpé en plusieurs chenaux par de petits îlots (qui ne posent toutefois pas de problématique forte quant à la modélisation EVHA). Il faut aussi noter un nombre plus ou moins importants de blocs et de rochers en milieu de lit (suivant les zones), qui ont leurs sommets exondés. Ces différents points créent de nombreux abris et habitats, qui sont très positifs, notamment pour la faune piscicole.

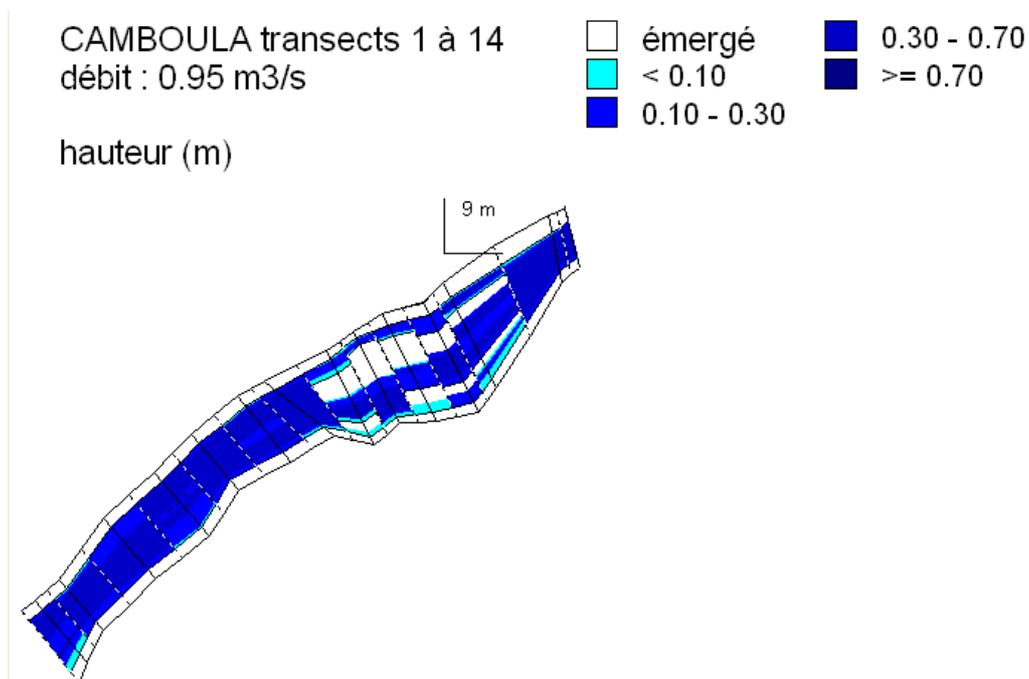


Figure 38 - Vue en plan des profondeurs de la station

Les vitesses sont plus hétérogènes que les profondeurs, ce qui, additionné aux abris et spécificités morphologiques, crée des conditions habitationnelles diversifiées et a priori, biogènes.

CAMBOULA transects 1 à 14
débit : 0.95 m³/s

vitesse (m/s)

| | |
|---------------|---------------|
| □ émergé | ■ 0.30 - 0.70 |
| ■ < 0.10 | ■ >= 0.70 |
| ■ 0.10 - 0.30 | |

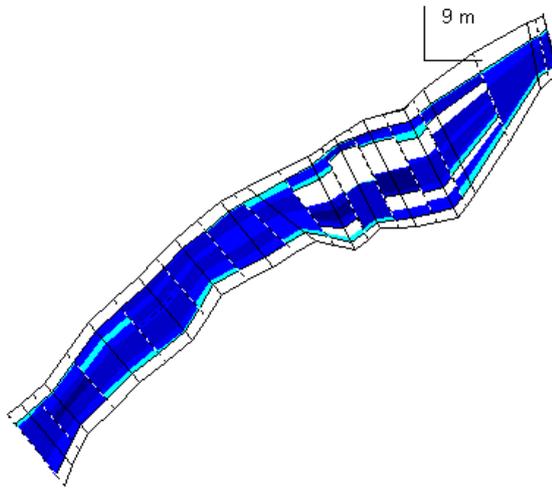


Figure 39 - Vue en plan des vitesses de la station

La figure ci-dessous illustre bien la diversité granulométrique présente sur la station. Cette diversité, ajoutée aux remarques précédentes, favorise une richesse d’ambiances différentes sur la station.

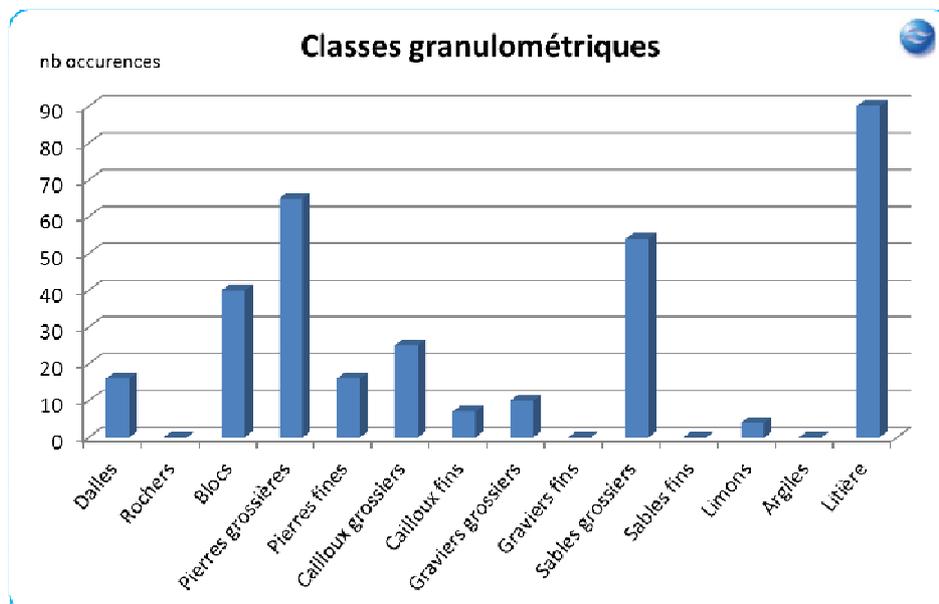


Figure 40 - Répartition des classes granulométriques majoritaires et D84 relevées dans les faciès. Site de Camboulas



Plat lotique



Radier

Figure 41 - Photographies du site Camboulas

8.1.2.2 Construction du modèle hydraulique

Le profil en altitude relative de la ligne d'eau pour le modèle calé est représenté ci-dessous. Il illustre l'évolution des pentes.

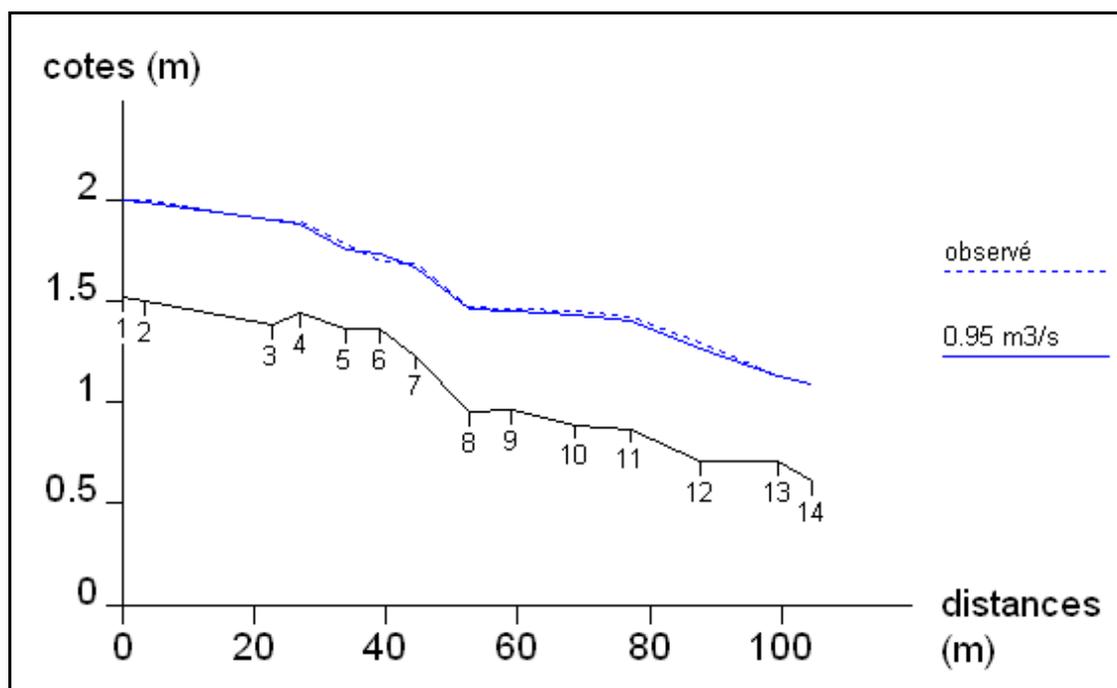


Figure 42 - Profil en long avec les cotes de ligne d'eau observées et simulées. Site de Camboulas

Le graphe ci-dessous représente la surface mouillée (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit.

Il est possible de voir que la surface mouillée augmente globalement de façon linéaire en fonction du débit. Un léger ressaut est perceptible, il correspond à la mise en eau des îlots présents en milieu de lit.

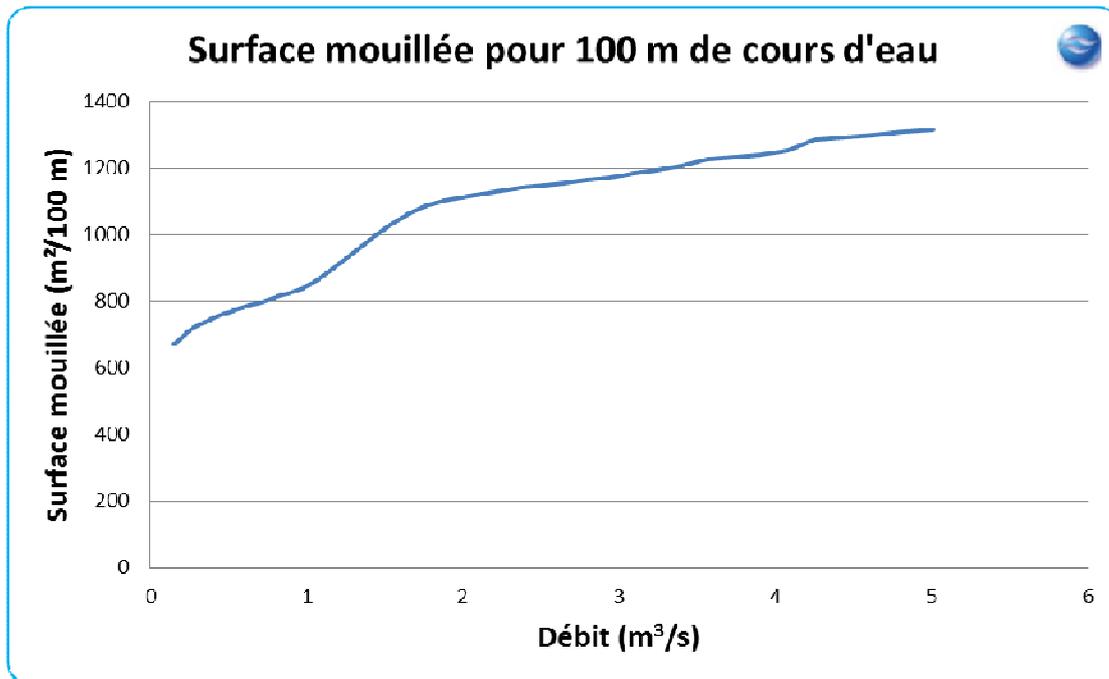


Figure 43 - Evolution de la surface mouillée pour 100 m de cours d'eau en fonction du débit



Exemple d'îlot sur la station

8.1.2.3 Analyse de l'habitat potentiel

Le graphique ci-dessous permet de voir l'évolution de valeur de l'habitat en fonction du débit. Ces valeurs d'habitats sont évaluées pour la Truite à deux stades ontogéniques et pour ses espèces accompagnatrices au stade adulte.

Comme cela est visible, le dixième du module correspond aux valeurs maximums d'habitats pour toutes les espèces accompagnatrices. Pour la Truite, un débit supérieur semble être plus positif, même si la différence reste minime.

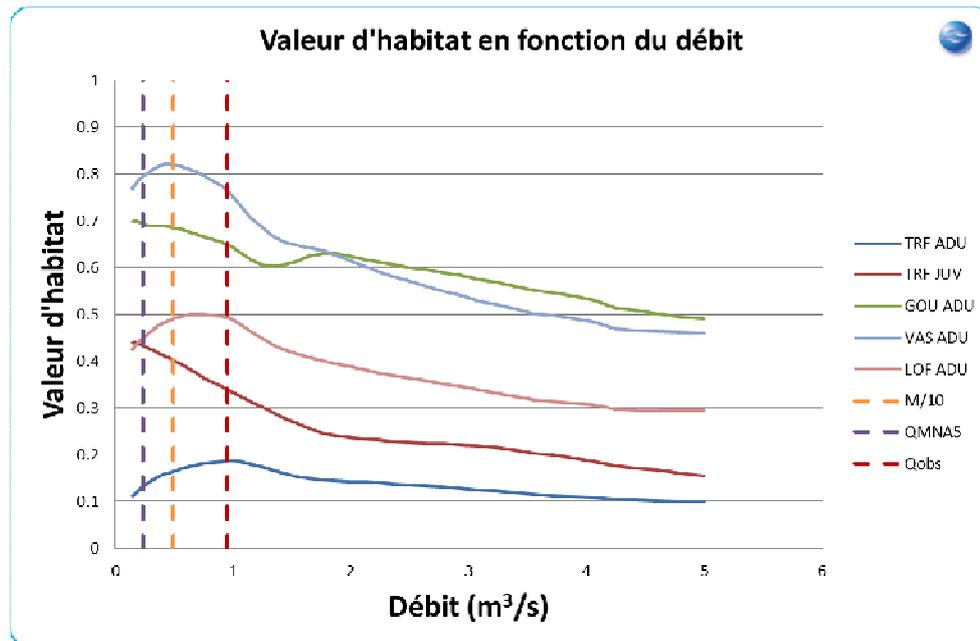


Figure 44 : - Evolution de la valeur habitat en fonction du débit pour la truite et les espèces accompagnatrices

Le graphique suivant présente, pour les mêmes stades et espèces, l'évolution des valeurs d'habitat en fonction du débit mais rapportée à la surface en eau disponible (Surface Pondérée Utile).

La SPU n'est pas optimal au dixième du module. Un débit proche de 800 l/s permet d'obtenir cet optimum pour les adultes de Truite et de concilier les exigences des autres stades ou espèces. Il faut cependant noter que le QMNAS, débit mensuel sec et valeur indicative de l'hydrologie naturelle, est bien inférieur à ce débit.

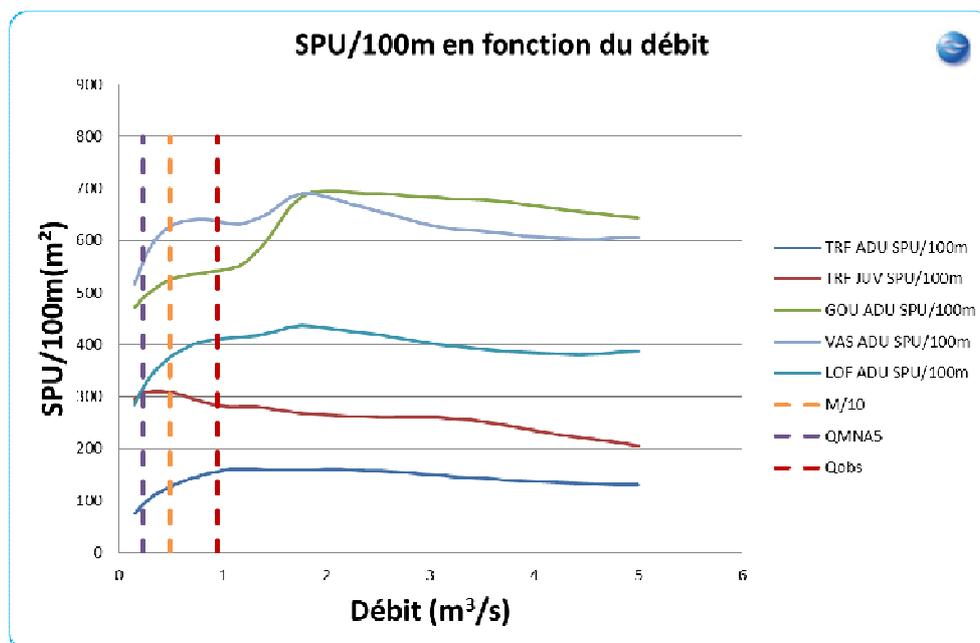


Figure 45 : Evolution des Surface Pondérées Utiles sur l'ensemble de la station Camboulas en fonction des débits modélisables pour la Truite et les espèces accompagnatrices

8.1.3 Synthèse des résultats bruts

Les analyses présentées dans les chapitres précédents (analyses brutes du site en aval proximal du barrage de Pont-de-Salars et en aval de la confluence avec le ruisseau de Bage) apportent des éléments très intéressants pour l’analyse quantitative et la détermination des DMB mais ne sont aucunement suffisants à une démarche globale holistique impérieuse.

Il s'agissait jusqu'ici d'utiliser des lectures brutes de modélisation d'habitat qui ne tiennent compte à ce stade que de paramètres spécifiques. EVHA aide en effet à quantifier les variations de qualité de l'habitat au vu des caractéristiques hydrauliques seules, et pour quelques espèces de poissons ou guildes de faciès. L'utilisation de cet outil ne doit pas se faire en omettant les éléments de qualité d'eau, les facteurs de résistance potentielle du milieu, de continuité des flux dynamiques (solides et liquides) qui peuvent être des facteurs limitant pour les populations en place.

Pour la détermination finale des débits biologiques, les valeurs des débits optimaux et des débits critiques bruts décrites pour chaque stade de chaque espèce lors des lectures de courbes EVHA se doivent donc d'être affinées via une expertise globale qui tienne compte de l'ensemble des éléments disponibles pour ce secteur. Plusieurs paramètres font nécessairement appel à un ajustement d'expert et induisent fatalement un biais éventuel dans les déterminations de DMB données. La connaissance et surtout la prise en compte de l'ensemble de ces paramètres réduit considérablement ce biais, sans toutefois le faire disparaître :

- Des singularités locales de résistance du milieu ne sont pas intégrées aux simulations mais peuvent modifier les analyses brutes : le couvert végétal, à travers une ripisylve en très bon état est un bon facteur de résistance puisqu'il permettra la limitation de la hausse de la température de l'eau, souvent néfaste aux espèces piscicoles. De même, l'expertise de terrain permet parfois de déterminer, des variations de résistance entre sites, identiques dans les modélisations, mais dont l'un d'entre eux propose des mouilles de taille conséquente et donc des zones de refuge intéressantes pour les peuplements au moment des basses eaux ;
- Les pollutions ponctuelles ou diffuses peuvent également être un facteur de biais non négligeable. Il est évident qu'un débit optimal respecté d'un point de vue modélisation d'habitat verra son intérêt limité pour les peuplements piscicoles si une pression physico-chimique s'exerce sur le cours d'eau ;
- Il est clair également qu'EVHA simule une qualité et une surface d'habitat favorable pour des espèces ciblées mais, dans ses modélisations, il n'est en aucun cas question des peuplements en place et de l'évolution des populations au cours du temps. Un site peut donc être particulièrement favorable à un stade d'une espèce mais si un facteur externe à cette modélisation a, par exemple, impacté fortement le recrutement annuel des alevins, aucun débit ne saurait être responsable, à lui seul, de l'amélioration ou de la détérioration de cette population. Le respect de la continuité biologique et l'absence de fragmentation des mosaïques d'habitats font d'ailleurs partie des éléments à prendre en compte ;
- Surtout, il convient de relativiser les analyses brutes tirées de la modélisation EVHA de la réalité hydrologique du secteur, en rapport à son contexte influencé et/ou avec son caractère naturel pour définir la potentialité « réaliste » du milieu.

8.1.3.1 Confrontation aux seuils de débits connus

Pour rappel, les informations sur le signal hydrologique sont celles établies dans le cadre de cette étude au Chapitre 3 **et les valeurs des seuils critiques et optimaux reprises dans les tableaux ci-dessous sont celles obtenues grâce à la lecture brute des courbes EVHA et exposées dans les Chapitres ci-dessus.**

Le site le plus amont présente un lit mineur historique aujourd’hui limité au chenal central restreint par l’hydrologie du débit réservé.

L’interprétation de l’évolution des habitats en fonction du débit s’en trouve donc très limitée car toute augmentation significative de débit aurait pour conséquence un changement de l’équilibre sédimentaire du lit du Viaur au niveau du site mesuré. Ce dernier point se trouve ainsi en dehors des hypothèses de modélisation et les résultats pour ce site ne peuvent être utilisés dans le cadre de l’analyse finale en tant que conclusions directement issues d’EVHA.

On peut donc considérer qu’au-delà de 240 l/s, seuil de débordement de la rivière (Qpb), les évaluations tirées de la seule modélisation des habitats comportent trop d’incertitudes.

Ainsi, l’expertise d’habitat du site de Camboulas peut être utilisée comme référence locale mais uniquement comme analyse témoin d’une situation moins influencée sur le plan hydromorphologique.

Le tableau de la Figure 46 présente ainsi, pour ce secteur, la valeur relative d’habitat potentiel pour les adultes de la Truite (ADU = Adultes ; seul stade dont les valeurs seuils sont plus ou moins définissables) au niveau de valeurs de débit, valeur relative car mis en rapport avec la valeur que l’on pourrait attendre pour ces mêmes stades au niveau de leur débit optimal estimé (case surlignée en bleu) et de leur débit critique brut expertisé (gamme surlignée en rouge – incertitude forte), ces valeurs d’habitat étant rapportées au ratio du module au droit du site d’analyse (4.88 m³/s).

| Débit (l/s) | Valeur | Ratio au module | 1/%SPU/SPU_Qopt | 2/%SPU/SPU_Qcrit |
|-------------|----------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | | ADU | ADU |
| 100 | | | 47% | 54% |
| 160 | Qr2012 | ~1/30ème | 53% | 62% |
| 200 | | | 60% | 69% |
| 235 | | QMNA5 | 62% | 72% |
| 250 | Qr2014 | 1/20ème | 65% | 76% |
| 300 | *Qpb Amt | 1/16ème | 70% | 82% |
| 400 | | | 79% | 92% |
| 500 | | 1/10ème | 86% | 100% |
| 600 | | | 92% | 107% |
| 700 | | | 97% | 112% |
| 800 | | | 100% | 116% |
| 900 | | | 103% | 119% |
| 1000 | | 1/5ème | 105% | 121% |
| 1500 | | | 108% | 125% |
| 2000 | | | 106% | 122% |

Figure 46 – Comparaison d’habitat potentiel relatif suivant les débits par rapport à une situation de Qcrit ou de Qopt pour les adultes de Truite – site Camboulas

De manière beaucoup plus synthétique, le Tableau 18 présente les mêmes variations potentielles d’habitat pour les adultes de la Truite entre des valeurs repères de débits **(A noter qu’à ce stade, les valeurs seuils critiques et optimales indiquées**

sont toujours des valeurs brutes directement issues des lectures des courbes EVHA) :

- Pour les adultes de la Truite, le gain du passage à la nouvelle valeur de débit réservé (1/20^{ème} du module) peut être estimé aux alentours de 22% par rapport à l’ancienne valeur. L’atteinte du débit de plein bord sur la portion en aval immédiat du barrage permettrait un gain supplémentaire inférieur à 10%. Le gain à attendre en montant du 1/20^{ème} au débit critique (valeur maximum de la gamme estimée) serait, au maximum, de 30% supplémentaires pour ce stade ;
- Pour les jeunes stades et le potentiel de reproduction de cette espèce, les trop faibles variations observées, ajoutées aux incertitudes des modèles ne permettent pas de définir des seuils aussi fins.

Tableau 18 – Analyse synthétique du potentiel d’habitat pour les Truites sur le site EVHA Camboulas – variations entre les seuils symboliques (ancien Qr, nouveau Qr, Qpb amont, gamme de Qcritique, Qoptimal)

| | | Truites |
|-------------------|---|---------|
| | | Adultes |
| VIAUR - Camboulas | Ancien Qr (1/30 ^{ème} Pareloup / 1/40 ^{ème} Bage + Bvi) | 0.150 |
| | Seuil mini Qr 2014 (1/20 ^{ème} + Bvi) | 0.250 |
| | Seuil critique brut (m3/s) | 0.500 |
| | Seuil optimal brut (m3/s) | 0.800 |
| | Variation d'habitat entre l'ancien Qr et le Qr2014 | 22% |
| | Variation d'habitat entre le Qr2014 et le Qpb amont | 8% |
| | Variation d'habitat entre le Qr2014 et le Qcritique | 32% |
| | Variation d'habitat entre Qcritique et Qoptimal | 16% |
| | * incertitude forte | |

8.1.3.2 Proposition de Débit Minimum Biologique

Les courbes et analyses brutes tirées d’EVHA reflètent l’impact des caractéristiques hydrauliques seules. A partir des résultats bruts obtenus par application du protocole, l’analyse de l’ensemble des éléments à notre disposition font donc l’objet d’une expertise globale qui, comme son nom l’indique, ne peut se baser uniquement sur des éléments quantitatifs. Des valeurs de Débit Minimum Biologique ont donc été déterminées pour chaque tronçon, valeurs assez proches des débits critiques qui respectent les objectifs plancher de la loi (**valeur en dessous de laquelle la dégradation des conditions d’habitats est forte alors que le seuil optimal est la valeur au-delà de laquelle la situation ne s’améliore que légèrement, ce seuil critique étant donc bien dans l’esprit de la détermination des DMB**).

Les conditions d’habitat à un débit supérieur au débit de plein bord sur la portion Barrage de Pont-de-Salars/Confluence du ruisseau de Bage, soit 240 l/s au droit du site d’analyse, ne peuvent être évaluées sans incertitude majeure en situation de débordement. Sur cette portion amont, on ne pourrait qu’estimer les conditions d’habitat par interpolation depuis Camboulas, cette méthode n’étant pas pertinente sur des fonctionnements typologiques aussi différents.

Atteindre un débit réservé supérieur au débit de plein bord ne peut que constituer un objectif de moyen et long terme sous réserve que les réajustements hydromorphologiques consécutifs à la rehausse du débit réservé permettent cet écoulement sans débordement et une réelle amélioration du milieu aquatique.

Dans un premier temps il est donc proposé de retenir la valeur plafond débordante de 240 l/s comme valeur pour le débit à restituer sur la portion en aval du barrage.

Les conséquences de ce débit appliqué au site aval de Camboulas sont les suivantes (240 l/s en aval de la prise d’eau correspondant à 300 l/s sur ce site de Camboulas) :

- Sur la gamme restreinte de débit entre le 1/20^{ème} du module et ce débit de plein bord (1/16^{ème} du module), le potentiel préservé pour les adultes est encore de 80% par rapport aux habitats disponibles au débit critique ;
- Enfin, pour les autres stades, activités ou espèces, la perte potentielle d’habitat semble mineure.

La conclusion suivante est donc proposée au droit de la station DMB de Camboulas :

Considérant de surcroît que la valeur du 1/20^{ème} du module est légèrement supérieure à la valeur de QMNA5, référence de l’hydrologie naturelle à l’été, l’ensemble de ces éléments nous amènent à proposer comme valeur théorique de débit minimum biologique un premier intervalle compris entre 195 l/s (1/20^{ème} du module - valeur minimale réglementaire) et 300 l/s (1/16^{ème} du module – correspondant au débit de plein bord sur le site amont).

Cette gamme devrait déjà permettre de minimiser le risque vis à vis de l’habitat mais se trouve fortement dépendante de la stabilisation ou du réajustement morphodynamique sur le secteur amont en cas de restitution supérieure.

En appliquant une homothétie avec le rapport des modules Prise d’eau (3700 l/s) / Station DMB (4880 l/s), l’intervalle proposé au droit de la prise d’eau se situe donc entre 185 l/s et 240 l/s.

| Site | Module (l/s) | débit critique (l/s) | débit optimal (l/s) | DMB proposé en l/s |
|--------------------------------|--------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Station EVHA de Pont de Salars | 3850 | | | |
| Station EVHA de Camboulas | 4880 | (300-) 500 | 800 | 195-300 |
| Prise d'eau de Pont-de_Salars | 3700 | | | 185-240 |

8.2 PRISE D'EAU DE BAGE

Les caractéristiques morphodynamiques du ruisseau de Bage ne permettaient pas l’application du protocole TeauRRENT dans la mesure où elles étaient différentes de celles des autres sites disponibles dans le cadre de cette étude. Le risque aurait alors été trop fort vis-à-vis de la procédure d’autocalibration, indispensable à cette méthodologie et aurait rendu trop incertains les résultats d’expertise.

En revanche, les conditions d’écoulements permettaient l’utilisation du protocole Estimhab, conformément à la gamme de modélisation appliquée pour cette méthodologie.

8.2.1 Description de la station

La sectorisation du ruisseau de Bage, présentée au paragraphe 6.2, a permis d’identifier le tronçon le plus fragile vis-à-vis des débits et des conditions d’habitats qui en dépendent. Pour cela la station Estimhab a été placée sur le tronçon le plus amont, proche du barrage. La position de cette station est visible sur la carte ci-dessous.



Figure 47 : Carte de localisation de la station Estimhab de Bage

La station choisie est représentative des conditions locales d’habitats et d’écoulements. Les faciès en présence sont des radiers et des plats lotiques, aucune véritable mouille n’étant présente sur ce tronçon.

La granulométrie, composée principalement de pierres et de blocs, est colmatée par des sables et de la vase. Ce dépôt important de fines est dû aux faibles pentes du tronçon et au manque de diversité hydrologique. Il faut toutefois noter que les cours d’eau de cette zone ont une présence naturelle importante de sables en raison de caractéristiques pédologiques locales.

La station se trouve en milieu boisé, l’ombrage est donc important. Malgré la présence d’arbres, peu de sous-berges sont présentes et globalement, peu d’abris piscicoles sont disponibles.

Le chenal, au débit réservé, correspond au lit mineur. En effet, depuis la création du barrage, un rééquilibrage morphologique a réajusté la taille du lit mineur, le réduisant et concentrant ainsi les écoulements. Il faut donc bien noter que l’augmentation de débit permet, dans un premier temps et avant débordement, une augmentation de la profondeur, mais pas de la surface mouillée.

Toutefois, passé un débit supérieur (proche du dixième du module), le ruisseau serait en condition de débordement sur ce tronçon. Sans évènement hydrologique de type « crue », il n’y aurait cependant pas de réelle reprise sédimentaire permettant de se rapprocher de la morphologie originelle du lit.



Amont de la station



Aval de la station



Depuis le transect T1



Partie amont de la station en été

Figure 48 - Représentations photographiques de la station

8.2.2 Evolution des conditions morphodynamiques

Deux campagnes ont été réalisées, la première à un débit $Q_1=38$ l/s le 22/03/2013 et la deuxième à un débit $Q_2 = 24$ l/s le 4/09/2013. Le ratio Q_1/Q_2 est un peu faible (inférieur à la valeur 2, idéale dans le cadre de l’application du protocole) mais, compte tenu du positionnement en aval immédiat du barrage et de l’influence hydrologique forte, il n’a pas pu être possible de réaliser une campagne à un Q_1 supérieur.

La station de mesures a été échantillonnée sur 15 transects. Sur la vue en plan de la station aux deux débits de mesure, propres à la méthodologie Estimhab, on observe ainsi la faible évolution de la surface en eau malgré les modifications de débit.

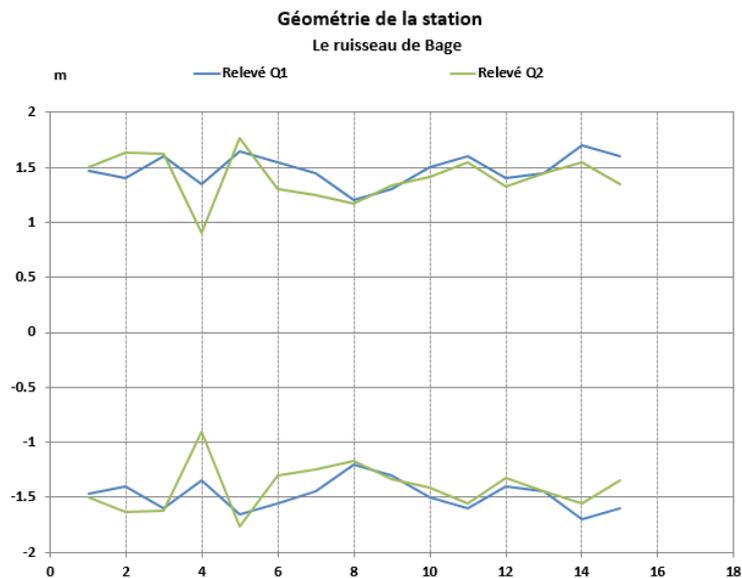


Figure 49 - Géométrie de la station (Figuré des berges aux 2 débits de mesure)

En revanche on note bien, même pour des évolutions de débits réduites, une augmentation non-négligeable du tirant d’eau.

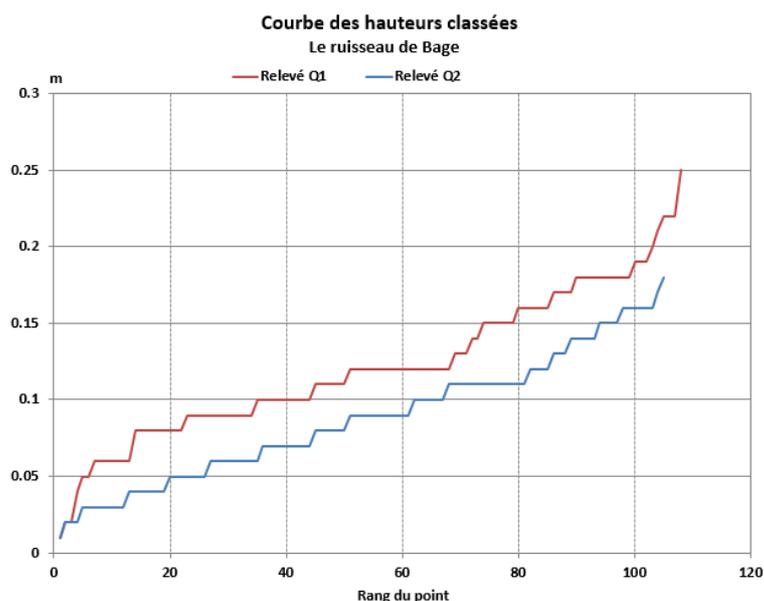


Figure 50 : Courbes des hauteurs classées sur la station aux 2 débits de mesure

8.2.3 Modélisation d’habitat

Le graphique ci-après présente les valeurs d’habitats et les surfaces pondérées utiles pour les espèces cibles sur ce secteur d’étude.

La conformation particulière du lit (remaniement du lit et centrage du lit courant au centre du lit mineur) fait que le débordement est observé pour des débits relativement bas en regard de l’hydrologie naturelle désinfluencée.

Dans le cadre de cette modélisation, seule la portion basse de la gamme est pertinente et les expertises sont restreintes aux débits inférieurs à 50 l/s, le débit de « plein bord » étant déjà atteint pour une valeur légèrement supérieur au Q1 (38 l/s).

Comme cela est visible sur les graphiques ci-dessous, une augmentation de débit crée très peu de modification de valeurs d’habitats. Les deux espèces relativement les plus sensibles aux variations de débits dans ce tronçon seraient la truite adulte et la loche franche. Les débits caractéristiques sont placés pour information sur ces graphiques.

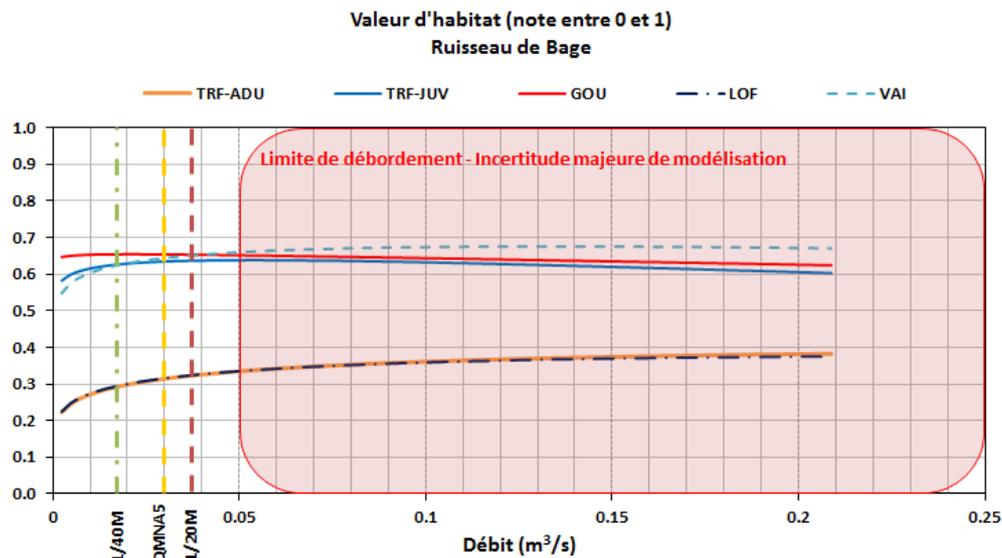


Figure 51 - Valeurs d’habitats pour les espèces cibles

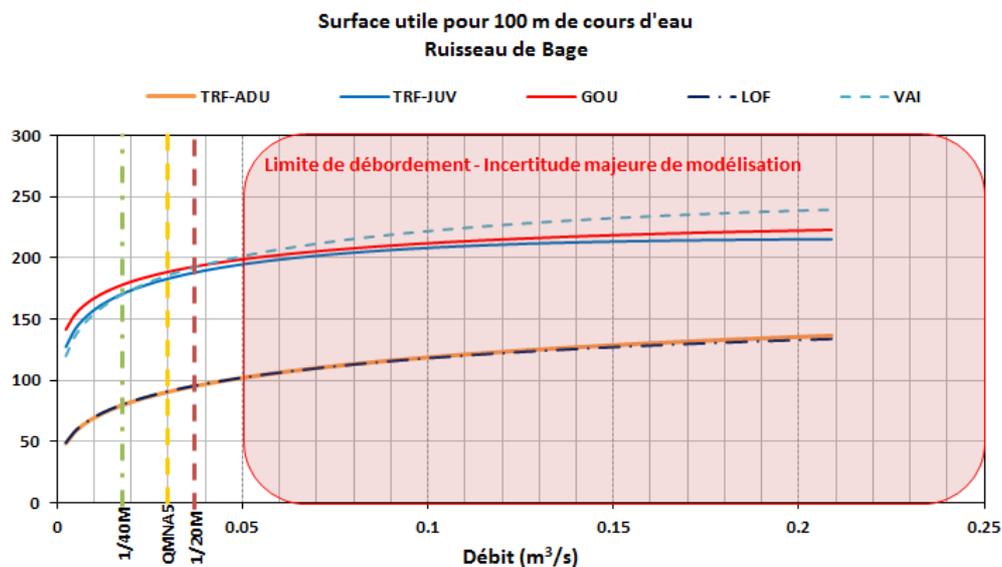


Figure 52 - Surface utile pour les espèces cibles

Les graphiques ci-dessous représentent les mêmes informations mais ciblées sur la plage de débits pertinente dans le cadre de cette expertise, en lien avec le réajustement morphologique du lit.

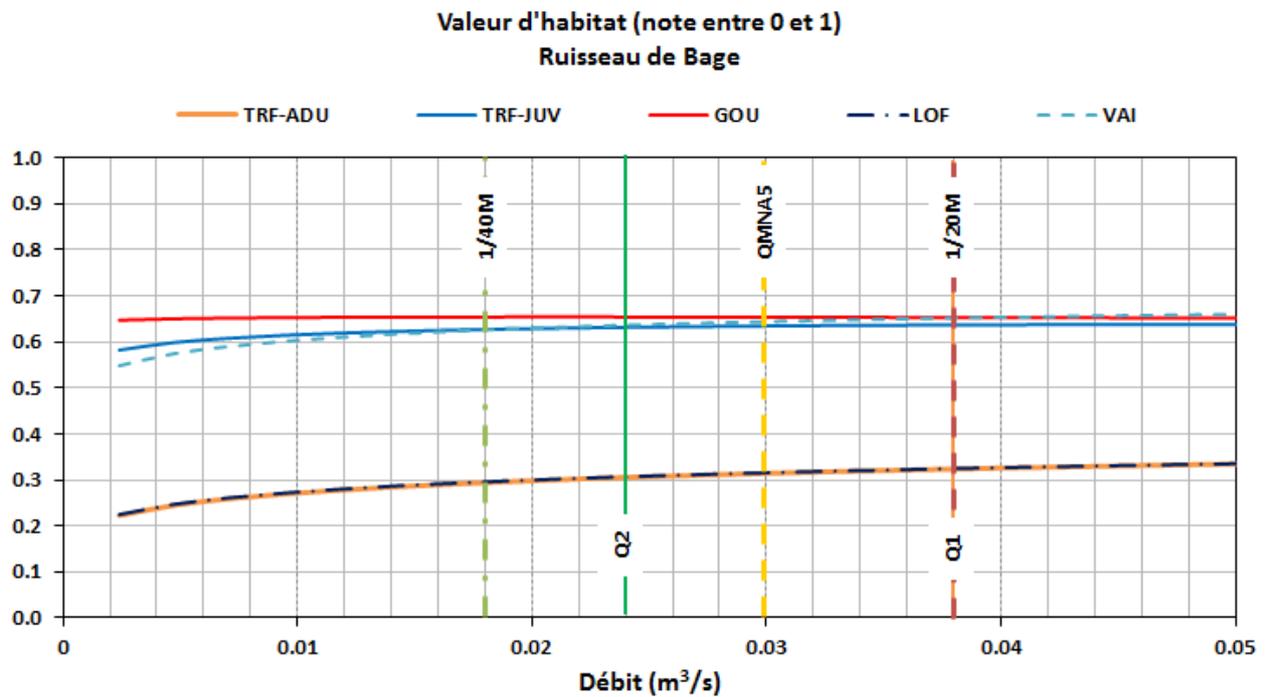


Figure 53 – Zoom sur la plage pertinente de modélisation - Valeurs d'habitats pour les espèces cibles

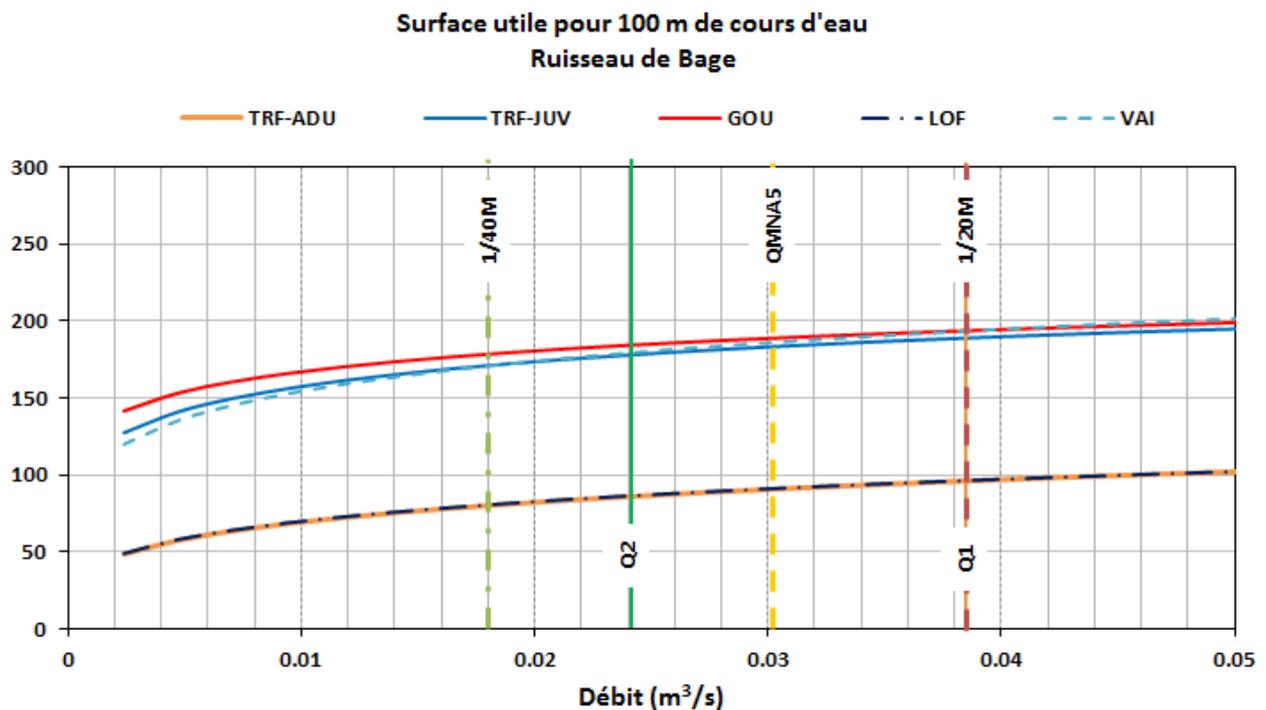


Figure 54 - Zoom sur la plage pertinente de modélisation - Surface utile pour les espèces cibles

Il apparaît qu’entre le 1/40^{ème} et le 1/20^{ème} du module, il n’y a que peu très de différence de disponibilité d’habitats pour la faune piscicole. La variation apparaît quasiment nulle en termes de valeurs d’habitat et minime en termes de SPU.

Pour les autres tronçons du ruisseau de Bage, les apports latéraux venant de sources ou de zones humides, permettent une augmentation régulière du débit jusqu’à la confluence avec le Viaur. Le ruisseau, dans ces tronçons plus aval, possède une conformation beaucoup plus profitable à la faune piscicole.

La conclusion suivante est proposée au droit de la station DMB et reste identique au droit de la prise d’eau :

La particularité de ce secteur en aval immédiat du barrage vient du fait, comme c’est le cas pour le Viaur (*cf.* chapitre précédent), que le lit mineur historique se trouve aujourd’hui limité au lit vif, directement lié au débit réservé. Ce nouveau « débit de plein bord » (~50 l/s) au niveau de ce site est inférieur au dixième du module.

L’interprétation de l’évolution de la valeur d’habitat (et donc de surface pondérée utile) en fonction du débit s’en trouve donc très limitée car toute augmentation significative de débit aurait pour conséquence un changement de l’équilibre sédimentaire du lit du ruisseau du Bage au niveau du site mesuré. Les distributions granulométriques (composées de fractions fines aujourd’hui sur les bordures) en seraient profondément changées.

Ce dernier point se trouve ainsi en dehors des hypothèses de modélisation supposées dans Estimhab.

Considérant de surcroît que la valeur du 1/20^{ème} du module est supérieure à la valeur de QMNA5, référence de l’hydrologie naturelle à l’étiage, l’ensemble de ces éléments nous amènent à proposer dans un premier temps comme valeur théorique de débit minimum biologique un premier intervalle compris entre 34 l/s (1/20^{ème} du module - valeur minimale réglementaire) et 50 l/s (1/14^{ème} du module – correspondant au débit de plein bord sur ce secteur).

Cette gamme devrait déjà permettre de minimiser le risque vis à vis de l’habitat mais se trouve fortement dépendante de la stabilisation ou du réajustement morphodynamique du cours d’eau en cas de restitution supérieure.

8.3 PRISE D’EAU DE PARELOUP SUR LE VIOULOU

Sur cette première portion du Vioulou, influencée par la barrage de Pareloup, les différents éléments de contextualisation nous ont permis de valider la possibilité et la pertinence de l’application de la méthode normalisée « EVHA » sur un site en aval immédiat du barrage.

Sur ce secteur, et comme pour le Viaur et le ruisseau de Bage, l’espèce piscicole ciblée prioritairement est la Truite commune dans l’analyse des microhabitats. Toutefois, la présence de ses espèces accompagnatrices est probable et ces taxons sont également pris en compte dans l’analyse.

Compte tenu des pressions multiples identifiées lors de la sectorisation morphodynamique (cf. Chapitre 6.3), notamment après ce premier secteur (seuils, prélèvements AEP, prélèvements agricoles...), la détermination des DMB dans cette étude concerne bien l’aval immédiat du barrage de Pareloup (secteur 1) et de l’influence directe de l’hydrologie par le prélèvement EDF uniquement.

8.3.1 Résultats bruts d’analyse

8.3.1.1 Présentation du site d’étude

8.3.1.1.1 Cartographie du site et caractéristiques principales

La station mesure plus de 65 mètres de longueur pour une largeur moyenne de 3.5 m au débit de mesure (140 l/s le 26/03/2013). La longueur de la station est donc très largement dans la gamme de longueur recommandée avec, de surcroît, une bonne représentativité des successions d’écoulements présents sur le tronçon de cours d’eau analysé.

La Figure 55 présente les différents faciès présents sur le site d’étude. La sectorisation des écoulements s’est faite sur la base de la classification de Malavoi & Souchon (Annexe 10.2).

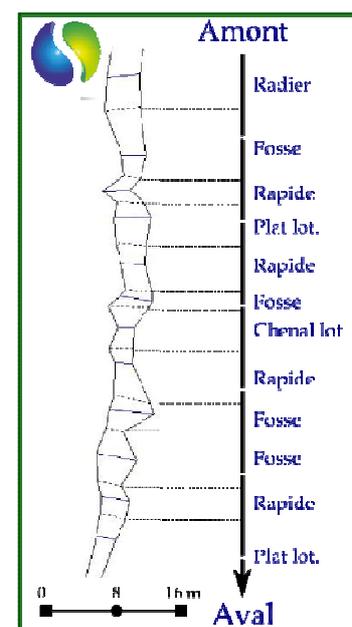


Figure 55 – Positionnement géographique, vue en plan du lit mineur et successions d’écoulements de la station Vioulou

La pente, forte mais dans la gamme de modélisation idéale pour EVHA, est proche de 40‰ (Figure 56).

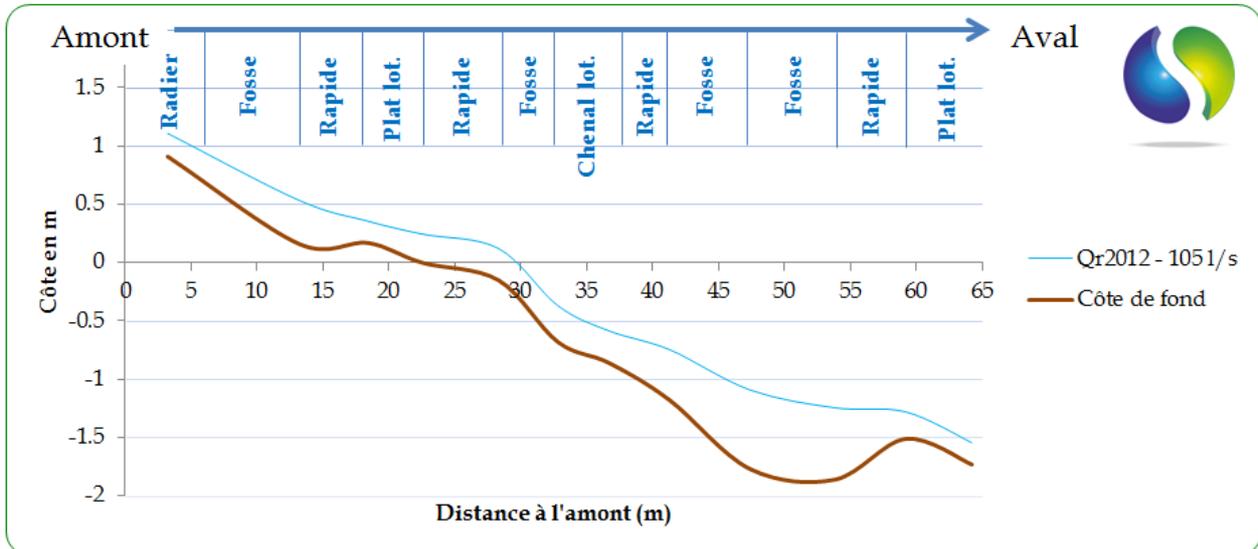


Figure 56 – Evolution globale de la ligne d’eau et des profondeurs à bas débit sur la station Vioulou

La granulométrie est peu diversifiée avec une large domination des fractions grossières (blocs, rochers et pierres grossières). Quelques affleurements de dalles sont disposés dans les zones torrentielles et des dépôts de fines colmatantes sont observés dans les zones les plus lenticulaires. Les zones « Argiles-Terre » correspondent essentiellement aux bordures latérales exondées dans la gamme des débits courants.

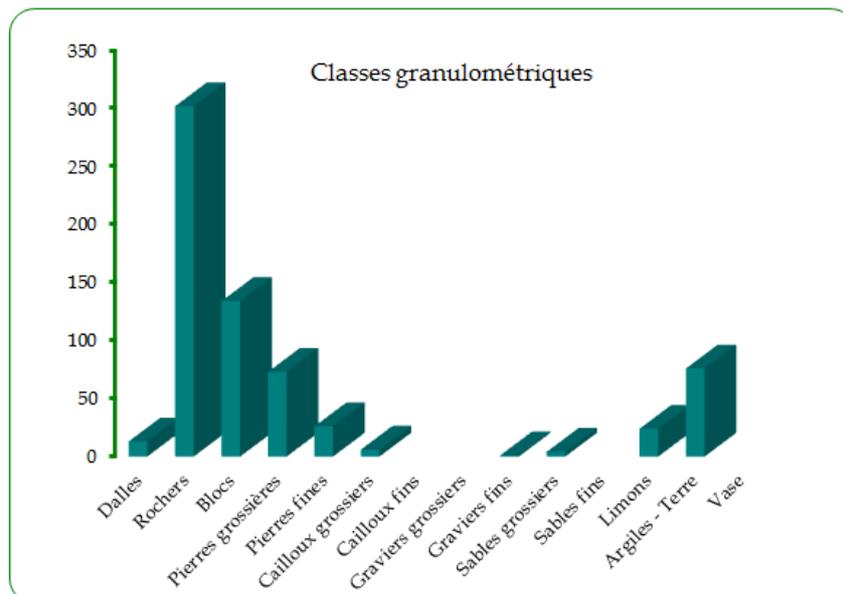


Figure 57 – Occurrence granulométrique sur la station Vioulou

La végétation arborée est dense et en bon état. Quelques plages latérales perchées sont parfois présentes à proximité immédiate du site et sont occupées par une végétation pionnière arbustive soumise aux crues (Figure 58). Ces plages ne sont

toutefois pas du tout comparables à la situation observée sur le Viaur, en aval immédiat de Pont-de-Salars où le lit s’est réaligné au chenal central en raison de son hydrologie courante influencée. Ici, la présence naturelle de fractions grossières a certainement limité ce réajustement.

Le bon potentiel de caches piscicoles est axé, à la fois sur la présence d’une granulométrie très grossière mais également par les nombreuses sous-caves et les zones profondes.

A la vue des profils en travers, le lit courant ne semble pas contraint par des talus de berges trop prononcés et cela doit permettre un étalement relatif de la lame d’eau avec la hausse des débits par ennoisement progressif ou mise en eau localisée de certaines plages latérales.

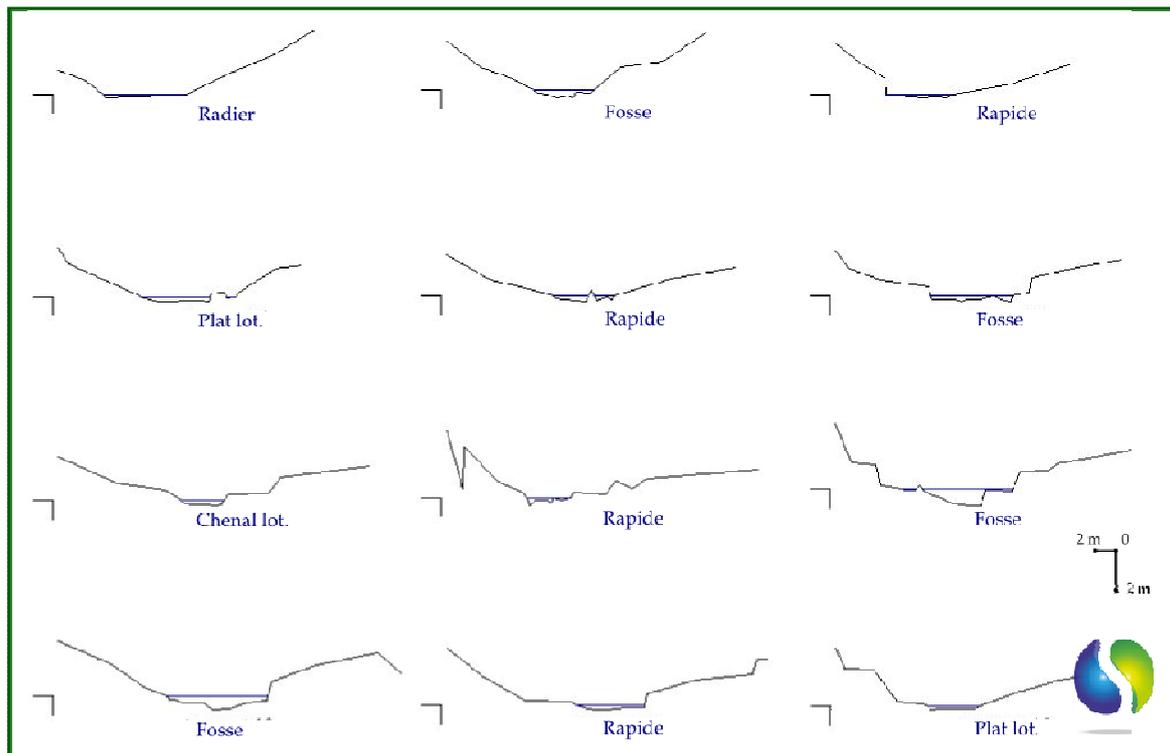


Figure 58 – Vue aval des profils en travers et ligne d’eau des différents faciès observés au débit de mesure (de l’amt vers l’avl : de G à D et de H en B) sur la station Vioulou



Vallée encaissée - Granulométrie très grossière – Ripisylve boisée



Zone amont



Zones profondes régulièrement réparties

8.3.1.1.2 Evolution des caractéristiques en fonction de l’augmentation du débit

La granulométrie étant extrêmement grossière, le calage hydraulique avec EVHA n’a pu être réalisé qu’à partir d’une valeur minimale de débit de 100 l/s. L’évaluation des habitats s’est donc portée sur une gamme de modélisation entre 100 l/s et 2 m³/s, pour bien identifier la diversité des écoulements.

8.3.1.1.2.1 Surface en eau

Avec l’augmentation des débits, les gains « horizontaux » sont réguliers et bien visibles jusqu’à 1 m³/s environ (près de 35% de gains surfaciques) puis la croissance est continue mais beaucoup moins forte (moins de 15% de gains jusqu’à 2 m³/s).

Cette courbe montre que le lit n’est pas restreint au sein de thalwegs prononcés ou d’un lit principal, comme on avait pu le voir pour le Viaur en aval de Pont-de-Salars. La granulométrie plus grossière et l’érodabilité moindre a certainement empêché ce phénomène de réajustement dans le cas du Vioulou.

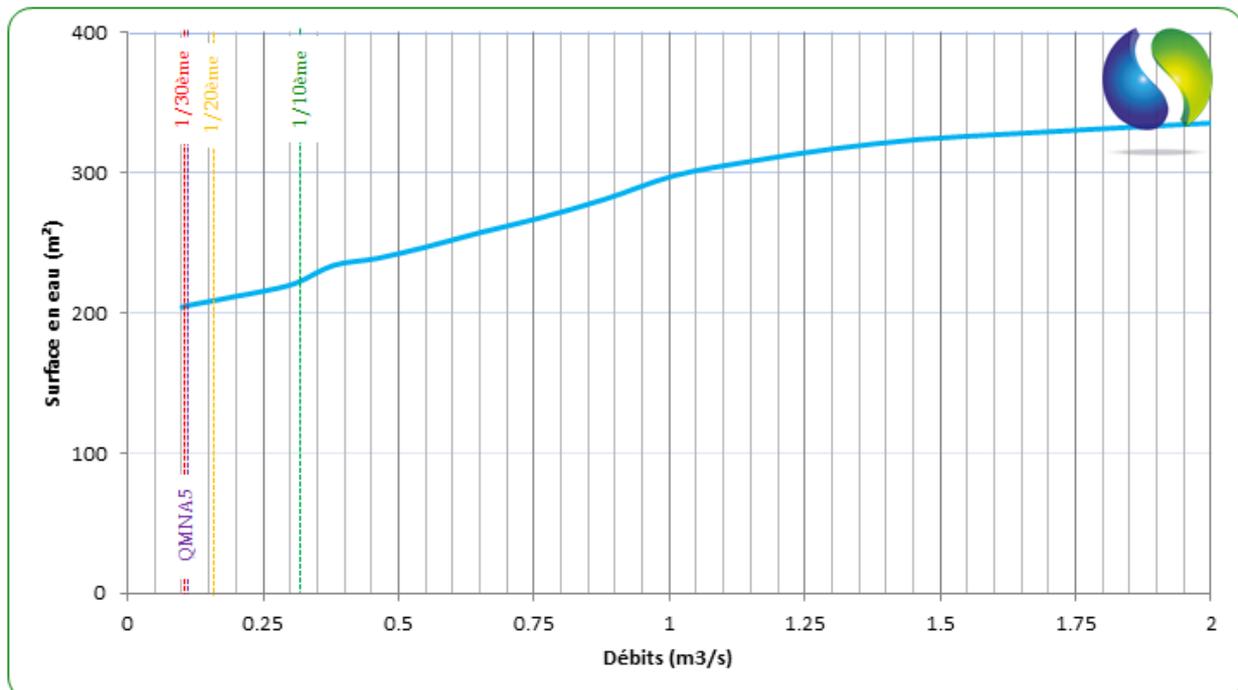


Figure 59 - Evolution de la surface en eau de la station Vioulou avec l’augmentation des débits modélisés

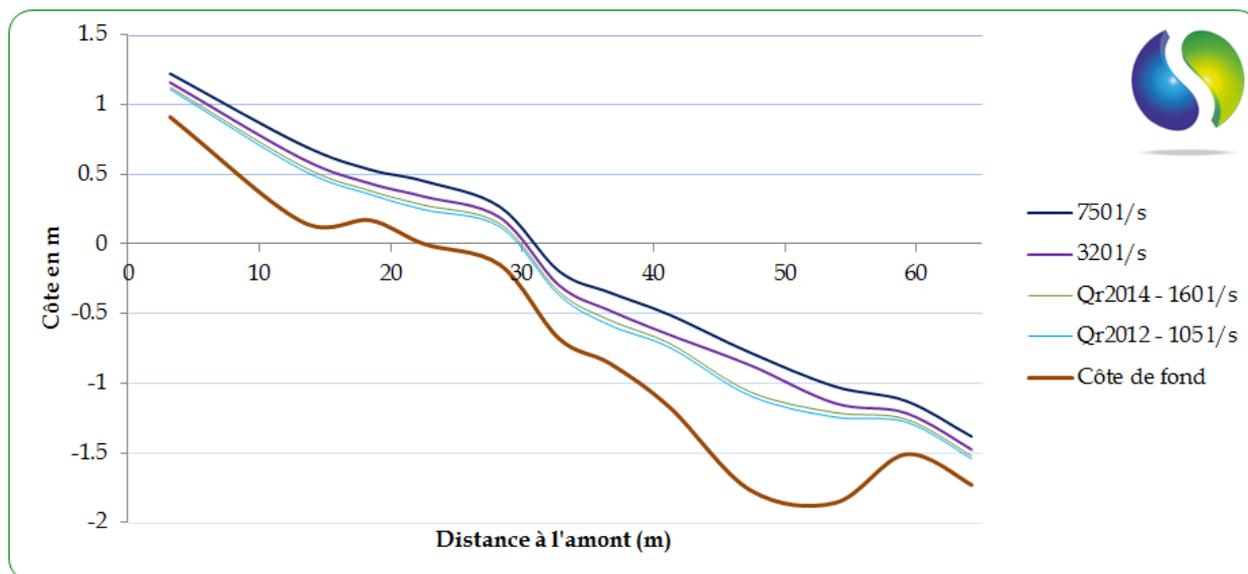


Figure 60 – Evolution de la ligne d’eau et des profondeurs à 4 débits modélisés sur la station Vioulou

8.3.1.1.2.2 Variation des vitesses

La Figure 61 montre l’évolution des vitesses entre quatre débits grâce à une vue en plan de l’ensemble du lit.

En premier lieu, dès des débits très bas ($1/30^{\text{ème}}$), plusieurs zones présentes des vitesses intermédiaires, voire même lotiques. Seuls les faciès de type « fosse » présente des vitesses nulles. Le caractère torrentiel de la rivière est ainsi bien visible.

Aux débits élevés, les vitesses extrêmes sont majoritaires mais de nombreuses portions (plages latérales ou aval des rochers) permettent encore aux plus jeunes stades de s’abriter.

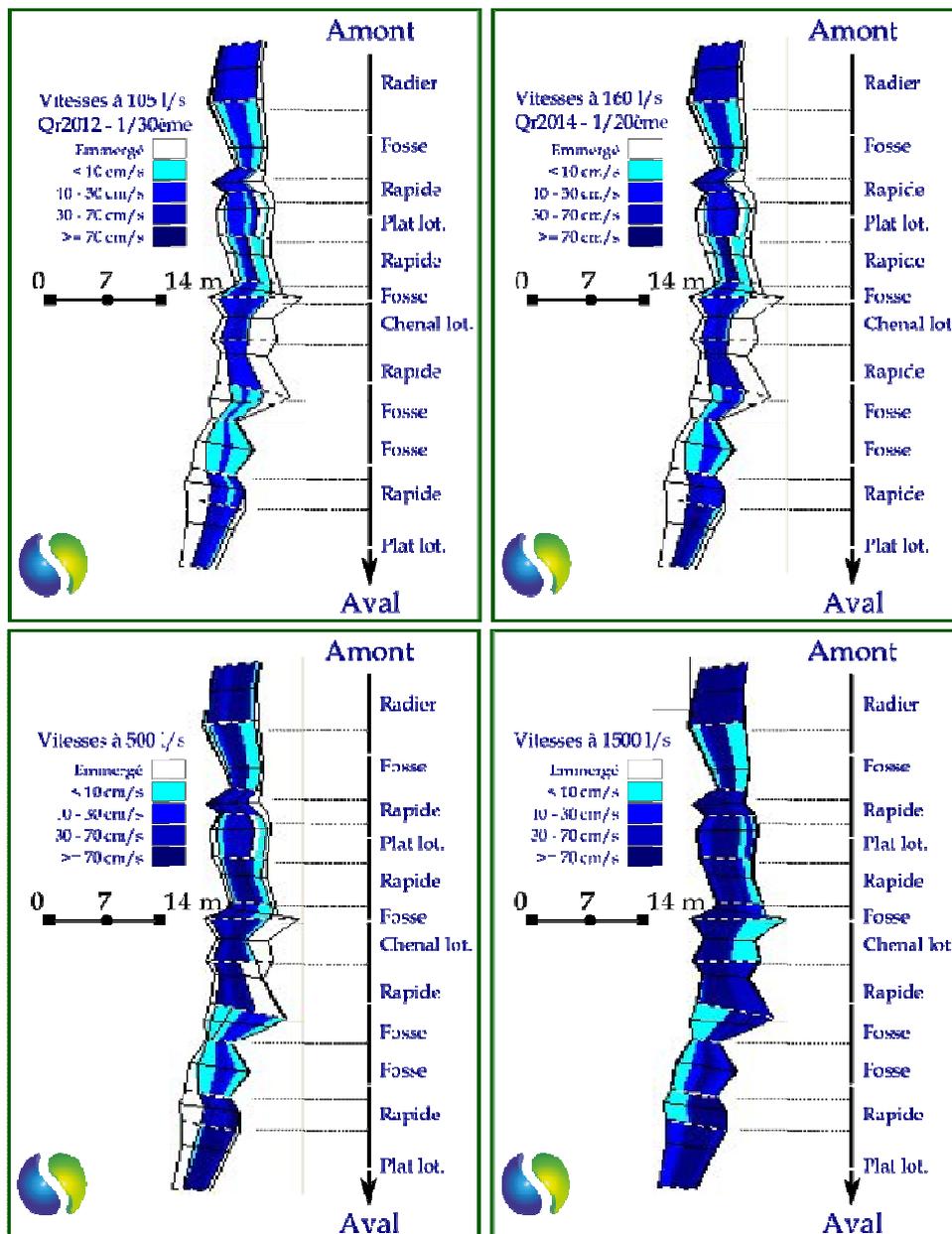


Figure 61 - Vue en plan des variations de vitesse sur la station Vioulou à 4 débits modélisés ($1/30^{\text{ème}}$ du module, $1/20^{\text{ème}}$, 500 l/s et $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$)

8.3.1.1.2.3 Variations des profondeurs

La Figure 62 montre l’évolution des profondeurs entre ces quatre débits grâce à une vue en plan de l’ensemble du lit.

Aux débits très bas, la continuité biologique longitudinale semble préservée avec un tirant d’eau efficient, y compris sur les zones torrentielles. Le risque de fragmentation des habitats est moindre dès le 1/20^{ème} du module et nul au-delà.

Ces images confirment également l’augmentation douce mais régulière de la surface en eau avec les débits.

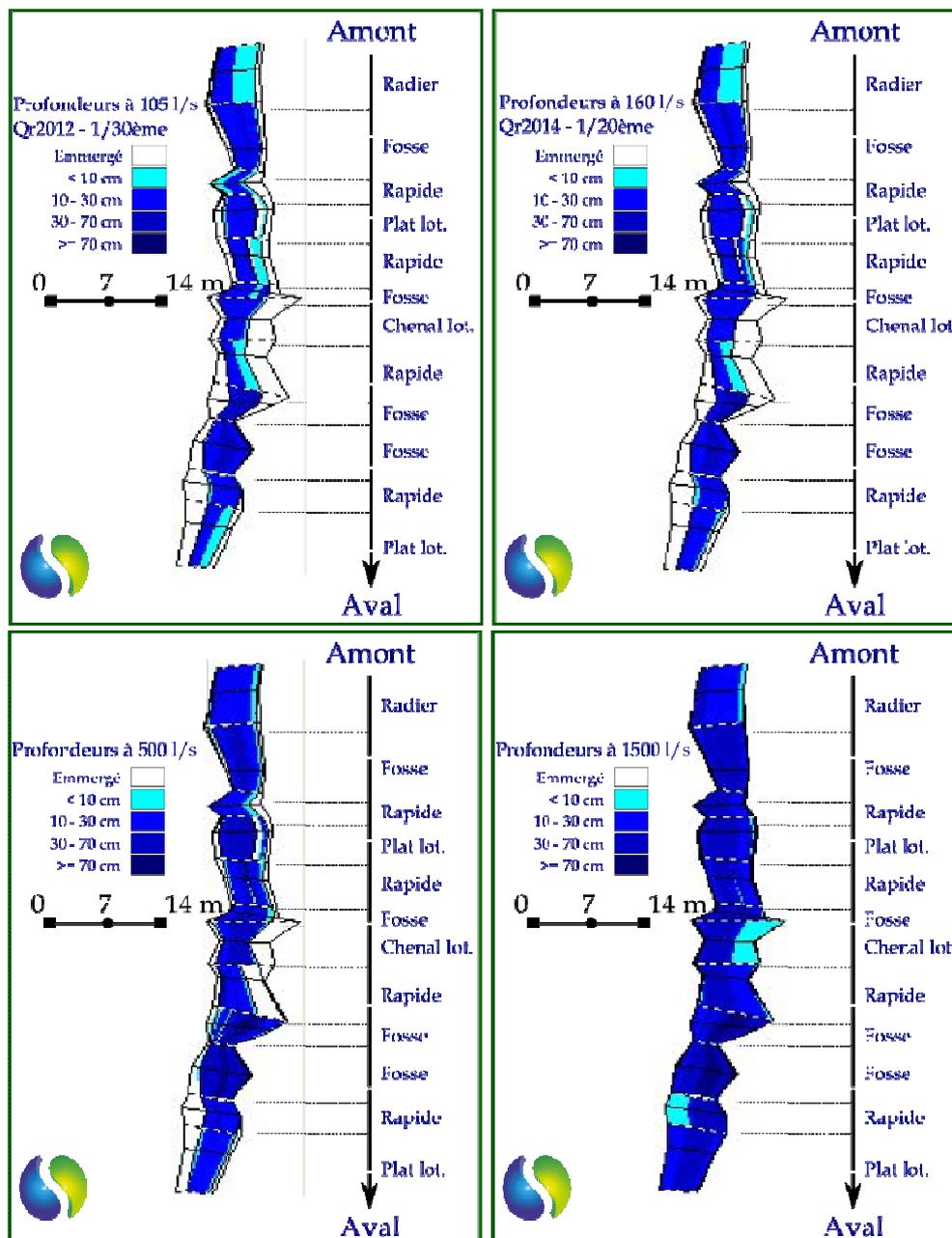


Figure 62 - Vue en plan des variations de profondeur sur la station Vioulou à 4 débits modélisés (1/30^{ème} du module, 1/20^{ème}, 500 l/s et 1.5 m³/s)

Ces variations de profondeurs ne sont pas un critère majeur de détermination de DMB mais il convient de s’assurer que la continuité biologique est maintenue, même à bas

débit. Pour permettre ainsi au poisson d’utiliser ses pleines capacités de nage et ainsi assurer cette continuité, il est nécessaire que le tirant d’eau soit suffisant pour lui permettre d’assurer sa propulsion par l’ondulation de son corps et les mouvements de sa nageoire caudale.

Cette lame d’eau minimale est liée à la taille du poisson et à sa morphologie. Pour les espèces ciblées dans le cadre de cette étude (salmonidés et espèces accompagnatrices), la hauteur minimale du tirant d’eau nécessaire, donnée par la littérature¹⁶, peut être considérée, pour des passages très ponctuels, de 5 cm pour les petites truites communes ($L_p < 30$ cm), et jusqu’à 20 cm pour les très grands individus. Pour un linéaire plus long, des tirants d’eau de l’ordre de 10-12 cm pour les truites sont nécessaires au respect de cette continuité.

La figure suivante représente les lignes d’eau pour 3 débits différents pour le transect le moins profond et donc, potentiellement le plus problématique pour la continuité biologique.

On note que même au débit modélisable le plus bas (1/30^{ème}), les déplacements pour les individus les plus gros seraient préservés avec une profondeur supérieure à 22 cm, à minima sur une veine unique de ce transect. Bien avant le débit minimal réglementaire (1/20^{ème} du module – 160 l/s), la continuité pour les espèces vis-à-vis de la contrainte hydraulique au sein du lit courant ne semble plus être une problématique sur ce tronçon.

Il convient toutefois de ne pas omettre que, sur cette portion immédiatement en aval du barrage, la succession fréquente d’obstacles peut potentiellement engendrer un risque non-négligeable sur cette continuité piscicole, au moins à la montaison.

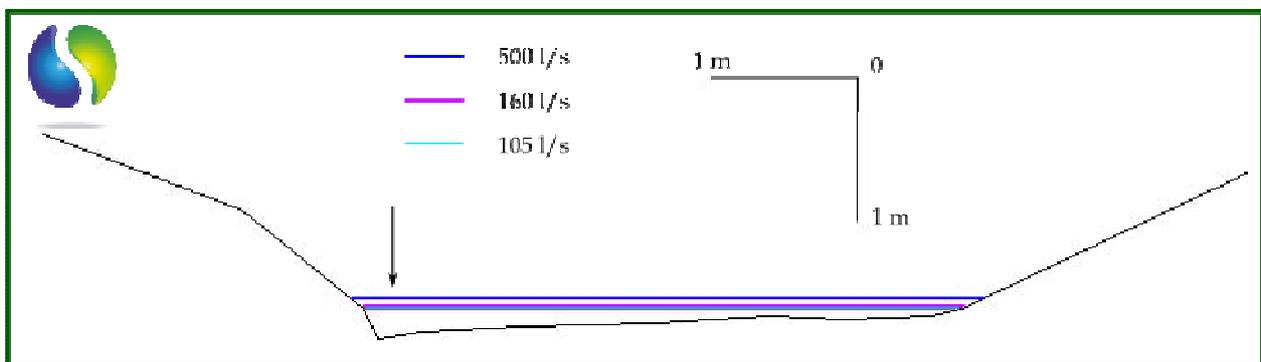


Figure 63 - Profil en travers au niveau du transect le moins profond de la station

¹⁶ Comprendre pour Agir – Informations sur la continuité écologique ; évaluer le franchissement des obstacles par les poissons – Principes et méthodes. Rapport ONEMA – mai 2014

8.3.1.2 Valeurs d’habitat

La Figure 64 présente, sur la gamme des débits modélisés, les variations de Valeurs d’Habitat (VHA) pour les quatre stades de la *Truite fario*, espèce cible préférentielle du secteur, ainsi que pour ses espèces accompagnatrices classiques.

- Globalement, le potentiel théorique décroît avec la hausse des débits, avec un maximum présent pour les plus bas débits modélisés (1/30^{ème} du module). Seule les courbes des Loches, de la reproduction salmonicole et, très légèrement, pour les adultes de Truite, présentent un optimal positionné autour de 200 l/s ;
- Le potentiel absolu des espèces accompagnatrices est, comme fréquemment car ce sont des espèces plus plastiques, bien supérieur à celui des Truites ;
- On notera également le très faible potentiel relatif concernant la reproduction des salmonidés, la granulométrie n’étant que très peu favorable à cette activité.

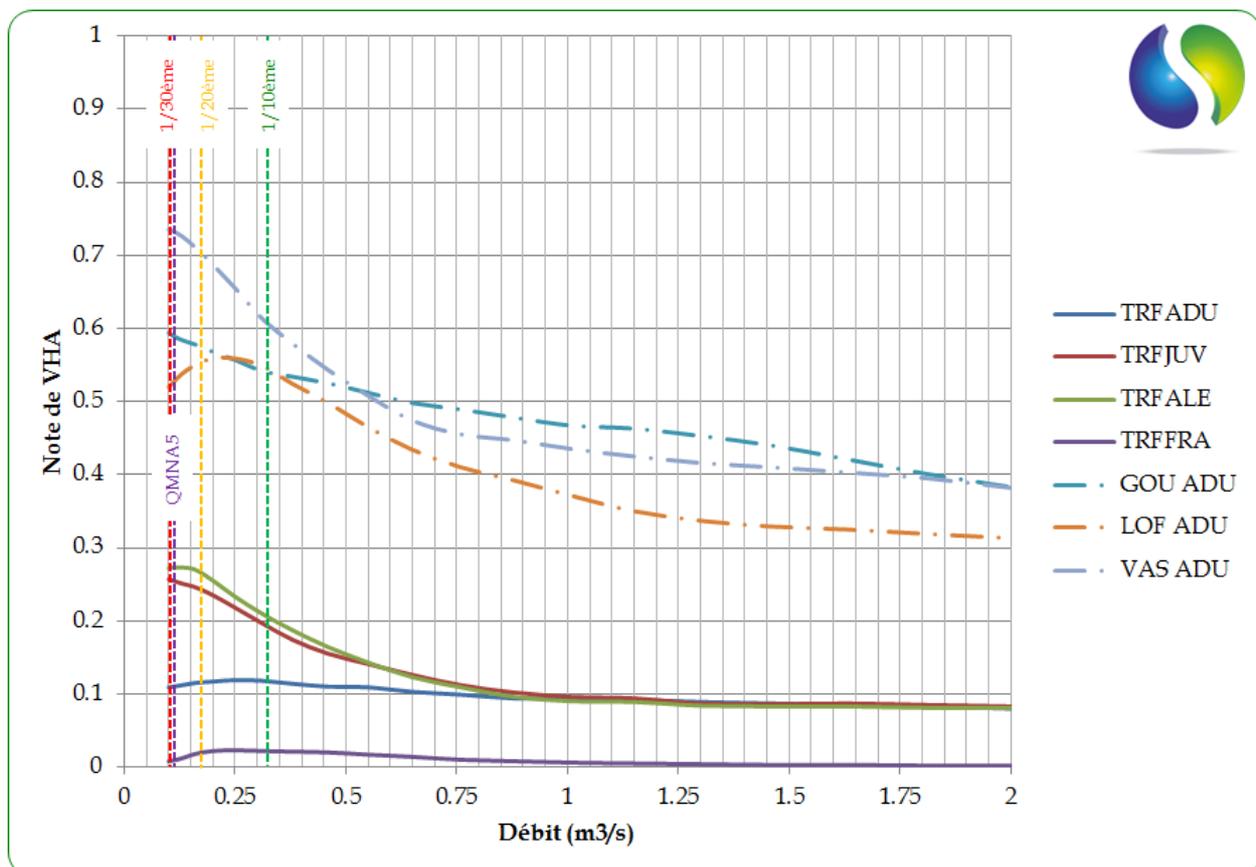


Figure 64 – Evolution des Valeurs d’Habitat sur l’ensemble de la station Vioulou en fonction des débits modélisables pour chaque stade de la Truite (Adultes, Juvéniles, Alevins et Fraie)

8.3.1.3 Surfaces pondérées utiles

La Figure 65 présente, sur la gamme des débits modélisés, les variations de Surface Pondérée Utile (SPU = VHA rapportée à la surface disponible) pour les quatre stades de la *Truite fario*, espèce cible préférentielle du secteur, mais également de ses espèces accompagnatrices classiques :

- On observe que les SPU concernant la fraie salmonicole, tout comme les VHA, sont très faibles par manque de substrat favorable ;
- Pour les adultes de Truite, le potentiel est globalement très faible et stable sur l’ensemble de la gamme des débits. En effet, nous avons pu voir précédemment que la continuité était préservée, même à des très bas débits et que de nombreuses zones abritées présentaient des vitesses favorables à ce stade, même à fort débit ;
- Pour les jeunes stades de la Truite, les courbes de SPU ne font que décroître avec la hausse des débits avec une baisse plus marquée entre 200 et 750 l/s ;
- Enfin, pour les espèces accompagnatrices, les courbes de SPU sont variables mais globalement assez stables sur l’ensemble de la gamme (variation maximale inférieure à 20%).

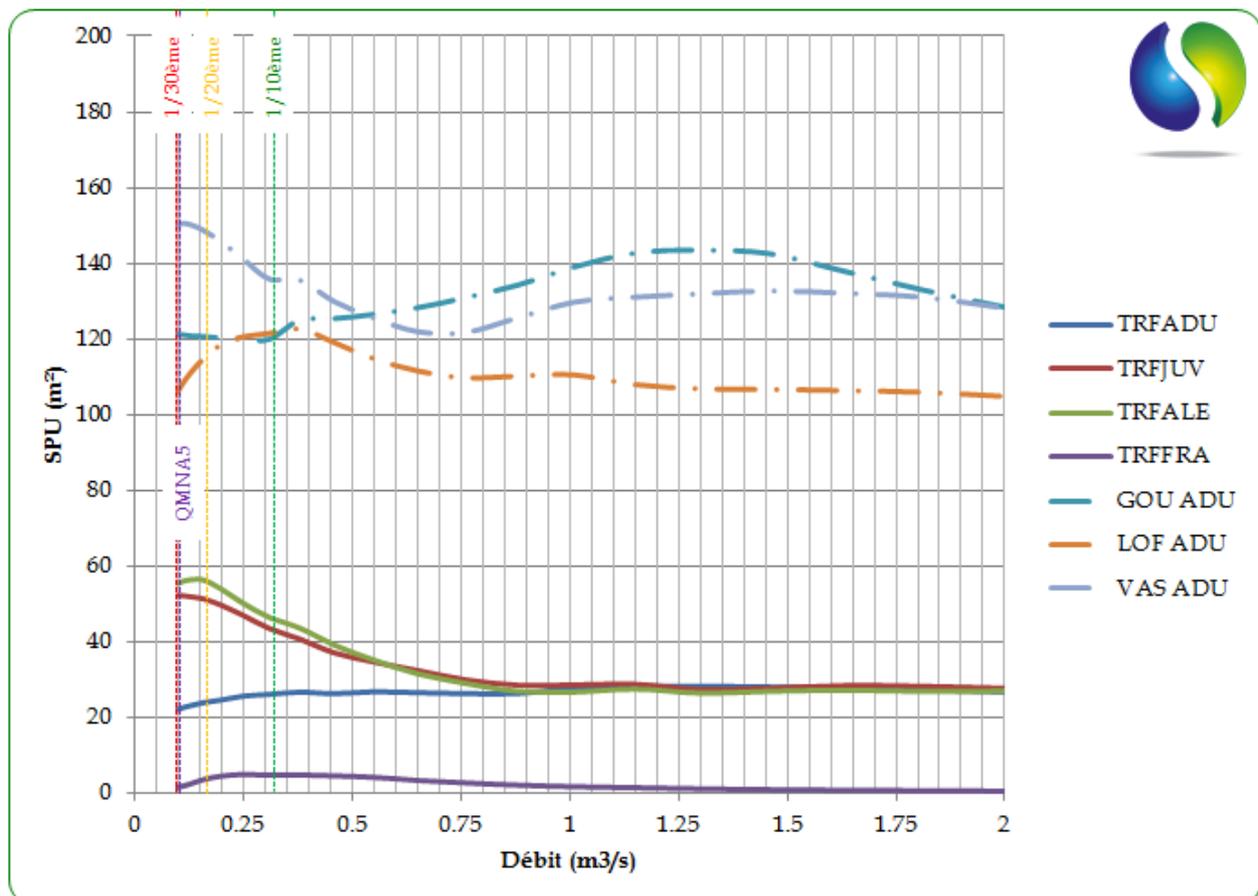


Figure 65 – Evolution des Surface Pondérées Utiles sur l’ensemble de la station Vioulou en fonction des débits modélisables pour chaque stade de la Truite (Adultes, Juvéniles, Alevins et Fraie)

8.3.2 Synthèse des résultats bruts

Les analyses présentées dans les expertises brutes du site en aval immédiat de la prise d’eau de Pareloup apportent des éléments très intéressants pour l’analyse quantitative et la détermination des DMB mais ne sont aucunement suffisants à une démarche globale holistique impérative.

8.3.2.1 Confrontation aux seuils de débits connus

Pour rappel, les informations sur le signal hydrologique sont celles établies dans le cadre de cette étude au Chapitre 3 **et les valeurs des seuils critiques et optimaux reprises dans les tableaux ci-dessous sont celles obtenues grâce à la lecture brute des courbes EVHA et exposées dans les Chapitres ci-dessus.**

Ainsi, l’habitat en fonction du débit peut être comparé avec le potentiel disponible pour les valeurs seuils identifiées que sont le débit optimal et le débit critique pour chacun des stades de la Truite, espèce cible prioritaire dans le cadre de cette étude, habitat lui-même rapporté au ratio du module au droit du site d’analyse (3.2 m³/s).

A noter toutefois qu’en aval du barrage de Pareloup, le débit restitué (Dr) comprend le débit réservé mais également un débit supplémentaire délivré réglementairement à la demande du syndicat Intercommunal des eaux du SEGALA pour l’AEP (Source EDF). Suivant la convention du 07 décembre 1965, le barrage de Pareloup restitue, au maximum et à la demande, 127 l/s dédié à l’AEP pour le Syndicat du SEGALA. Ce volume d’eau est restitué par le même organe que celui qui restitue le débit réservé. Une station de pompage, (moulin de Galat), est située à 3 km en aval du barrage de Pareloup comme indiqué sur la Figure 66.

Le débit restitué dans le Vioulou à l’aval du barrage de Pareloup comprend donc le débit réservé + le débit pour l’AEP. Jusqu’au 31/12/2013, il était de 80 l/s (QR) + 73 l/s (AEP gratuit), soit 153 l/s a minima. A compter du 01/01/2014, le débit restitué est de 160 l/s (QR) + 73 l/s (AEP gratuit), soit 233 l/s a minima. Le volume d’eau délivré pour l’AEP peut toutefois varier tous les mois dans la limite d’un débit maximum de 200 l/s mais le débit restitué à l’aval de Pareloup est constant au cours d’un même mois.

L’objectif de l’étude est d’établir un Débit Minimum Biologique dans le Vioulou à l’aval du barrage de Pareloup, indépendamment de la complexité du mode de gestion des débits restitués par le barrage.

Dans l’analyse ci-dessous, les comparaisons des seuils biologiques se font donc avec le débit réservé, seule valeur réglementaire pertinente dans notre étude. La gestion mensuelle de la délivrance d’un débit en complément pour l’AEP n’est pas considérée. La référence aux débits restitués sera toutefois un élément à prendre en compte dans l’évolution des règles de gestion du barrage, dont le débit réservé, ce qui est extérieur au sujet de cette étude.

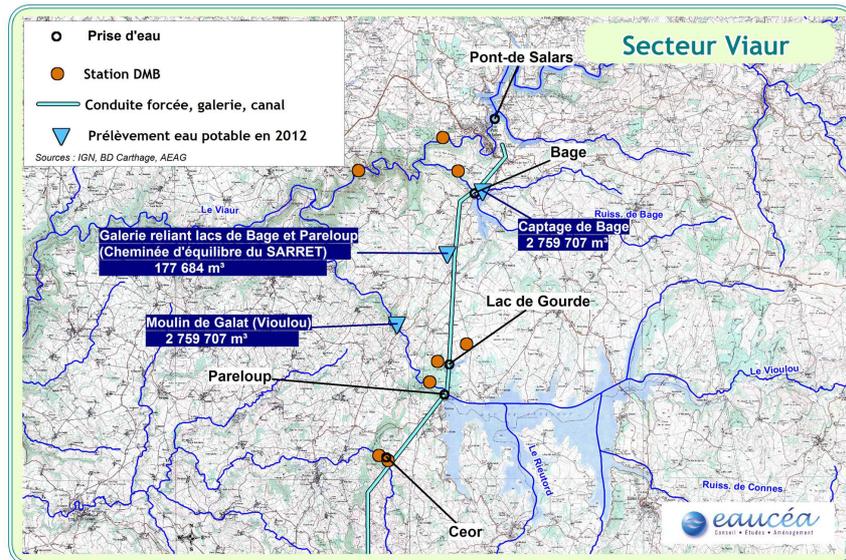


Figure 66 - Prélèvements eau potable sur le secteur d'étude

Le tableau de la Figure 46 présente ainsi, pour ce secteur, la valeur relative d'habitat potentiel pour certains stades cibles de la Truite (ADU = Adultes / JEU = Juvéniles / REP = zones de fraie potentielles) au niveau de valeurs de débit, valeur relative car mis en rapport avec la valeur que l'on pourrait attendre pour ces mêmes stades au niveau de leur débit optimal estimé (case surlignée en bleu) et de leur débit critique brut expertisé (gamme surlignée en rouge), ces valeurs d'habitat étant rapportées au ratio du module au droit du site d'analyse (3.2 m³/s).

| Débit (l/s) | Valeur | Ratio au module | 1/%SPU/SPU Qopt | | | 2/%SPU/SPU Qcrit | | |
|-------------|---------|-----------------|-----------------|------|------|------------------|------|------|
| | | | ADU | JEU | REP | ADU | JEU | REP |
| 107 | Qr2012 | 1/30ème | 83% | 101% | 34% | 89% | 100% | 39% |
| 120 | | | 86% | 100% | 49% | 92% | 99% | 56% |
| 140 | Qr2014 | 1/20ème | 89% | 99% | 61% | 94% | 99% | 70% |
| 160 | | | 91% | 98% | 72% | 96% | 97% | 82% |
| 180 | | | 92% | 97% | 81% | 98% | 96% | 92% |
| 200 | | | 94% | 95% | 88% | 100% | 95% | 100% |
| 235 | | | 97% | 91% | 100% | 103% | 90% | 114% |
| 300 | | | 99% | 86% | 105% | 105% | 85% | 120% |
| 320 | | | 99% | 84% | 106% | 105% | 83% | 121% |
| 350 | 1/10ème | 100% | 81% | 106% | 106% | 80% | 120% | |
| 400 | | 100% | 76% | 103% | 106% | 75% | 117% | |
| 500 | | 100% | 66% | 91% | 106% | 66% | 104% | |
| 640 | | 1/5ème | 100% | 57% | 71% | 106% | 56% | 81% |
| 750 | 100% | | 52% | 57% | 107% | 51% | 65% | |
| 1000 | 103% | | 48% | 38% | 110% | 48% | 44% | |

Figure 67 – Comparaison d'habitat potentiel relatif suivant les débits par rapport à une situation de Qcrit ou de Qopt pour les adultes de Truite – site Vioulou

De manière beaucoup plus synthétique, le Tableau 19 présente les mêmes variations potentielles d'habitat pour chacun des stades cibles de la Truite entre des valeurs repères de débits (A noter qu'à ce stade, les valeurs seuils critiques et optimales indiquées sont toujours des valeurs brutes directement issues des lectures des courbes EVHA) :

- Pour les adultes de la Truite, le gain du passage à la nouvelle valeur réglementaire (1/20^{ème} du module) peut être estimé aux alentours de 10%, soit

dans l’incertitude de modélisation. Le gain à attendre avec le débit critique se situe dans une gamme inférieure et confirme ainsi la relative stabilité du potentiel pour ce stade ;

- Pour les jeunes stades de cette espèce, le potentiel optimal se situe pour les plus basses valeurs de débits. Même si on ne peut parler de « pertes » de potentiel avec l’augmentation des débits, le gain est, dans tous les cas, nul ;
- Concernant le potentiel de reproduction, son analyse doit être relativisée par sa valeur de base très faible. Toutefois, un gain considérable semble avoir déjà été atteint grâce au passage au nouveau débit réservé.

Tableau 19 – Analyse synthétique du potentiel d’habitat pour les Truites sur le site EVHA en aval immédiat de Pareloup – variations entre les seuils symboliques (ancien Qr, nouveau Qr, Qcritique, Qoptimal)

| | | Truites | | |
|---------|---|---------|-----------|-----------------|
| | | Adultes | Juveniles | Zones de fraie* |
| VIOULOU | Ancien Qr (1/30ème) | 0.107 | | |
| | Seuil mini Qr 2014 (1/20ème) | 0.160 | | |
| | Seuil critique brut (m3/s) | 0.200 | 0.100 | 0.200 |
| | Seuil optimal brut (m3/s) | 0.400 | 0.150 | 0.250 |
| | Variation d'habitat entre l'ancien Qr et le Qr2014 | 9% | -3% | 110% |
| | Variation d'habitat entre le Qr2014 et le Qcritique | 4% | 3% | 22% |
| | Variation d'habitat entre Qcritique et Qoptimal | 6% | -1% | 14% |
| | * incertitude forte | | | |

8.3.2.2 Proposition de Débit Minimum Biologique

Les courbes et analyses brutes tirées d’EVHA reflètent l’impact des caractéristiques hydrauliques seules. A partir des résultats bruts obtenus par application du protocole, l’analyse de l’ensemble des éléments à notre disposition font donc l’objet d’une expertise globale qui, comme son nom l’indique, ne peut se baser uniquement sur des éléments quantitatifs. Des valeurs de Débit Minimum Biologique ont donc été déterminées pour le secteur en aval immédiat du barrage.

Pour ce site, l’habitat potentiel disponible semble correctement conservé au débit de 160 l/s, seuil minimal réglementaire du 1/20ème du module (96-97% du potentiel critique pour les adultes et les jeunes stades). Les conditions de respect de la continuité biologique sont alors respectées et les facteurs de résistance du milieu (ripisylve dense, boisée et naturelle – abris hydrauliques importants et zones refuges bien présentes) sont nombreux. Comme déjà spécifié, il convient de s’abstenir de tenir compte du mode de gestion de débits restitués mais une valeur de débit supérieure devrait théoriquement permettre de se rapprocher des débits optimaux pour les adultes et pour l’activité de reproduction, tout en gardant un potentiel efficace pour les jeunes stades.

Ces éléments nous amènent donc à proposer comme débit minimum biologique une valeur du 1/20ème du module (débit minimum réglementaire), cohérent avec l’indicateur naturel d’étiage, en considérant que cette valeur doit être considérée comme minimum garanti hors usage, notion à prendre en compte pour minimiser le risque sur le linéaire aval du Vioulou (en-dessous du prélèvement AEP).

| Prises d'eau | Stations EVHA | Module (l/s) | débit critique (l/s) | débit optimal (l/s) | DMB proposé |
|--------------|---------------|--------------|----------------------|---------------------|-------------|
| | | | | | en l/s |
| Pareloup | Vioulou | 3200 | 160 | 250 | 160 |

8.4 PRISE D'EAU DE LA GOURDE

Au vu des caractéristiques hydromorphologiques présentées dans la sectorisation morphodynamique de ce cours d'eau, seule la méthode TeauRRENT était applicable pour analyser les débits biologiques sur ce cours d'eau.

L'amont de la prise d'eau est prospectable et relativement comparable à l'aval de cette prise d'eau même si l'encaissement de la vallée et la pente de cours d'eau induite semblent supérieurs. Dans un objectif d'autocalibration, nous avons toutefois réalisé des mesures sur un site TeauRRENT en amont immédiat de la prise d'eau mais également sur un site en aval immédiat, hors son influence morphologique propre bien évidemment.



8.4.1 Station Teaurant Gourde amont

8.4.1.1 Conditions d'écoulements

Les prospections et mesures se sont réalisées le 25/03/2013 pour un débit équivalent à 60% du module (50 l/s pour 80 l/s) au droit du site TeauRRENT.

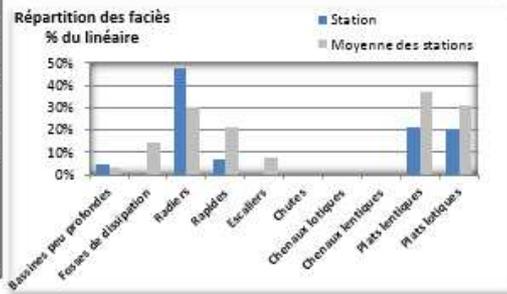
Ce site amont présente un profil à pente douce (1%), composé essentiellement de radiers et de plats, de quelques rapides et bassines peu profondes. Le risque de fragmentation longitudinale des habitats semble donc nul.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 150 m en amont de la retenue

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| USINE : Alrance | Longueur totale de la station (m) : 108 | Nb faciès / 100 m : 17 |
| | Dénivelée de la station (m) : 2 | Nb chutes pour 100 m : 0 |
| | Pente en % : 1 | |

Caractéristiques générales

| Faciès | Longueur (m) | Largeur (m) | Pente | Hauteur (m) |
|---------------|--------------|-------------|-------|-------------|
| Bassine | 2.6 | 3 | 0.0% | |
| Radier | 13 | 2.3 | 1.7% | |
| Plat lotique | 6 | 1.7 | 0.9% | |
| Radier | 7.8 | 2.3 | 1.7% | |
| Plat lentique | 6.7 | 2.9 | 0.0% | |
| Rapide | 3.5 | 1.7 | 3.5% | |
| Radier | 5 | 2.3 | 2.6% | |
| Plat lentique | 4.5 | 2.8 | 0.0% | |
| Plat lotique | 5.2 | 2.5 | 0.9% | |
| Bassine | 2.1 | 3.25 | 0.0% | |
| Rapide | 3.8 | 1.5 | 4.4% | |
| Plat lotique | 6.3 | 1.95 | 1.7% | |
| Radier | 8.2 | 2.05 | 2.6% | |
| Plat lentique | 6.1 | 3.15 | 0.9% | |
| Radier | 12.5 | 2.1 | 1.7% | |
| Plat lotique | 4.6 | 2.8 | 0.9% | |
| Plat lentique | 5.2 | 2.55 | 0.0% | |
| Radier | 4.8 | 2.6 | 1.7% | |



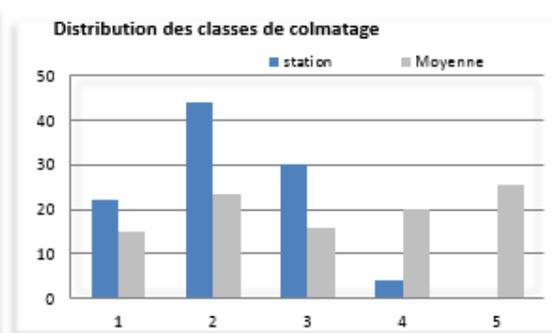
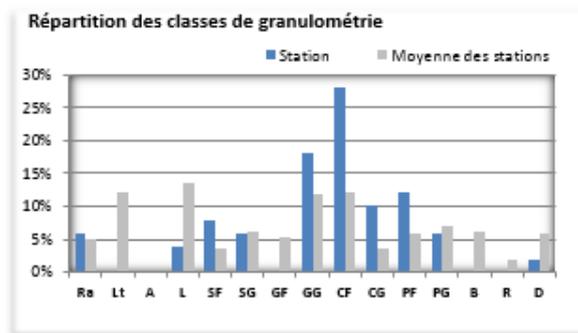
8.4.1.2 Substrats

La granulométrie est relativement diversifiée avec toutefois une dominance des fractions intermédiaires (graviers grossiers à pierres fines).

La proportion de ces fractions semble relativement forte, au détriment des blocs mais surtout de la litière fortement présente habituellement sur ces types de cours d’eau.

Le colmatage par les « fines », même si des points sont trouvés en classes 3 et 4, est globalement faible.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 150 m en amont de la retenue



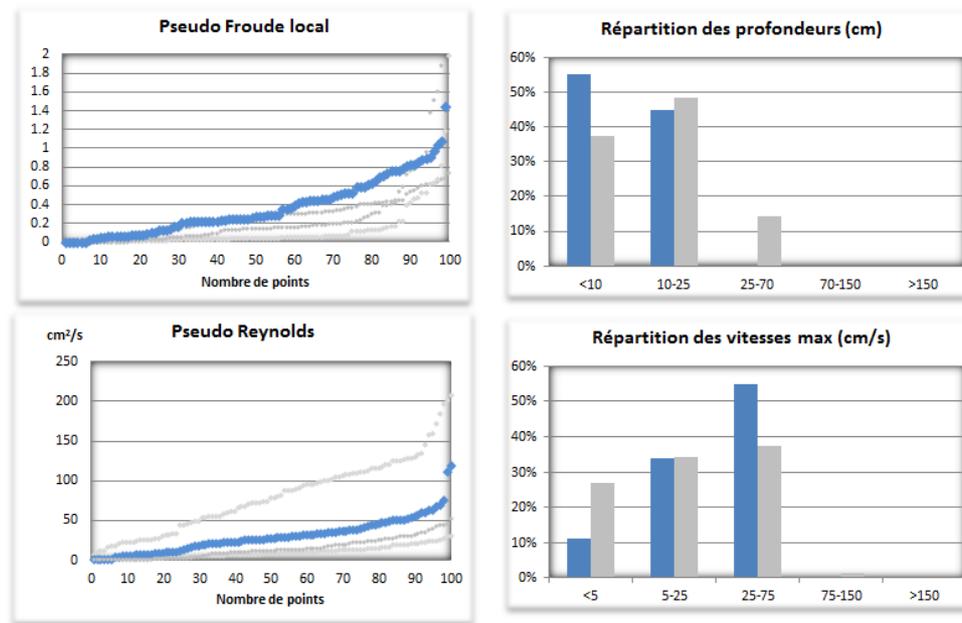
8.4.1.3 Hydraulique

Les indicateurs hydrauliques situent ce site dans les valeurs les plus fortes, surtout pour les Froude, grâce à des vitesses relativement élevées.

La valeur de débit (60% du module) est évidemment responsable de ces valeurs d’indicateurs.



Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 150 m en amont de la retenue



8.4.1.4 Indices d’habitabilités

Les couples substrat/vitesse sont clairement identifiés dans les classes de substrats les plus biogènes mais également dans la classe de vitesses la plus favorable. De fait, ce site dispose d’une note d’habitabilité très élevée (Cm = 18.32).

L’indice de complexité propose une note correcte mais sans plus, les combinaisons disponibles étant restreintes quantitativement.

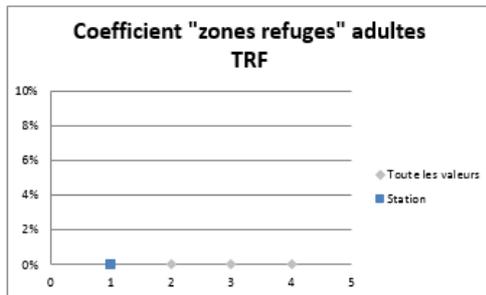
Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 150 m en amont de la retenue

| Gourde Amont | | Classes de vitesses (cm/s) | | | | |
|--|---|----------------------------|------|-------|---------------------------|------|
| | | <5 | 5-25 | 25-75 | 75-150 | >150 |
| Substrats | | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| CF | 9 | 0 | 10 | 12 | 0 | 0 |
| CG | 9 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| PF | 9 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0 |
| PG | 8 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Br | 7 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 |
| Lt | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SpE | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ra | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| GG | 4 | 0 | 10 | 4 | 0 | 0 |
| GF | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SG | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| SF | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| L | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Al | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coefficient Habitabilité Massif central | | 18.32 /20 | | | Indice de complexité 3.11 | |

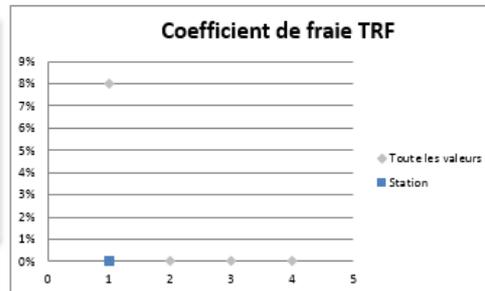
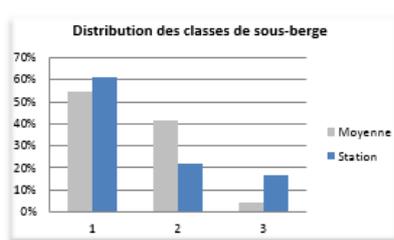
Les indicateurs « piscicoles » sont conformes à l’expertise visuelle avec l’absence de zones potentiellement utilisables pour la reproduction, l’absence de réelles zones refuges profondes, même si les profondeurs sont correctes mais avec une fragmentation

des mosaïques d’habitats nulle et des zones favorables en bordure de berges très présentes.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 150 m en amont de la retenue

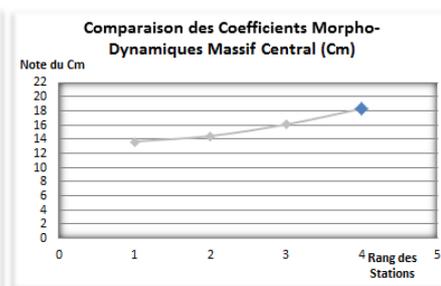
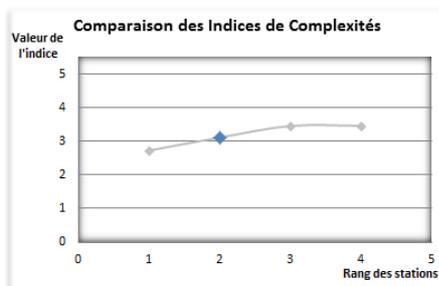
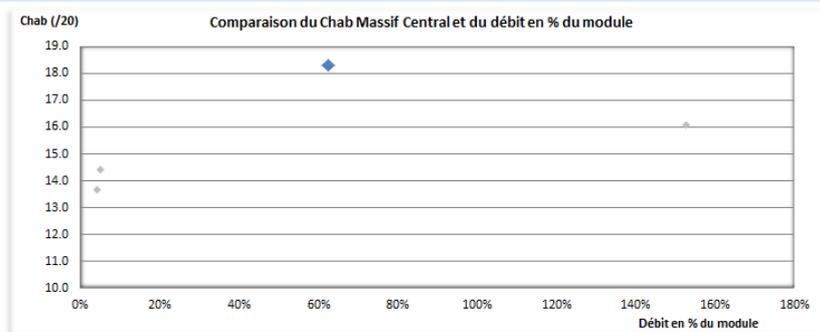


| Cloisonnement | |
|-----------------------------------|-----|
| Nombre de chute supérieur à 30 cm | 0 |
| Nombre de chute supérieur à 80 cm | 0 |
| Hauteur de chute maximum (m) | 0 |
| Hauteur de chute cumulée (m) | 0 |
| Nombre de chute / 100 m | 0,0 |



La comparaison des indicateurs d’habitabilité avec le pool de sites disponibles permet de définir ce site en amont de la prise d’eau comme bénéficiant d’un indice de complexité bas mais d’une excellente note relative du Chab grâce à la forte présence de points dans les couples substrat/vitesse les plus biogènes.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 150 m en amont de la retenue

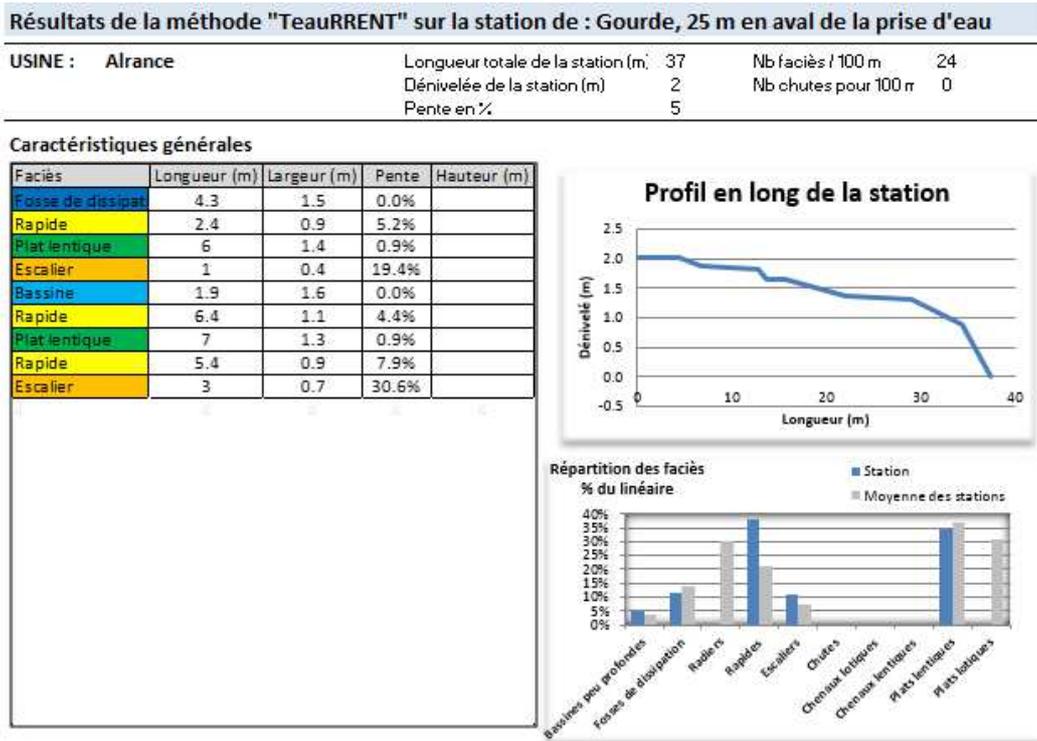


8.4.2 Station Teurrent Gourde aval

8.4.2.1 Conditions d’écoulements

Les prospections et mesures se sont réalisées le 25/03/2013 pour un débit équivalent à 5% du module (4 l/s pour 80 l/s) au droit du site TeuRRENT.

Ce site aval présente un profil plus irrégulier que le site amont avec une pente supérieure (5%) et la présence notable d’escaliers. Le risque de fragmentation longitudinale des habitats apparaît donc ici bien supérieur à celui du site amont.

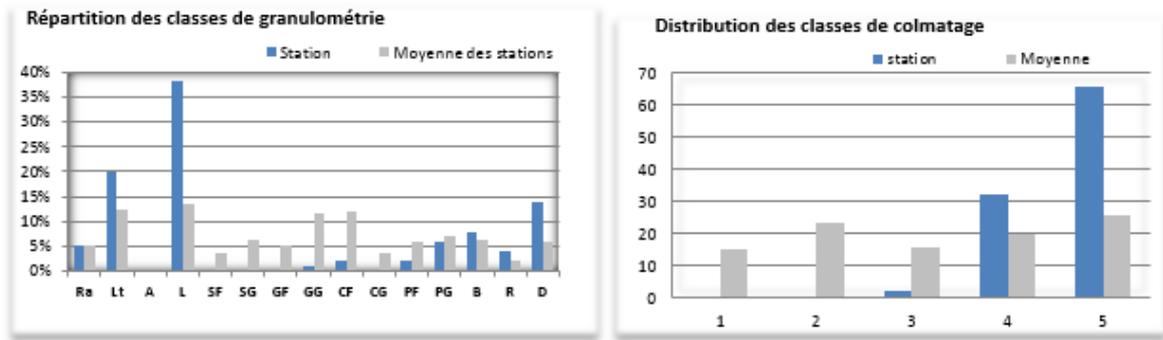


8.4.2.2 Substrats

La granulométrie est ici nettement moins diversifiée avec la présence de quelques blocs/pierres/rochers mais surtout une part considérable de débris végétaux (racines/litières) et surtout de limons (boue rouge issue du barrage de la Gourde).

En revanche, en raison des faibles débits mais également de résurgences de boues oxydées rouges via le pied de barrage (cf. Chapitre 6.4), le colmatage par les « fines » est ici extrêmement élevé avec plus de 95% des points identifiés dans les deux classes les plus fortes, et l’évidence d’un désordre fonctionnel du milieu.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 25 m en aval de la prise d'eau

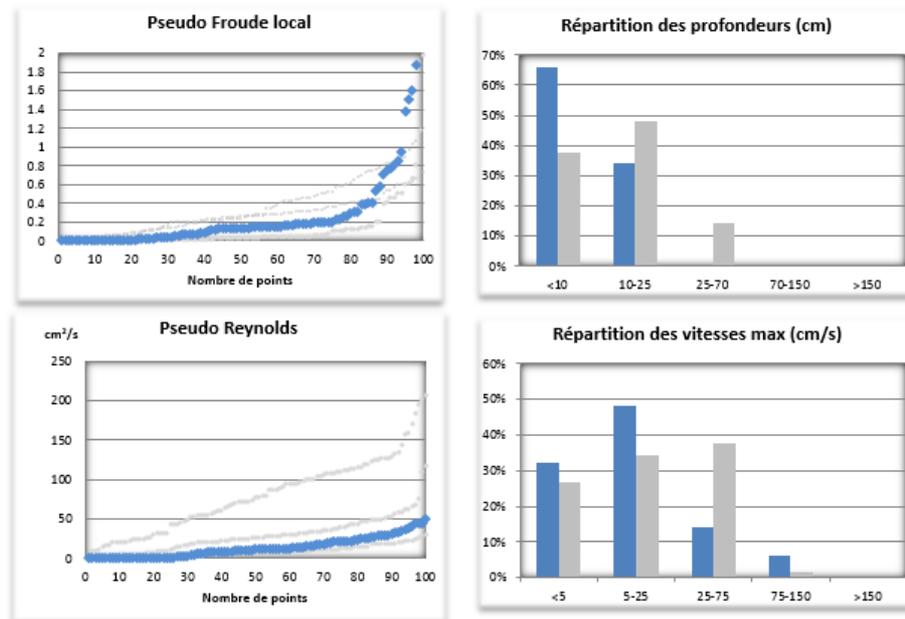


8.4.2.3 Hydraulique

Les indicateurs hydrauliques situent ce site dans des valeurs basses. Les profondeurs sont très faibles avec près de 70% des points à moins de 10 cm et un risque de fragmentation majeur.

Toutefois, la présence de quelques points dans les classes de vitesse intermédiaires, associée à la pente du lit, permet de relativiser l’impact des faibles débits (5% du module) sur les valeurs de Froude.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 25 m en aval de la prise d'eau



8.4.2.4 Indices d’habitabilités

Malgré la présence de quelques points dans les Pierres ou la Litière, la majorité des couples substrat/vitesse est identifiée dans la classe de vitesses la moins biogène et les substrats les moins favorables.

La faible diversité résiduelle des substrats (fines colmatantes très majoritaires) laisse à penser qu’une augmentation de débit n’améliorerait que faiblement la situation d’habitabilité, sauf à remettre en mouvement ces « fines » afin de découvrir les substrats plus biogènes en dessous.

L’indice de complexité est lui relativement élevé, essentiellement grâce aux différentes classes de vitesses observées.

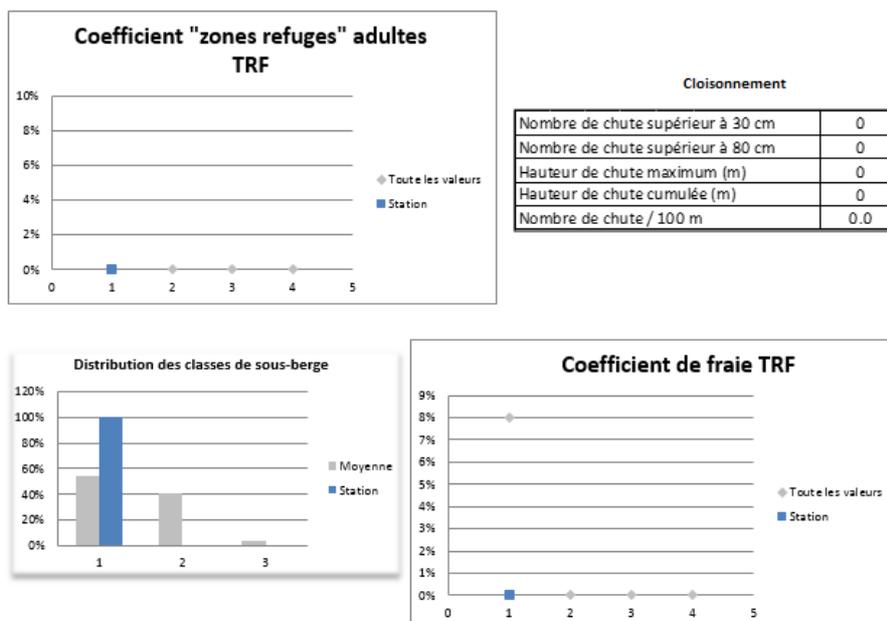
Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 25 m en aval de la prise d'eau

| Gourde aval | Classes de vitesses (cm/s) | | | | |
|---|----------------------------|-----------|-------|---------------------------|------|
| | <5 | 5-25 | 25-75 | 75-150 | >150 |
| Substrats | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| CF | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CG | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PF | 9 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| PG | 8 | 0 | 5 | 1 | 0 |
| Br | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lt | 6 | 8 | 7 | 3 | 2 |
| SpE | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ra | 5 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| GG | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| GF | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SG | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L | 2 | 16 | 19 | 3 | 0 |
| Al | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D | 1 | 3 | 6 | 2 | 3 |
| R | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| B | 1 | 1 | 3 | 4 | 0 |
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coefficient Habitabilité Massif central | | 14.45 /20 | | Indice de complexité 3.46 | |

Les indicateurs « piscicoles » montrent, pour ces débits d’observation, un potentiel très réduit avec l’absence de zones de reproduction théorique ou de zones refuges.

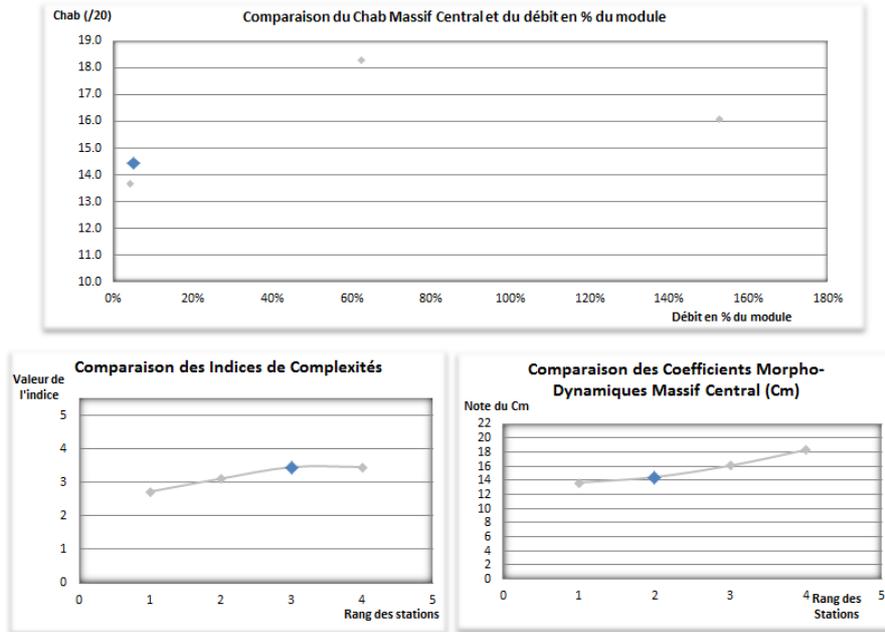
Le cloisonnement apparaît quantitativement nul mais l’indicateur ne prend en compte que les chutes. On peut toutefois estimer que des escaliers, à des débits très bas, engendrent un risque de fragmentation non-négligeable sur ce secteur.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 25 m en aval de la prise d'eau



Au débit d’observation (1/20^{ème} du module), la note d’habitabilité est très réduite et la faible diversité des substrats en place ne laisse rien présager de bien meilleur, essentiellement à cause des dépôts très importants de « fines colmatantes ».

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Gourde, 25 m en aval de la prise d'eau



L’absence avérée de diversité hydrologique (près de 30 ans sans surverse au niveau du barrage¹⁷) et l’apport continu de ces limons est la cause principale de ce colmatage important, les faibles débits courants ne faisant qu’accentuer le phénomène.

Le problème d’expertise vient ici du fait que, comme pour les méthodologies classiques d’analyse des habitats, l’interprétation de l’évolution de la valeur d’habitabilité en fonction du débit se trouve très limitée car toute augmentation significative de débit ou procédure de « chasses » de ces fines auraient pour conséquence un changement de l’équilibre sédimentaire du lit au niveau du site mesuré. Les distributions granulométriques (composées de fractions fines aujourd’hui) en seraient profondément changées. Ce dernier point se trouve ainsi en dehors des hypothèses d’expertise de la méthodologie TeauRRENT.

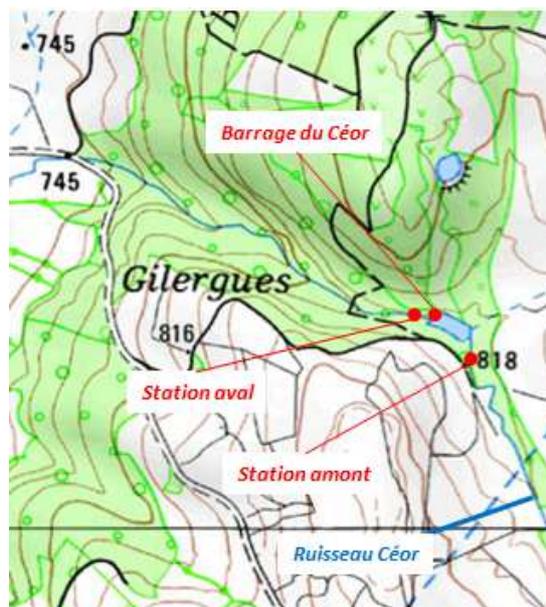
A la vue de ces éléments, la préconisation d’un débit minimum biologique ne peut réellement être pertinente sans la mise en place d’une stratégie de suppression de ces fines et d’un protocole de diversification hydrologique pour éviter leur retour.

¹⁷ Source EDF

8.5 PRISE D'EAU DU CEOR

Au vu des caractéristiques hydromorphologiques présentées dans la sectorisation morphodynamique de ce cours d’eau, seule la méthode TeauRRENT était applicable pour analyser les débits biologiques sur ce cours d’eau.

L’amont de la prise d’eau est prospectable et relativement comparable à l’aval de cette prise d’eau, même si, comme pour la prise d’eau de la Gourde, l’encaissement de la vallée et la pente de cours d’eau induite semblent supérieurs. Dans un objectif d’autocalibration, nous avons toutefois réalisé des mesures sur un site TeauRRENT en amont immédiat de la prise d’eau mais également sur un site en aval immédiat, hors son influence morphologique propre bien évidemment.



8.5.1 Station Teaurrent Céor amont

8.5.1.1 Conditions d’écoulements

Les prospections et mesures se sont réalisées le 27/03/2013 pour un débit équivalent à 150% du module (119 l/s pour 78 l/s) au droit du site TeauRRENT.

Ce site amont présente un profil très régulier à pente douce (1%), composé de radiers/plats lotiques et de fosses (~mouilles) en alternance. Le risque de fragmentation longitudinale des habitats semble donc réduit.

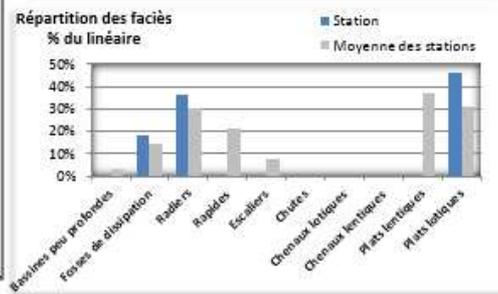
L’absence de plats lentiques (à l’inverse des autres sites du même groupe) est toutefois certainement due aux forts débits. Ils auraient certainement été présents en lieu et place de certains plats lotiques avec des débits plus faibles.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 50 m en amont de la retenue

| | | |
|-----------------|--|--------------------------|
| USINE : Alrance | Longueur totale de la station (m) : 72 | Nb faciès / 100 m : 13 |
| | Dénivelée de la station (m) : 1 | Nb chutes pour 100 m : 0 |
| | Pente en ‰ : 1 | |

Caractéristiques générales

| Faciès | Longueur (m) | Largeur (m) | Pente | Hauteur (m) |
|-------------------|--------------|-------------|-------|-------------|
| Plat lotique | 6 | 2 | 0.9% | |
| Fosse de dissipat | 5 | 3.2 | 0.0% | |
| Radier | 4 | 2.4 | 2.6% | |
| Fosse de dissipat | 4 | 1.7 | 0.0% | |
| Radier | 17 | 2.8 | 1.7% | |
| Fosse de dissipat | 4 | 2 | 0.0% | |
| Plat lotique | 12 | 2 | 0.9% | |
| Radier | 5 | 2 | 1.4% | |
| Plat lotique | 15 | 2.25 | 0.9% | |



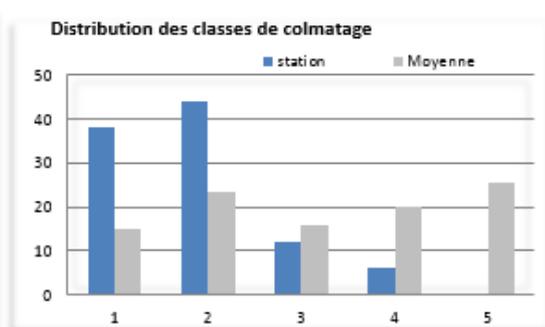
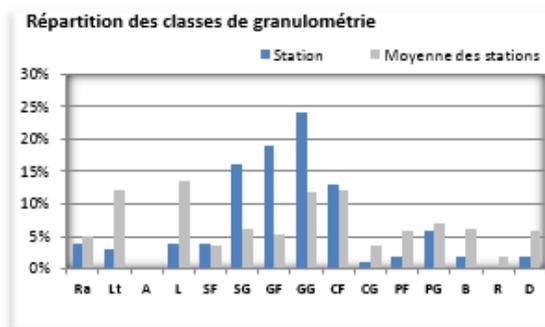
8.5.1.2 Substrats

La granulométrie est certes diversifiée mais avec toutefois une forte dominance des fractions intermédiaires (sables grossiers à cailloux fins).

La proportion de ces fractions semble relativement forte, au détriment des pierres, de la litière et des limons, fortement identifiés sur ces types de cours d’eau.

Le colmatage par les « fines », même si des points sont trouvés en classes 3 et 4, est globalement faible.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 50 m en amont de la retenue



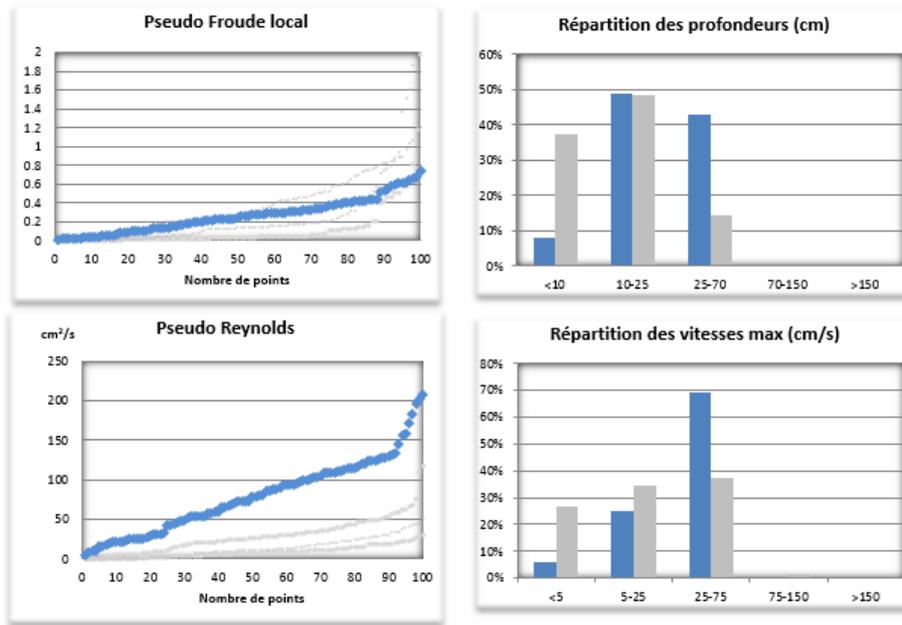
8.5.1.3 Hydraulique

Les indicateurs hydrauliques situent ce site dans les valeurs les plus fortes, surtout pour les Reynolds, grâce à des profondeurs relativement élevées.

La valeur élevée de débit (150% du module) est très certainement responsable de ces valeurs d’indicateurs.



Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 50 m en amont de la retenue



8.5.1.4 Indices d’habitabilités

Les couples substrat/vitesse sont clairement identifiés dans la classe de vitesses la plus biogène. Toutefois, l’absence relative de points dans des substrats de type « pierres » ou végétal ne permet pas au site de disposer d’une note d’habitabilité plus élevée.

L’indice de complexité, également de par la faible diversité relative des granulométries, est faible.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 50 m en amont de la retenue

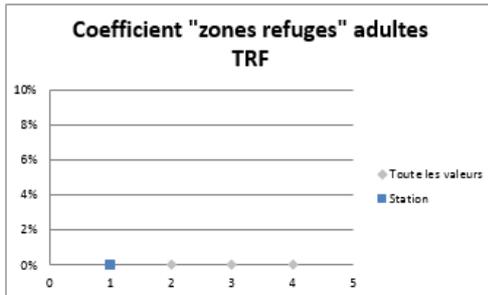
| Céor Amont | | Classes de vitesses (cm/s) | | | | |
|---|---|----------------------------|------|-------|---------------------------|------|
| | | <5 | 5-25 | 25-75 | 75-150 | >150 |
| Substrats | | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| CF | 9 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| CG | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| PF | 9 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| PG | 8 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| Br | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lt | 6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| SpE | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ra | 5 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| GG | 4 | 0 | 4 | 20 | 0 | 0 |
| GF | 4 | 0 | 5 | 14 | 0 | 0 |
| SG | 3 | 2 | 4 | 10 | 0 | 0 |
| SF | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| L | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Al | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| R | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coefficient Habitabilité Massif central | | 16.08 /20 | | | Indice de complexité 2.73 | |

Les indicateurs « piscicoles » sont conformes à l’expertise visuelle avec la présence de zones potentiellement utilisables pour la reproduction grâce à une granulométrie favorable. Le cloisonnement apparaît également comme nul avec les indicateurs

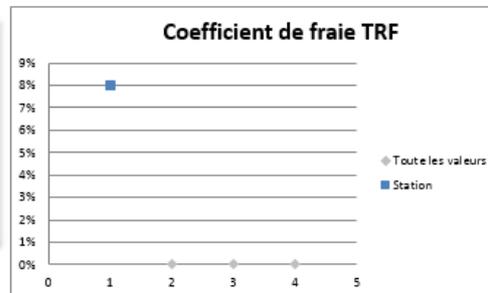
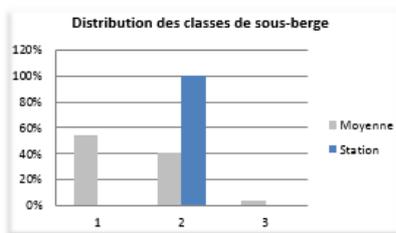
quantitatifs utilisés. Les zones de sous-berges, favorables à la faune, sont bien présentes.

En revanche, les « zones refuges » sont absentes car aucune portion de forte profondeur (>70 cm) n’est présente sur le site mais les points de la classe immédiatement inférieurs peuvent certainement être utilisés à cette fin.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 50 m en amont de la retenue

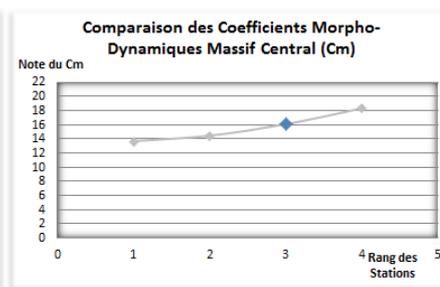
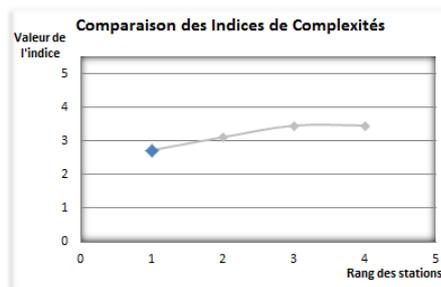
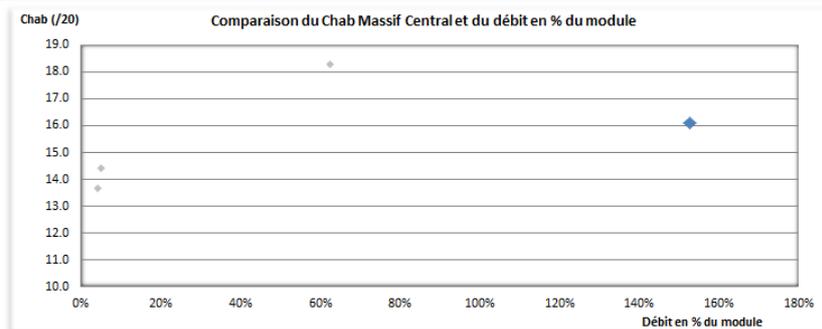


| Cloisonnement | |
|-----------------------------------|-----|
| Nombre de chute supérieur à 30 cm | 0 |
| Nombre de chute supérieur à 80 cm | 0 |
| Hauteur de chute maximum (m) | 0 |
| Hauteur de chute cumulée (m) | 0 |
| Nombre de chute / 100 m | 0.0 |



La comparaison des indicateurs d’habitabilité avec le pool de sites disponibles permet de définir ce site en amont de la prise d’eau comme bénéficiant d’un faible indice de complexité et d’une bonne note relative du Chab, mais moindre qu’avec des ratios au module plus bas. Il est probable que la faible diversité granulométrique résiduelle ait tendance à limiter le potentiel d’habitabilité.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 50 m en amont de la retenue

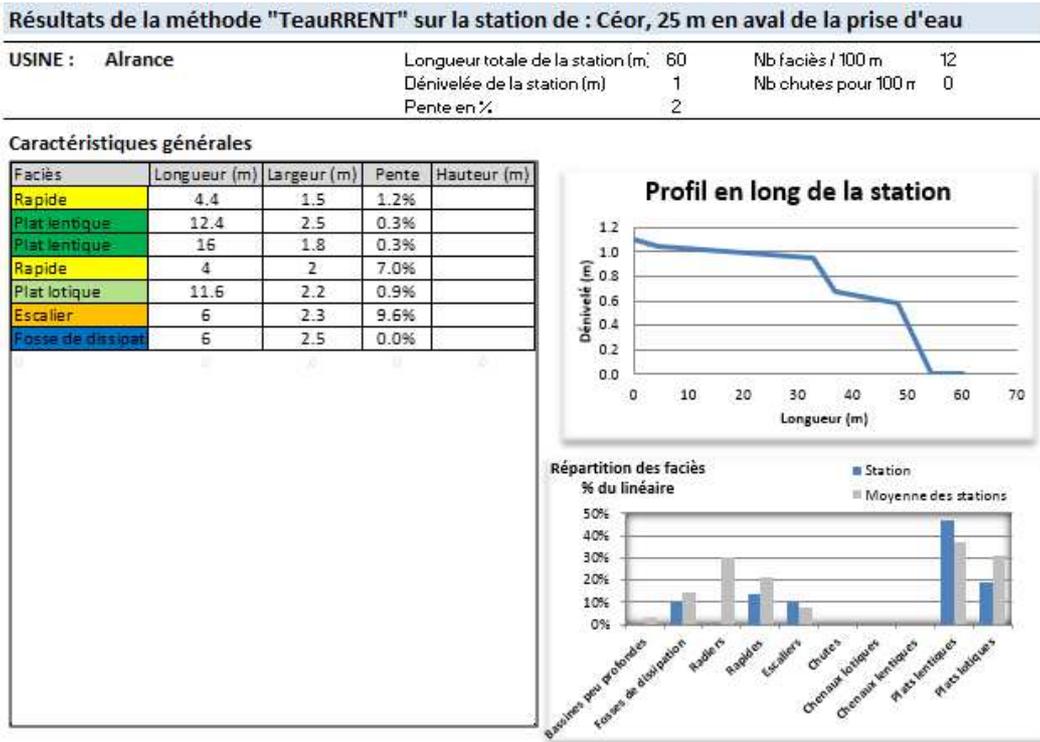


8.5.2 Station Teaurrent Céor aval

8.5.2.1 Conditions d’écoulements

Les prospections et mesures se sont réalisées le 27/03/2013 pour un débit équivalent à 5% du module (4 l/s pour 86 l/s) au droit du site Teaurrent.

Ce site aval présente un profil plus irrégulier que le site amont avec une pente toujours douce mais supérieure (2%). Il est toujours composé plats et de fosses mais avec l’ajout, ici, de rapides et même d’escaliers. Le risque de fragmentation longitudinale des habitats apparaît donc ici supérieur à celui du site amont.

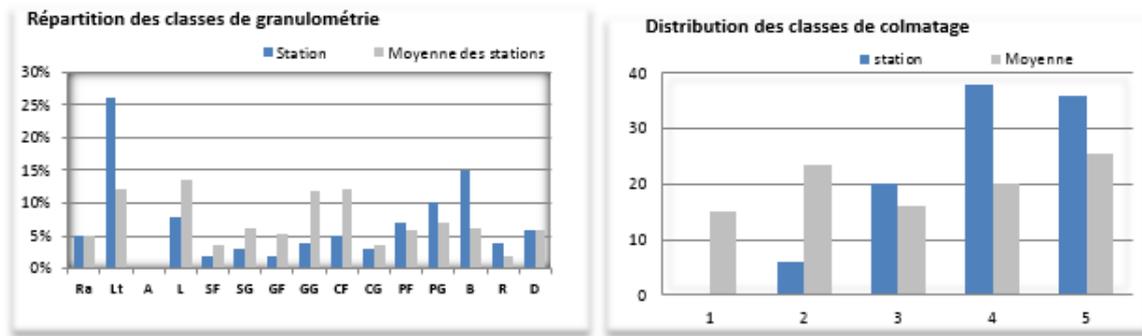


8.5.2.2 Substrats

La granulométrie est ici beaucoup plus diversifiée avec la présence de toutes les classes granulométriques, et surtout des plus biogènes.

En revanche, et en raison des faibles débits, le colmatage par les « fines » est ici très élevé avec plus de 70% des points identifiés dans les deux classes les plus fortes.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 25 m en aval de la prise d'eau

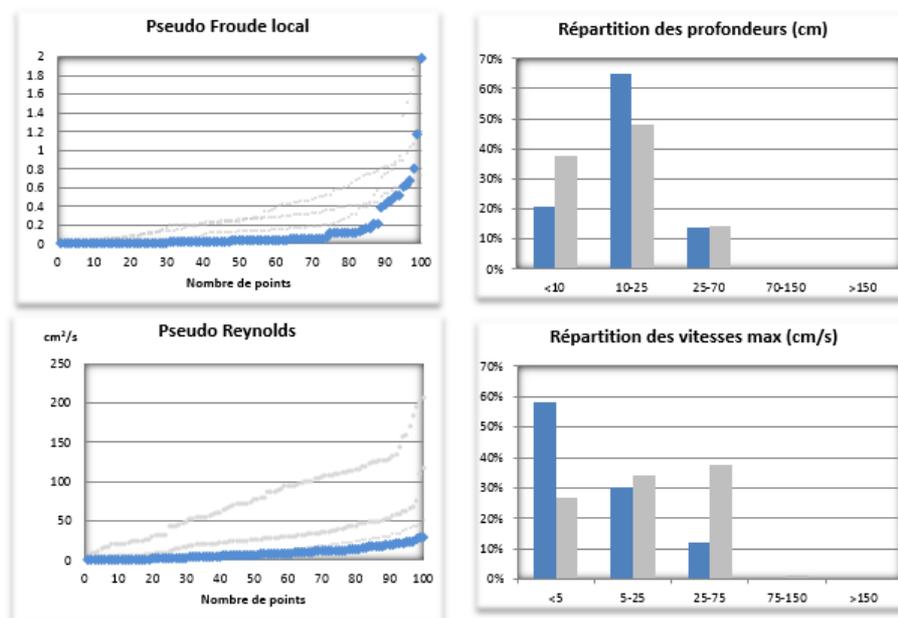


8.5.2.3 Hydraulique

Les indicateurs hydrauliques situent ce site dans les valeurs les plus faibles. Les profondeurs sont faibles, même si seule 20% des points présentent les valeurs proches de nulles. De même, près de 60% des points sont mesurés avec des vitesses fortement lentes, voire nulles.

La valeur faible de débit (5% du module) est évidemment responsable de ces valeurs d'indicateurs.

Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 25 m en aval de la prise d'eau



8.5.2.4 Indices d'habitabilités

Les couples substrat/vitesse sont identifiés dans la classe de vitesses la moins biogène.

Toutefois, la bonne diversité résiduelle des substrats (surtout dans les plus biogènes) laisse à penser qu'une augmentation de débit pourrait permettre au site de disposer d'un potentiel d'habitabilité plus élevé.

L'indice de complexité est ainsi très élevé alors que le Cm est très faible.

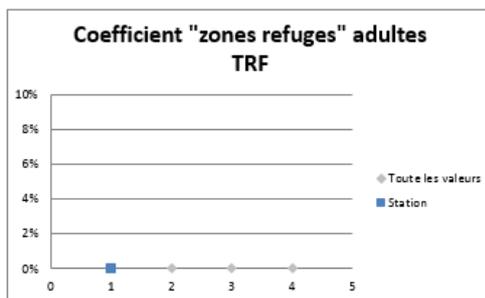
Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 25 m en aval de la prise d'eau

| Céor Aval | | Classes de vitesses (cm/s) | | | | |
|---|---|----------------------------|------|-------|---------------------------|------|
| | | <5 | 5-25 | 25-75 | 75-150 | >150 |
| Substrats | | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| CF | 9 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| CG | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| PF | 9 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| PG | 8 | 0 | 6 | 2 | 0 | 0 |
| Br | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lt | 6 | 23 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| SpE | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ra | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| GG | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| GF | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| SG | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Al | 1 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0 |
| D | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 1 | 8 | 5 | 2 | 0 | 0 |
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coefficient Habitabilité Massif central | | 13.67 /20 | | | Indice de complexité 3.46 | |

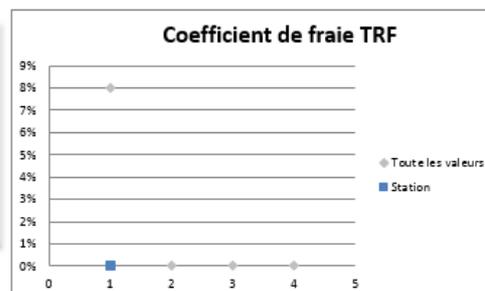
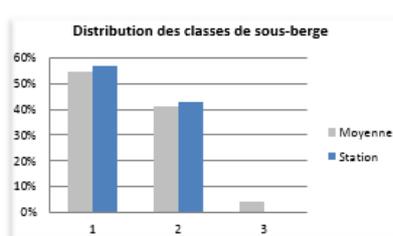
Les indicateurs « piscicoles » montrent, pour ces débits d’observation, un potentiel faible avec des zones de reproduction théorique qui ne sont plus identifiées, de même que les zones profondes.

Le cloisonnement apparaît quantitativement nul mais l’indicateur ne prend en compte que les chutes. On peut toutefois estimer que des escaliers, à des débits très bas, engendrent un risque de fragmentation non-négligeable.

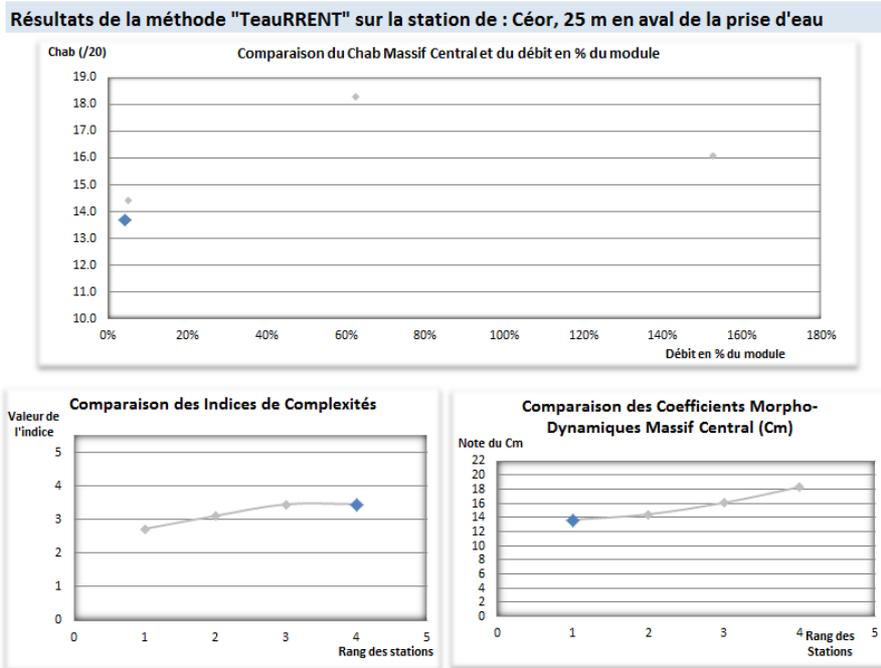
Résultats de la méthode "TeauRRENT" sur la station de : Céor, 25 m en aval de la prise d'eau



| Cloisonnement | |
|-----------------------------------|-----|
| Nombre de chute supérieur à 30 cm | 0 |
| Nombre de chute supérieur à 80 cm | 0 |
| Hauteur de chute maximum (m) | 0 |
| Hauteur de chute cumulée (m) | 0 |
| Nombre de chute / 100 m | 0.0 |



Au débit d’observation (1/20^{ème} du module), la note d’habitabilité est faible mais la diversité des substrats en place peut laisser penser à une amélioration potentielle avec des débits supérieurs.



La conclusion suivante est proposée au droit de la station DMB et reste identique au droit de la prise d’eau :

A la vue de ces éléments il apparaît indispensable de préconiser un débit minimum biologique au moins égal au débit critique défini dans la méthodologie TeauRRENT, soit 6 l/s (1/15^{ème} du module), pour améliorer la situation actuelle et ne serait-ce que pour minimiser le risque de fragmentation des habitats dans ce secteur proximal pentu mais avec un réel potentiel de gain latéral.

L’atteinte du seuil optimal (1/10^{ème} du module), à la vue de l’incertitude méthodologique, pourrait éventuellement réduire le risque et être une contribution complémentaire à l’amélioration de la situation environnementale du cours d’eau.

9 SYNTHÈSE DES RESULTATS POUR LE GROUPEMENT D’USINE DU POUGET – AMENAGEMENT D’ALRANCE

Cette partie reprend les conclusions individuelles de chacune des prises d’eau ainsi qu’un tableau synthétique de préconisation des intervalles de débits minimums biologiques.

Rappelons que sur ce groupement d’usine, la question des débits minima biologiques s’appréhende au regard de l’équilibre hydromorphologique qui s’est peu à peu imposé sur ce secteur. Il faut considérer que ce réajustement physique des cours d’eaux au régime hydrologique fortement modifié constitue le cadre de référence tant que les concessions seront autorisées à dériver vers le Tarn.

Le second point de vigilance concerne les pressions qui s’exercent en aval des prises d’eau Edf, que cela concerne l’eau potable, les prélèvements d’irrigation ou bien divers impacts liés aux rejets ou à la morphologie. Ces usages étant eux-mêmes redevables d’un débit réservé, il convient de considérer les propositions de débit minimum comme l’objectif à atteindre pour le milieu par l’ensemble des usages des tronçons concernés. De même, sur les toutes petites prises d’eau, l’incertitude méthodologique apparaît certes forte mais elle reste toujours moindre que le gain potentiel espéré sur un linéaire multi-impacté.

- Pont-de-Salars

Nous proposons comme valeur théorique de débit biologique, en aval de la prise d’eau de Pont-de-Salars, un premier intervalle compris entre 185 l/s (1/20^{ème} du module - valeur minimale réglementaire) et 240 l/s (1/16^{ème} du module - débit de débordement).

Cette gamme permet d’ores-et-déjà de minimiser le risque habitationnel sur les portions en aval de la confluence du ruisseau de Bage en sachant qu’une augmentation plus conséquente pourrait avoir un bénéfice supérieur sur cette portion (modélisation EVHA de Camboulas). Il convient également de préciser que la valeur basse de l’intervalle (1/20^{ème} du module) est déjà supérieure à la valeur de QMNA5, référence de l’hydrologie naturelle à l’étiage.

Toutefois, il ne semble pas à ce jour pertinent de préconiser un débit biologique supérieur sans analyse spécifique. En effet, au-delà de la valeur de débordement (1/16^{ème} du module), des modifications morphologiques seraient inévitables sur le Viaur en aval du barrage et pourraient avoir des conséquences (positives et/ou négatives) que l’on ne peut évaluer précisément aujourd’hui. Une augmentation progressive du débit pourrait être envisagée mais à la condition de la mise en place d’un suivi complet de la qualité biologique en lien éventuel avec les modifications morphodynamiques induites.

- Bage

Ici également et pour les mêmes raisons principales, il convient de proposer une plage théorique de débit biologique, en aval de la prise d’eau de Bages, comprise entre 34 l/s (1/20^{ème} du module - valeur minimale réglementaire) et 50 l/s (1/14^{ème} du module - débit de débordement).

La particularité de ce secteur en aval immédiat du barrage, comme pour le Viaur, vient du fait que le lit mineur historique se trouve aujourd’hui limité au lit vif, directement lié au débit réservé et qu’un débit supérieur au 10^{ème} du module engendre immédiatement un débordement du ruisseau. Il convient également de préciser que la valeur basse de l’intervalle (1/20^{ème} du module) est déjà supérieure à la valeur de QMNA5, référence de l’hydrologie naturelle à l’étiage.

Sur la gamme des débits modélisables avec une incertitude moindre, l’atteinte de la valeur maximale de la plage proposée apporterait une amélioration des habitats mais avec un gain très limité. Cette gamme permettrait donc de minimiser le risque habitationnel mais se trouverait fortement dépendante de la stabilisation ou du réajustement morphodynamique du cours d’eau en cas de restitution supérieure.

- Pareloup

L’ensemble des éléments d’expertise nous amènent donc à proposer comme débit minimum biologique une valeur du 1/20^{ème} du module (débit minimum réglementaire), cohérent avec l’indicateur naturel d’étiage, en considérant que cette valeur doit être considérée comme minimum garanti hors usage, notion à prendre en compte pour minimiser le risque sur le linéaire aval du Vioulou (en-dessous du prélèvement AEP).

- Gourde

Le problème d’expertise vient ici du fait que, comme pour les méthodologies classiques d’analyse des habitats, l’interprétation de l’évolution de la valeur d’habitabilité en fonction du débit se trouve très limitée car toute augmentation significative de débit ou procédure de « chasses » de ces fines aurait pour conséquence un changement de l’équilibre sédimentaire du lit. Les distributions granulométriques (composées de fractions fines aujourd’hui) en seraient profondément changées. Ce dernier point se trouve ainsi en dehors des hypothèses d’expertise de la méthodologie TeauRRENT.

A la vue de ces éléments, la préconisation d’un débit minimum biologique ne peut réellement être pertinente sans la mise en place d’une stratégie de suppression de ces fines et d’un protocole de diversification hydrologique pour éviter leur retour.

- Céor

A la vue des éléments analysés, il apparaît indispensable de préconiser un débit minimum biologique au moins égal au débit critique défini dans la méthodologie TeauRRENT, soit 6 l/s (1/15^{ème} du module), pour améliorer la situation actuelle et ne serait-ce que pour minimiser le risque de fragmentation des habitats dans ce secteur proximal pentu mais avec un réel potentiel de gain latéral.

L’atteinte du seuil méthodologique optimal (1/10^{ème} du module), à la vue de l’incertitude méthodologique, pourrait éventuellement réduire le risque, être une contribution complémentaire à l’amélioration de la situation environnementale du cours d’eau tout en se rapprochant de l’hydrologie naturelle restrictive en étiage.

Tableau 20 - Valeurs de synthèse des DMB proposés en aval immédiat de chaque prise d'eau du groupement du Pouget – Aménagement d'Alrance

| Prises d'eau | Module au droit de la PE (l/s) | Qrmini au droit de la PE (l/s) | QMNA5 au droit de la PE (l/s) | Gamme de DMB proposée (l/s) |
|---|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Pont-de-Salars | 3700 | 185 | 170 | 185-240 |
| Bage | 680 | 34 | 30 | 34-50 |
| Pareloup | 3200 | 160 | 150 | 160 |
| Gourde | 80 | 4 | ? | * |
| Céor | 80 | 4 | 10 | 6 - 8 |
| *problématique de diversification hydrologique plus que de débit réservé | | | | |
| *forte problématique liée au réajustement morphodynamique en lien avec le débit réservé | | | | |

10 ANNEXES

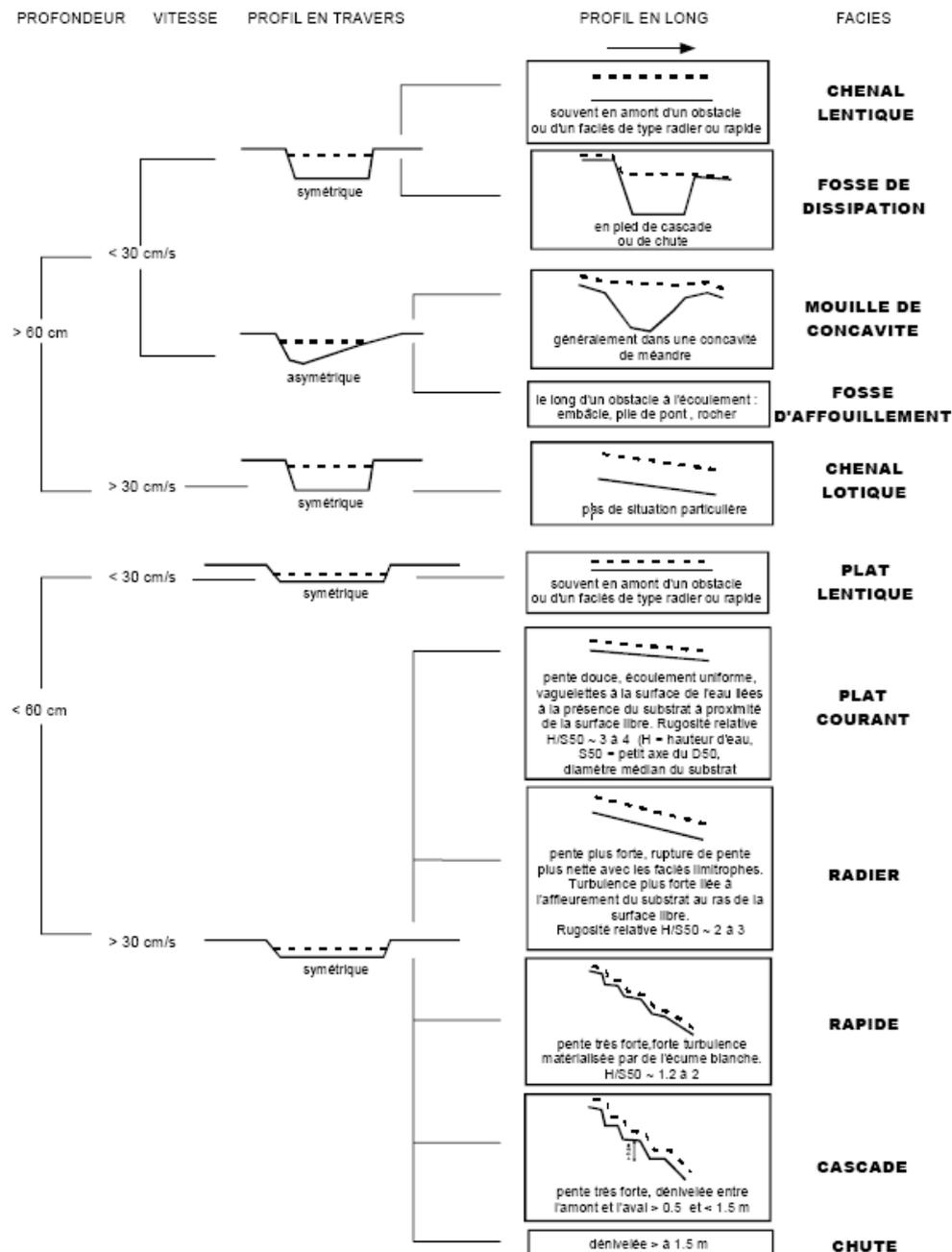
10.1 ANNEXE 1 - CLASSIFICATION GRANULOMETRIQUE

L'échelle propre utilisée est largement inspirée de celle de WENTWORTH (1922), modifiée dans MALAVOI et SOUCHON (1989).

- RACINES - Substrat végétal – branches ou racines immergées (abris hydrauliques pour les peuplements) ;
- LITIERE - Substrat végétal – matière +/- en décomposition (feuilles, petites branches, mousses...) ;
- ARGILE - Substrat minéral – taille inférieure à 4 microns – aucun abri hydraulique ;
- LIMONS - Substrat minéral – taille inférieure à 63 microns (souvent des dépôts alluviaux) ;
- SABLES FINS - Substrat minéral – taille inférieure à 0.5 mm ;
- SABLES GROSSIERS - Substrat minéral – taille inférieure à 2 mm ;
- GRAVIERS FINS - Substrat minéral – taille inférieure à 8 mm ;
- GRAVIERS GROSSIERS - Substrat minéral – taille inférieure à 1.6 cm ;
- CAILLOUX FINS - Substrat minéral – taille du deuxième axe inférieure à 3.2 cm ;
- CAILLOUX GROSSIERS - Substrat minéral – taille du deuxième axe inférieure à 6.4 cm ;
- PIERRES FINES - Substrat minéral – taille du deuxième axe inférieure à 12.8 cm ;
- PIERRES GROSSIERES - Substrat minéral – taille du deuxième axe inférieure à 25.6 cm ;
- BLOCS - Substrat minéral – taille du deuxième axe inférieure à 1 m ;
- ROCHERS - Substrat minéral – taille du deuxième axe supérieure à 1 m – notion d’abris hydraulique important ;
- DALLES - Substrat minéral – taille du deuxième axe supérieure à 1 m – aucun abris hydraulique disponible (~ aspect de l’argile) ;

D'un point de vue hydrodynamique et potentiel d'habitat, les dalles et affleurements rocheux sont apparentés aux argiles quand ils ne présentent pas d'aspérités majeures et aux rochers en cas de présence de failles internes importantes. Leur diamètre est alors pris en compte dans l'analyse de manière spécifique.

10.2 ANNEXE 2 - CLE DE DETERMINATION DES FACIES DE COURANT (MALAVOI ET SOUCHON, 2002)



10.3 ANNEXE 3 – CLASSIFICATION DE FACIES « TEAURENT »

L'échelle propre utilisée dans le cadre de ce protocole est largement inspirée de celle de DELACOSTE & *al.*, 1995 et de MALAVOI & SOUCHON, 2002 mais adapté aux spécificités typologiques et aux besoins de la méthode.

10.3.1 Faciès décrits

- Chenaux lenticques ;
- Plats lenticques ;
- Chenaux lotiques ;
- Plats lotiques ;
- Rapiers ;
- Rapides ;
- Escaliers ;
- Fosses ;
- Bassines ;
- Chutes.

10.3.2 Description des faciès

10.3.2.1 Plats (ou chenaux si profondeur importante et mêmes autres caractéristiques)

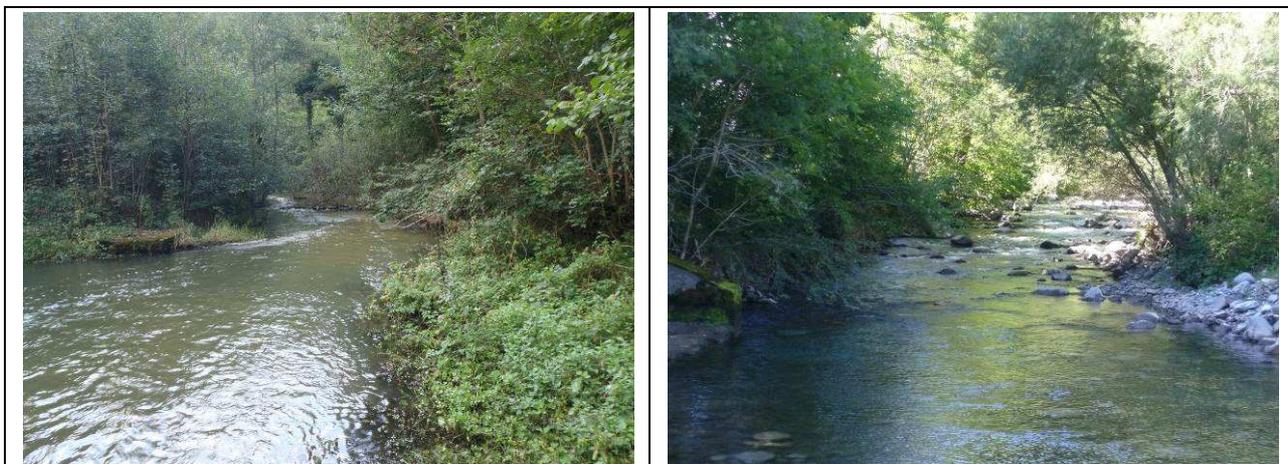
10.3.2.1.1 Plats lenticques

Turbulences nulles / Pente nulle à faible / Profondeurs faibles (à défaut, chenal) / Vitesses nulles à faibles



10.3.2.1.2 Plats lotiques

Turbulences nulles à faibles / Pente faible / Profondeurs faibles (à défaut, chenal) / Vitesses moyennes



10.3.2.2 Radiers

10.3.2.2.1 Plats radiers & Radiers

Turbulences moyennes / Pente moyenne / Affleurement du substrat / Vitesses moyennes



10.3.2.3 Rapides

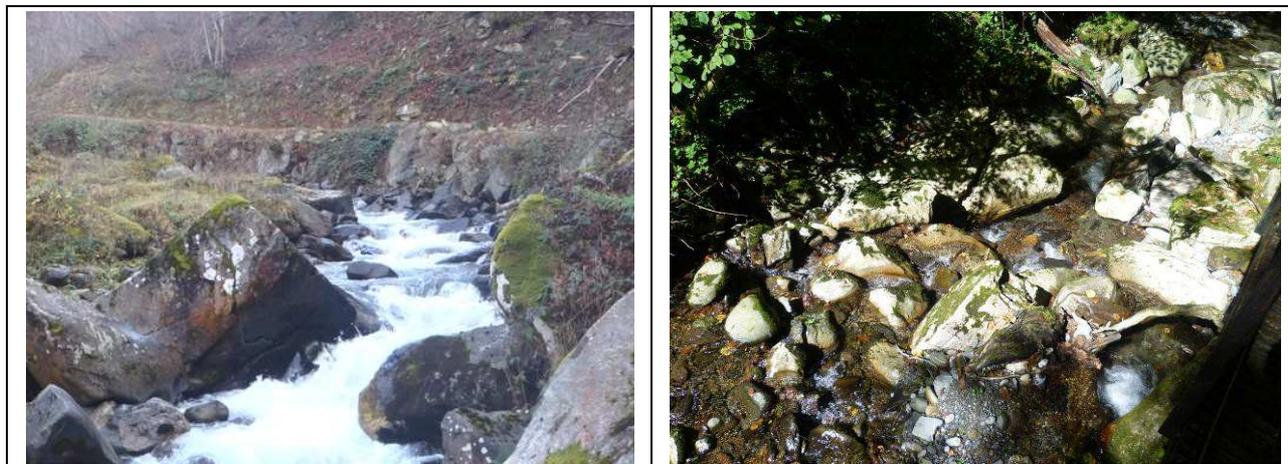
Moyennes à fortes turbulences / Pente moyenne à forte et homogène / Ecoulements entre blocs / Vitesses fortes



10.3.2.4 Escaliers

10.3.2.4.1 Dans les torrents ou très petits ruisseaux

Moyennes à fortes turbulences / Pente faible à moyenne et par palier



10.3.2.4.2A partir des cours d’eau

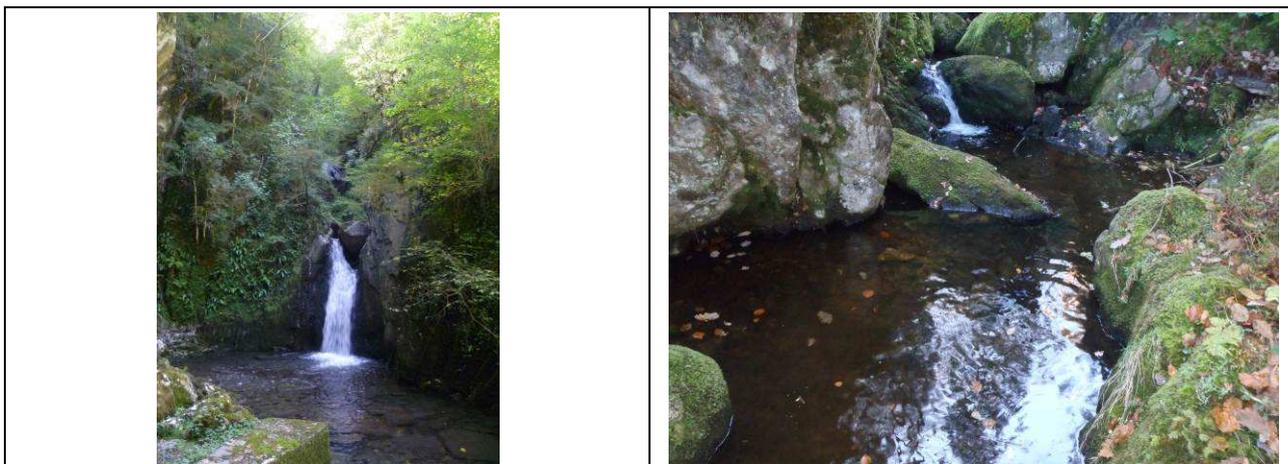
Fortes turbulences / Pente forte et par pallier



10.3.2.5 Profonds

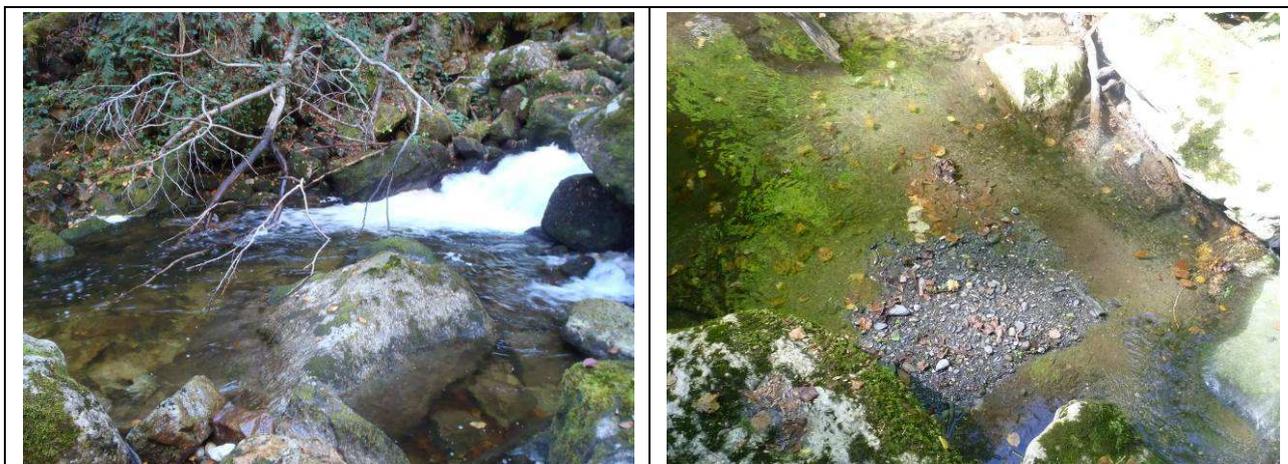
10.3.2.5.1 Fosses de dissipation

Pente nulle / Profondeur > 60 cm / Variation forte de profondeur (à l’aval d’une chute ou d’un escalier) / pas de variation au débit



10.3.2.5.2 Bassines peu profondes – forme de « wok »

Pente nulle / Profondeur > 30 cm / Dissymétrie transversale importante / variation potentielle avec le débit



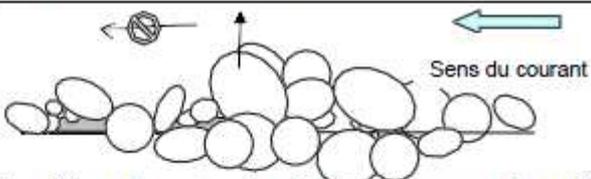
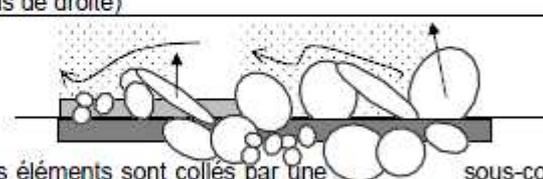
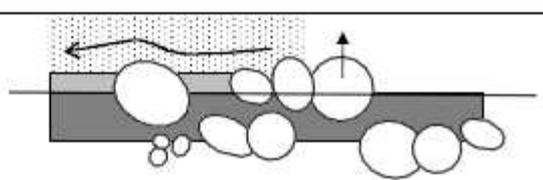
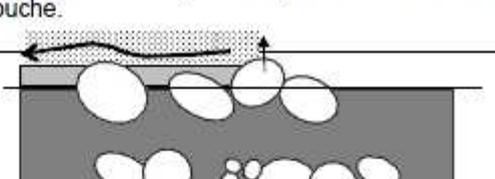
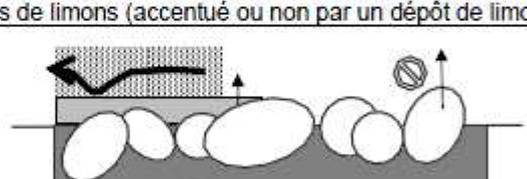
10.3.2.6 Chutes

10.3.2.6.1 Cascades & Chutes

Dénivelé > 1-1.5 m (à adapter à la taille du CE)



10.4 ANNEXE 4 - REPRESENTATION IMAGEE DU PROTOCOLE DE MESURE DU COLMATAGE DU SUBSTRAT SELON ARCHAMBAUD, GIORDANO ET DUMONT (2005)

| Code | Classes de Colmatage | Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond) |
|------|----------------------|--|
| 1 |] 0 - 25%] |  <p>Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite)</p> |
| 2 |] 25 - 50%] |  <p>Les éléments sont collés par une sous-couche de limon (avec ou sans limon en dépôt). Le nuage de limon qui se soulève est peu dense.</p> |
| 3 |] 50 - 75%] |  <p>Les éléments sont légèrement enchâssés et provoquent un nuage de limon assez épais lorsqu'ils se désolidarisent de la sous-couche.</p> |
| 4 |] 75 - 90%] |  <p>Les éléments sont très enchâssés et provoquent un nuage épais de limons (accentué ou non par un dépôt de limons)</p> |
| 5 |] 90-100%] |  <p>Les éléments sont recouverts de limons et provoquent un nuage très épais (cas de gauche) ou bien sont entièrement cimentés dans la sous-couche et impossibles à soulever (cas de droite)</p> |

10.5 ANNEXE 5 – MODELES BIOLOGIQUES DEPLOYES DANS LE CADRE DE L’APPLICATION DU PROTOCOLE EVHA

10.5.1 Modèle TRF classique

| TRF truite fario (CEMAGREF)

Origine: Bovee 1978 modifiée par CEMAGREF pour le stade adulte.

Validation sur 12 cours d'eau de référence français des Préalpes, du Jura Sud, et sud du Massif Central.

Domaine: rivières à fond caillouteux, pente 6 à 40 p.1000, module < 20 m3/s

Référence: Souchon Y., Trocherie F., Fragnoud E. & Lacombe C. 1989.

Les modèles numériques des microhabitats des poissons. Applications et nouveaux développements. Revue des sciences de l'eau, 2: 807-830.

fraie: activité de reproduction des géniteurs sur la frayère.

alevins: sujets de moins d'un an mais de plus de 5 cm.

juvéniles: sujets de plus d'un an non encore reproductifs (10 à 16 cm)

adultes: sujets en âge de se reproduire (14 à 28 cm)

\$4 ADU JUV ALE FRA

| | | | | | |
|-------|------|--------|------|--------|------|
| 2.62 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.24 | 0.00 | 5.90 | 0.16 | 5.90 | 0.14 |
| 7.86 | 0.04 | 11.80 | 0.52 | 11.81 | 0.40 |
| 10.48 | 0.07 | 17.70 | 0.97 | 17.71 | 0.95 |
| 13.10 | 0.12 | 23.60 | 1.00 | 23.61 | 1.00 |
| 15.72 | 0.14 | 29.50 | 1.00 | 29.52 | 1.00 |
| 18.34 | 0.15 | 35.39 | 1.00 | 35.42 | 1.00 |
| 20.96 | 0.17 | 41.29 | 1.00 | 41.32 | 1.00 |
| 23.58 | 0.23 | 47.19 | 1.00 | 47.23 | 1.00 |
| 26.20 | 0.29 | 53.09 | 1.00 | 53.13 | 1.00 |
| 28.82 | 0.35 | 58.99 | 1.00 | 59.03 | 0.95 |
| 31.44 | 0.41 | 64.89 | 1.00 | 64.94 | 0.83 |
| 34.06 | 0.47 | 70.79 | 1.00 | 70.84 | 0.67 |
| 36.68 | 0.53 | 76.69 | 1.00 | 76.74 | 0.51 |
| 39.30 | 0.59 | 82.59 | 1.00 | 82.65 | 0.43 |
| 41.92 | 0.65 | 88.49 | 0.96 | 88.55 | 0.37 |
| 44.54 | 0.71 | 94.38 | 0.70 | 94.45 | 0.33 |
| 47.16 | 0.77 | 100.28 | 0.49 | 100.35 | 0.29 |
| 49.78 | 0.85 | 106.18 | 0.38 | 106.26 | 0.22 |
| 52.40 | 0.89 | 112.08 | 0.29 | 112.16 | 0.17 |
| 55.02 | 0.93 | 117.98 | 0.26 | 118.06 | 0.13 |
| 57.64 | 0.95 | 123.88 | 0.24 | 123.97 | 0.10 |
| 60.26 | 0.97 | 129.78 | 0.22 | 129.87 | 0.06 |
| 62.88 | 0.99 | 135.68 | 0.20 | 135.77 | 0.05 |
| 65.50 | 1.00 | 141.58 | 0.16 | 141.68 | 0.04 |
| 68.12 | 1.00 | 147.48 | 0.12 | 147.58 | 0.03 |
| 70.74 | 1.00 | 153.37 | 0.09 | 153.48 | 0.00 |
| 73.36 | 1.00 | 159.27 | 0.07 | 159.39 | 0.00 |
| 75.98 | 1.00 | 165.17 | 0.05 | 165.29 | 0.00 |
| 78.60 | 1.00 | 171.07 | 0.03 | 171.19 | 0.00 |
| 81.22 | 1.00 | 176.97 | 0.02 | 177.10 | 0.00 |
| 83.84 | 1.00 | 182.87 | 0.00 | 183.00 | 0.00 |
| 0.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 |
| 5.90 | 1.00 | 3.93 | 1.00 | 3.94 | 1.00 |
| 11.80 | 1.00 | 7.87 | 1.00 | 7.87 | 1.00 |
| 17.70 | 1.00 | 11.80 | 0.98 | 11.81 | 1.00 |
| 23.60 | 1.00 | 15.73 | 0.92 | 15.74 | 1.00 |
| 29.50 | 0.94 | 19.67 | 0.84 | 19.68 | 1.00 |
| 35.39 | 0.66 | 23.60 | 0.76 | 23.61 | 1.00 |
| 41.29 | 0.57 | 27.53 | 0.70 | 27.55 | 1.00 |
| 47.19 | 0.53 | 31.46 | 0.66 | 31.48 | 1.00 |
| 53.09 | 0.47 | 35.40 | 0.62 | 35.42 | 0.98 |
| 58.99 | 0.38 | 39.33 | 0.59 | 39.35 | 0.84 |

| | | | | | |
|--------|------|--------|------|--------|------|
| 64.89 | 0.28 | 43.26 | 0.55 | 43.29 | 0.70 |
| 70.79 | 0.22 | 47.20 | 0.51 | 47.23 | 0.59 |
| 76.69 | 0.17 | 51.13 | 0.46 | 51.16 | 0.48 |
| 82.59 | 0.14 | 55.06 | 0.40 | 55.10 | 0.40 |
| 88.49 | 0.12 | 59.00 | 0.34 | 59.03 | 0.32 |
| 94.38 | 0.10 | 62.93 | 0.27 | 62.97 | 0.25 |
| 100.28 | 0.09 | 66.86 | 0.22 | 66.90 | 0.19 |
| 106.18 | 0.07 | 70.79 | 0.17 | 70.84 | 0.16 |
| 112.08 | 0.06 | 74.73 | 0.15 | 74.77 | 0.11 |
| 117.98 | 0.05 | 78.66 | 0.14 | 78.71 | 0.06 |
| 123.88 | 0.05 | 82.59 | 0.13 | 82.65 | 0.03 |
| 129.78 | 0.04 | 86.53 | 0.12 | 86.58 | 0.02 |
| 135.68 | 0.04 | 90.46 | 0.10 | 90.52 | 0.00 |
| 141.58 | 0.03 | 94.39 | 0.08 | 94.45 | 0.00 |
| 147.48 | 0.03 | 98.33 | 0.04 | 98.39 | 0.00 |
| 153.37 | 0.03 | 102.26 | 0.00 | 102.32 | 0.00 |
| 159.27 | 0.02 | 106.19 | 0.00 | 106.26 | 0.00 |
| 165.17 | 0.02 | 110.12 | 0.00 | 110.19 | 0.00 |
| 171.07 | 0.01 | 114.06 | 0.00 | 114.13 | 0.00 |
| 176.97 | 0.01 | 117.99 | 0.00 | 118.06 | 0.00 |
| 182.87 | 0.00 | 121.92 | 0.00 | 122.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.26 | 0.09 | 0.25 | 0.05 | 0.26 | 0.05 |
| 0.52 | 0.16 | 0.50 | 0.10 | 0.52 | 0.10 |
| 0.77 | 0.24 | 0.75 | 0.15 | 0.77 | 0.15 |
| 1.03 | 0.30 | 1.00 | 0.20 | 1.00 | 0.20 |
| 1.29 | 0.32 | 1.25 | 0.20 | 1.25 | 0.20 |
| 1.55 | 0.34 | 1.50 | 0.20 | 1.50 | 0.25 |
| 1.81 | 0.35 | 1.75 | 0.20 | 1.75 | 0.27 |
| 2.06 | 0.37 | 2.00 | 0.25 | 2.00 | 0.30 |
| 2.32 | 0.41 | 2.32 | 0.42 | 2.25 | 0.35 |
| 2.58 | 0.45 | 2.58 | 0.55 | 2.50 | 0.50 |
| 2.84 | 0.51 | 2.84 | 0.66 | 2.75 | 0.70 |
| 3.10 | 0.60 | 3.10 | 0.73 | 3.00 | 1.00 |
| 3.36 | 0.70 | 3.36 | 0.77 | 3.36 | 1.00 |
| 3.61 | 0.87 | 3.61 | 0.81 | 3.61 | 1.00 |
| 3.87 | 1.00 | 3.87 | 0.83 | 3.87 | 1.00 |
| 4.13 | 1.00 | 4.13 | 0.85 | 4.13 | 1.00 |
| 4.39 | 1.00 | 4.39 | 0.87 | 4.39 | 1.00 |
| 4.65 | 1.00 | 4.65 | 0.89 | 4.65 | 1.00 |
| 4.90 | 1.00 | 4.90 | 0.91 | 4.90 | 1.00 |
| 5.16 | 1.00 | 5.16 | 0.95 | 5.16 | 0.99 |
| 5.42 | 1.00 | 5.42 | 0.98 | 5.42 | 0.97 |
| 5.68 | 1.00 | 5.68 | 1.00 | 5.68 | 0.93 |
| 5.94 | 1.00 | 5.94 | 1.00 | 5.94 | 0.87 |
| 6.19 | 0.90 | 6.19 | 1.00 | 6.19 | 0.79 |
| 6.45 | 0.77 | 6.45 | 0.79 | 6.45 | 0.68 |
| 6.71 | 0.64 | 6.71 | 0.27 | 6.71 | 0.52 |
| 6.97 | 0.52 | 6.97 | 0.15 | 6.97 | 0.19 |
| 7.23 | 0.38 | 7.23 | 0.09 | 7.23 | 0.05 |
| 7.48 | 0.26 | 7.48 | 0.04 | 7.48 | 0.02 |
| 7.74 | 0.13 | 7.74 | 0.02 | 7.74 | 0.00 |
| 8.00 | 0.00 | 8.00 | 0.00 | 8.00 | 0.00 |



ECCEL Environnement
Etudes, Conseil et Contrôle en Environnement

8 Avenue de Lavour - 31590 VERFEIL

Tél : 05.61.92.31.59

Fax : 05.17.47.51.62

Mobile : 06.14.42.29.70

contact@eccel-environnement.fr



eaucea
Conseil • Études • Aménagement

72 rue Pierre Paul Riquet, bât A - 31000 TOULOUSE

Tél : 05.61.62.50.68

Fax : 05.61.62.65.68

eaucea@eaucea.fr