



**Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le  
cadre des travaux de Nentilla-Escouloubre  
de 2010-2013.**

**Principaux résultats du suivi 2014.**



L'Aude à l'aval immédiat de l'usine d'Escouloubre.



Version définitive de  
juin 2015

**Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le cadre des travaux de  
Nentilla-Escouloubre de 2010-2013.**

-

**Principaux résultats du suivi 2014.**

Organisme prestataire:

Nom :  **ECOGEA**

Adresse : 10, avenue de Toulouse 31860 PINS-JUSTARET

Téléphone / Fax : 05.62.20.98.24

Contact : [thierry.lagarrigue@ecogea.fr](mailto:thierry.lagarrigue@ecogea.fr)

**SOMMAIRE :**

<b>1. CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE GENERAL DE L'AUDE DANS LA HAUTE VALLEE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET FONCTIONNEMENT DES AMENAGEMENTS</b> .....	<b>3</b>
<b>4. CALENDRIER SUCCINCT DES TRAVAUX (SOURCE EDF)</b> .....	<b>4</b>
<b>5. DECOUPAGE EN TRONÇONS DU SECTEUR D'ETUDE</b> .....	<b>4</b>
<b>6. CHOIX DES STATIONS D'ETUDE</b> .....	<b>6</b>
<b>7. NATURE DES SUIVIS PREVUS EN 2010, 2011, 2012, 2013 ET 2014</b> .....	<b>7</b>
<b>8. PRINCIPAUX RESULTATS DU SUIVI 2014</b> .....	<b>8</b>
<b>8.1. Contexte hydrologique de l'Aude en 2014</b> .....	<b>8</b>
8.1.1. Données issues des stations hydrométriques disponibles sur la Banque Hydro .....	8
8.1.2. Données issues du suivi des niveaux d'eau et des températures réalisé dans les différents tronçons.....	10
8.1.2.1. Matériel et méthodes.....	10
8.1.2.2. Principaux résultats concernant les niveaux d'eau des 4 TCC en 2014 .....	11
8.1.2.3. Principaux résultats concernant le suivi des températures de l'eau en 2014 .....	13
<b>8.2. Suivi des peuplements de macroinvertébrés benthiques</b> .....	<b>15</b>
8.2.1. <i>Méthodologie</i> .....	15
8.2.1.1. Evaluation de l'état biologique .....	15
8.2.1.2. Mesure de la qualité structurale des peuplements .....	16
8.2.1.3. Evaluation de l'état fonctionnel des peuplements .....	16
8.2.2. Présentation des stations d'étude .....	17
8.2.2.1. Station S2 "Combe Beille" .....	17
8.2.2.2. Station S4 "Aval confluence Bruyante" .....	18
8.2.2.3. Station S5 "TCC de Gesse" .....	19
8.2.2.4. Station S6B "TCC de Saint-Georges" .....	20
8.2.2.5. Station S7 "Aval usine de Nentilla".....	21
8.2.3. Principaux résultats.....	23
8.2.3.1. Evaluation de l'état biologique des peuplements .....	23
8.2.3.2. Mesure de la qualité structurale des peuplements .....	24
8.2.3.3. Affinités cénotiques des peuplements.....	27
8.2.3.4. Evaluation de l'état fonctionnel des peuplements étudiés.....	31
8.2.4. Mesure des effets potentiels des travaux sur la faune benthique.....	33
8.2.4.1. Evolution temporelle des indicateurs qualitatifs .....	34
8.2.4.2. Evolution temporelle des indicateurs quantitatifs .....	36
8.2.5. Conclusion concernant les macroinvertébrés benthiques .....	38
<b>8.3. Suivi des peuplements piscicoles</b> .....	<b>39</b>
8.3.1. Pêches électriques d'inventaire.....	39
8.3.1.1. Matériel et méthodes.....	39
8.3.1.2. Avant propos.....	41
8.3.1.3. Principaux résultats.....	43
8.3.1.3.1 Station S3 – Génétique .....	43
8.3.1.3.2 Station S4 – Aval confluence Bruyante .....	44

8.3.1.3.3	Station S5 – TCC Gesse .....	46
8.3.1.3.4	Station S6B – TCC St Georges (Le Clat) .....	47
8.3.1.3.5	Station S7 – Aval Nentilla.....	49
8.3.2.	Evolution des populations de truite depuis 2010.....	51
8.3.2.1.	Abondances totales et abondances de 0+ de truites .....	51
8.3.3.	Evolution des populations de truite depuis 1994.....	52
8.3.3.1.	Station S4-Aval conf. Bruyante .....	52
8.3.3.2.	Station S6B-TCC de Saint-Georges .....	54
8.3.4.	Suivi des frayères actives de truite commune.....	56
8.3.4.1.	Protocole de suivi.....	56
8.3.4.1.1	Nombre de campagnes.....	56
8.3.4.1.2	Définitions du terme frayère .....	56
8.3.4.2.	Stations suivies .....	57
8.3.4.3.	Quantités de granulométrie favorable à la reproduction des truites (SGF) .....	58
8.3.4.4.	Conditions de réalisation des campagnes d'observation .....	58
8.3.4.5.	Principaux résultats et comparaison avec les données antérieures. ....	59
<b>9.</b>	<b>SYNTHESE.....</b>	<b>61</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>62</b>

**ANNEXES**

## **Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le cadre des travaux de Nentilla-Escouloubre de 2010-2013.**

-

### **Principaux résultats du suivi 2014.**

## **1. Contexte général et objectifs de l'étude**

Les travaux au niveau des aménagements de Nentilla-Escouloubre induisent une modification de l'hydrologie de l'Aude habituée à recevoir un débit réservé. Aussi, un suivi des peuplements en place est indispensable pour évaluer les perturbations éventuelles sur le milieu aquatique.

Afin d'observer les effets de l'augmentation de débit dans le tronçon de l'Aude depuis Escouloubre, le suivi était prévu sur 4 années, au niveau de 5 stations :

- Avant les travaux (été-automne 2010),
- Pendant les travaux (été-automne 2011 et 2012) : campagne 2011 si possible avant la remise en service de l'usine d'Escouloubre et campagne 2012 à mener pour bien caractériser les effets des éclusées d'Escouloubre sur les tronçons situés à l'aval,
- Après les travaux (été-automne 2014).

Compte-tenu de retards importants au niveau des travaux, l'usine de Nentilla n'a pu être remise en service comme prévu en 2012 mais seulement de façon partielle mi- juillet 2013 (1 groupe seulement) et totale fin novembre 2013 (2 groupes). Il a donc été décidé de poursuivre le suivi en 2013, puis en 2014.

Le présent rapport synthétise les principaux résultats obtenus au cours de la campagne de suivi 2014.

## 2. Contexte hydrologique général de l'Aude dans la haute vallée

Parmi les différentes stations hydrométriques de l'Aude disponibles sur la Banque Hydro, la plus longue série chronologique existe pour la station n°Y1112010 – L'Aude à Belviannes-et-Cavirac, située en sortie de la zone d'étude (entre la zone d'étude et cette station, le Rebenty est le seul affluent majeur qui conflue en rive gauche de l'Aude).

N° station et dénomination	Y1112010 – L'Aude à Belviannes-et-Cavirac
Producteur	DDTM Aude
BV	692 km <sup>2</sup>
Altitude	303 m
Coordonnées (Lambert II étendu)	X = 588398 ; Y = 1761503
Période de calcul des données de synthèse	100 ans (1914 – 2014)
Module	13.4 m <sup>3</sup> /s

Tableau 1. Principales caractéristiques de la station (source Banque Hydro).

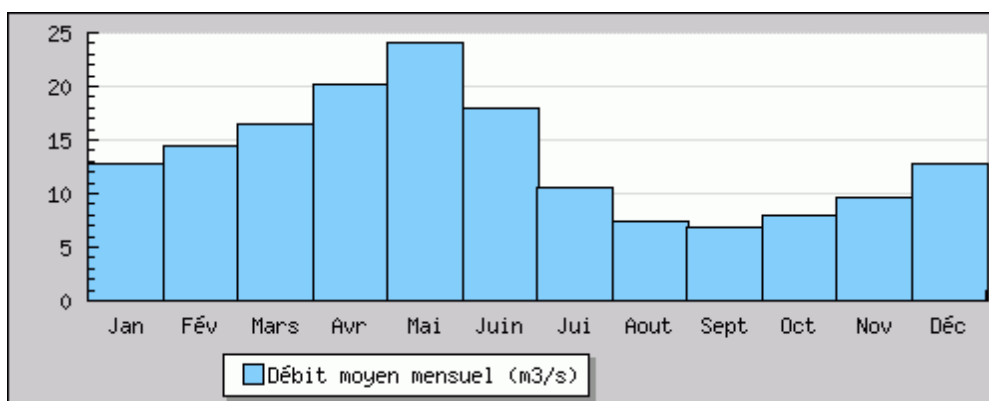


Figure 1. Synthèse des écoulements mensuels (source Banque Hydro).

Le régime hydrologique de l'Aude est de type nivo-pluvial avec deux périodes de débits maxima, l'une en mai (essentiellement liée à la fonte des neiges) et l'autre en hiver (essentiellement liée à la pluie). L'étiage principal est observé en fin d'été.

Toutefois, cette image de l'hydrologie en sortie de la zone d'étude ne doit pas masquer que **le régime hydrologique de l'Aude est fortement influencé du fait de l'implantation des barrages et des prises d'eau, ainsi que de leurs modes d'exploitation**<sup>1</sup>. Pour les tronçons court-circuités, cela se traduit par une augmentation, à la fois de la fréquence d'apparition et de la durée des très bas débits. Pour le tronçon soumis à éclusées à l'aval de l'usine de Nentilla, cela se traduit par des variations artificielles, rapides et fréquentes du niveau des eaux, en liaison notamment avec la demande d'énergie électrique sur le réseau et donc totalement déconnectées des conditions hydro-climatiques naturelles.

<sup>1</sup> Groupe de Travail « Haute Vallée de l'Aude », Mars 2001. Etude du fonctionnement du milieu aquatique de la haute vallée de l'Aude. Tome 1, synthèse des études 1994 à 2000.

### 3. Situation géographique et fonctionnement des aménagements

L'aménagement d'Escouloubre est situé dans la haute vallée de l'Aude, à 20 km à l'amont d'Axat. La centrale, dans sa configuration actuelle, a été mise en service en 1973.

L'aménagement de Nentilla se trouve aussi au bord de l'Aude, plus en aval qu'Escouloubre. La centrale de Nentilla a été mise en service en novembre 1953.

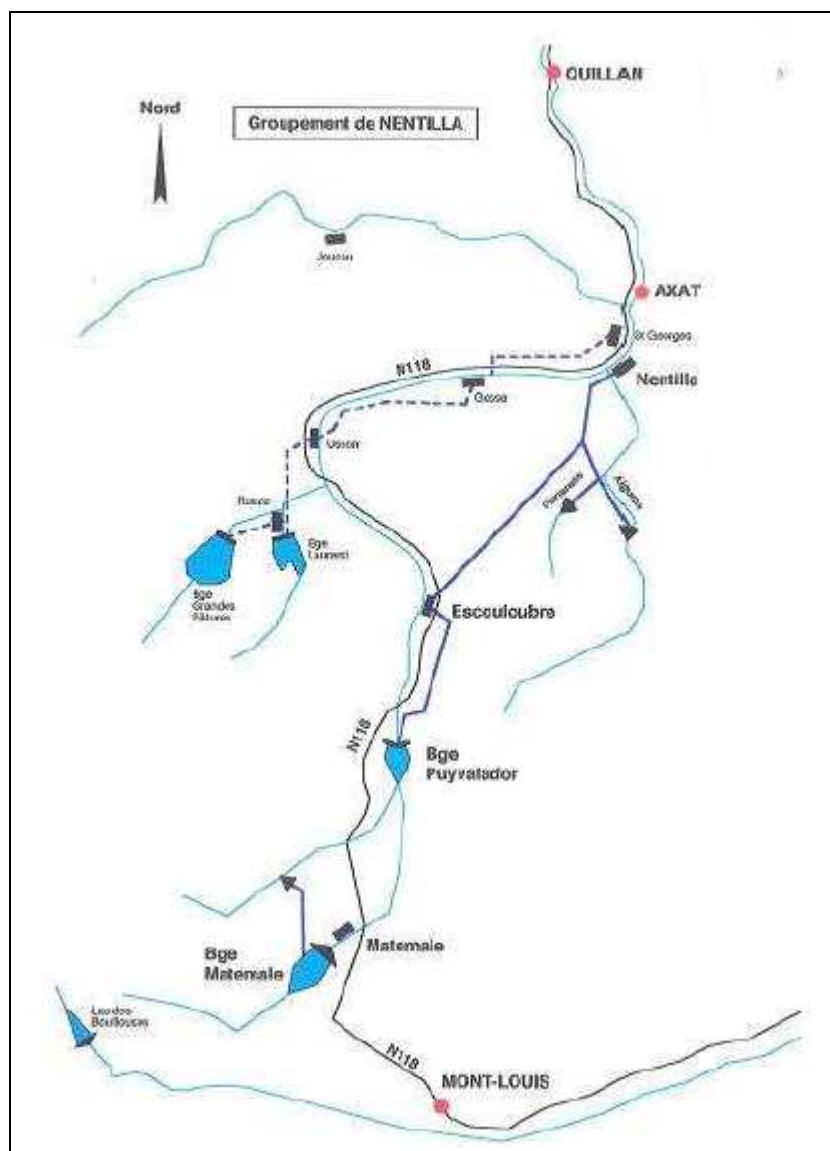


Figure 2. Schéma des principaux aménagements de la haute vallée de l'Aude (source : EDF).

Le bassin de compensation d'Escouloubre sert d'exutoire à la centrale d'Escouloubre et de bassin de mise en charge de la galerie de Nentilla. Il est visible depuis la route départementale D118. La galerie principale de Nentilla démarre de ce bassin pour rejoindre 9,3 km plus loin la conduite forcée de la centrale de Nentilla. Aux deux tiers du parcours, une galerie affluente (branche secondaire alimentée par deux prises d'eau sur les ruisseaux Aiguette et Clarianelle) se connecte sur la galerie principale.

## 4. Calendrier succinct des travaux (source EDF)

Les travaux engagés ont nécessité l'arrêt complet des chutes d'Escouloubre et de Nentilla dès le 01/09/2010 (arrêt des turbinages, condamnation des arrivées d'eau, vidange des galeries et du bassin de compensation d'Escouloubre par la galerie).

Depuis cette date, les débits de l'Aiguette et de la Clarianelle ne sont plus dérivés vers les centrales. Le barrage de Puyvalador a été ouvert par la vanne de fond pour des travaux sur des organes immergés de vidange. Depuis le 01/11/2010, le débit restitué par la vanne de fond de Puyvalador varie aux alentours des 900 l/s.

Jusqu'à l'automne 2011 (28/10/2011), l'usine d'Escouloubre était à l'arrêt et les modifications de régime des eaux dans l'Aude étaient liées aux lâchers depuis Puyvalador. Les variations de débits dans les tronçons court-circuités étaient liées à ces lâchers et aux apports naturels et n'étaient pas gérées par l'outil de production.

A l'automne 2011 (28/10/2011), l'usine d'Escouloubre a été remise en service. Depuis, l'installation d'un déversoir de type "PK-Weir" (en touches de piano) au niveau du bassin de compensation d'Escouloubre a permis de faire fonctionner l'usine d'Escouloubre pendant la durée des travaux sur Nentilla. Aussi, ce dispositif permet, pendant les travaux, de restituer les eaux turbinées à Escouloubre dans l'Aude, par déversements au niveau du déversoir installé à cet effet à Escouloubre au lieu d'être envoyée vers la centrale de Nentilla, **engendrant des débits soutenus (le plus souvent nettement supérieurs aux débits réservés habituels) dans les TCC à l'aval d'Escouloubre.**

Mi-juillet 2013, l'usine de Nentilla a été remise en service partiellement (turbinage uniquement avec 1 groupe). La remise en service complète (turbinage à 2 groupes) est intervenue le 28/11/2013. Depuis cette date, l'Aude a retrouvé son fonctionnement hydrologique d'avant la période de travaux.

## 5. Découpage en tronçons du secteur d'étude

Pour analyser la modification du régime des eaux, le tronçon d'Aude de 30 km qui relie Puyvalador à Nentilla a été divisé en quatre sous-tronçons :

- T0 : de Puyvalador à Escouloubre,
- T1 : d'Escouloubre à la prise d'eau de Gesse,
- T2 : de la prise d'eau de Gesse à la prise d'eau de St Georges,
- T3 : de la prise d'eau de St Georges à Nentilla.



## 6. Choix des stations d'étude

Il était prévu que les 5 stations retenues pour la présente étude (voir Figure 3) soient les mêmes que celles déjà étudiées, soit dans le cadre du Groupe de Travail de la Haute Vallée de l'Aude (HVA – entre 1994 et 2000), soit dans le cadre du Groupe de Travail National « Cellule débits réservés (CQR) ».

Toutefois, à la demande de l'Onema, la station S2B du Carcanet, il est vrai difficile d'accès, a été remplacée par la station suivie dans le cadre du réseau de contrôle et de surveillance de l'Agence de l'Eau RMC située au niveau de « Combe Beille ».

Enfin depuis 2013, **une 6<sup>ème</sup> station** (concernée uniquement par le suivi piscicole - pêches électriques et suivi de frayères de truites) **a été rajoutée dans le tronçon T1** (d'Escouloubre à la prise d'eau de Gesse). Elle se situe à l'aval immédiat d'Escouloubre-les-Bains (lieu-dit Bains-Esparre).

Tronçons	Stations	Compartiment biologique	HVA et CQR							CQR		
			1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 à 2012
T0	S2B	Pêches d'inventaire	x		x	x						
		Frayères		x	x							
		Invertébrés	x	x	x	x						
T1	S4	Pêches d'inventaire	x		x	x	x	x	x	x	x	x
		Frayères		x	x	x	x	x	x	x	x	
		Invertébrés	x	x	x							
T2	S5	Pêches d'inventaire	x		x	x	x	x	x		x	
		Frayères		x	x	x	x	x	x	x	x	
		Invertébrés	x	x	x	x		x	x		x	
T3	S6B	Pêches d'inventaire	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Frayères		x	x	x	x	x	x	x	x	
		Invertébrés										
	S7	Pêches d'inventaire		x								
		Frayères										
		Invertébrés	x	x	x	x		x	x			

Tableau 2. Stations déjà suivies dans les études « Haute vallée de l'Aude » et/ou « Cellule débits réservés (CQR) » et reconduites pour le présent suivi.

### Remarques importantes concernant les stations :

1) Concernant les pêches d'inventaire sur la station S2-Combe Beille, elle est suivie tous les 2 ans dans le cadre du réseau de contrôle et de surveillance de l'Agence de l'Eau RMC. Elle a été suivie par l'Onema en 2007, 2009 et 2011, puis en 2013 par un bureau d'études mandaté par l'Onema. Les résultats de ces pêches seront utilisés pour la présente étude.

2) Concernant les pêches d'inventaire sur les stations S4 et S6B, elles sont pêchées tous les ans par l'ONEMA, avec la participation du personnel d'ECOGEA (suivi S6B pris en charge par l'ONEMA dans le cadre des réseaux DCE et suivi S4 pris en charge par EDF R&D dans le cadre de la poursuite des études du groupe de travail national « Cellule débits réservés »). Les résultats de ces pêches seront utilisés pour la présente étude.

3) Concernant la station S7 à l'aval de l'usine de Nentilla, cette station n'a pu être pêchée qu'une fois dans le cadre des études HVA et la deuxième pêche prévue n'a même pas pu aller à son terme (montée d'eau). En effet, cette station est impossible à pêcher quand l'usine de Nentilla turbine et reste très difficile à pêcher, de par sa morphologie, même en l'absence d'éclusées. En outre, aucun suivi de frayères n'a pu être réalisé sur cette station dans le cadre des études HVA (impossible à réaliser lorsqu'il y a des éclusées et très difficile entre les éclusées qui ont tendance à aplanir les structures qui deviennent rapidement invisibles). Si cela doit bien se passer durant l'arrêt pour travaux à Nentilla, il faudra en revanche être conscients de ces difficultés potentielles quand l'usine de Nentilla sera à nouveau en état de marche.

## 7. Nature des suivis prévus en 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014

L'étude vise à suivre l'évolution inter-annuelle des peuplements aquatiques des différents tronçons de l'Aude, en lien avec l'évolution du milieu engendrée par l'augmentation du débit au niveau d'Escouloubre à partir de l'été 2011.

Afin de connaître les effets sur le milieu aquatique dans sa globalité, les compartiments suivants sont concernés :

- Un suivi des peuplements piscicoles, par pêches d'inventaires, avec une évaluation des classes d'abondance et une analyse détaillée de la structure des populations de truite commune,
- Un suivi des frayères actives de truite commune,
- Un suivi des peuplements de macroinvertébrés aquatiques, par la réalisation d'IBGN DCE (prélèvements selon la norme XP 90-333),
- Un suivi des peuplements de macrophytes aquatiques, par le calcul de l'Indice Biologique Macrophytique Rivières (IBMR),
- Un suivi des peuplements de diatomées, par le calcul de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) et de l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS),
- Un suivi en continu des niveaux d'eau dans les différents tronçons,
- Un suivi en continu de la conductivité, au niveau des zones de travaux où du béton sera manipulé,
- Un suivi de l'accumulation de métaux lourds dans les bryophytes, au niveau des zones de peinture des conduites.

Initialement, quatre années de suivi étaient prévues (en 2010, 2011, 2012 et 2014), au niveau de 5 stations (une dans chacun des 3 tronçons amont et deux dans le tronçon le plus aval). Toutefois, compte-tenu du retard pris concernant le planning des travaux, il a été décidé d'effectuer également un suivi en 2013.

**Le suivi 2010 était sensé constituer l'état initial avant travaux pour les différents compartiments étudiés.** Or, les travaux ont débuté le 01/09/2010, avant que le suivi environnemental n'ait commencé, notamment avec l'arrêt des usines d'Escouloubre et de Nentilla et l'ouverture de la vanne de fond du barrage de Puyvalador. Compte-tenu des modifications du régime hydrologique de l'Aude depuis le début des travaux, **l'état initial avant travaux du milieu aquatique n'a pas pu être réalisé.**

Jusqu'à début novembre 2010, les débits restitués par la vanne de fond de Puyvalador étaient soutenus rendant les prospections dans le respect des normes en vigueur et des préconisations diverses difficiles (pêches électriques seulement sur 3 des 5 stations prévues), voire impossibles (aucune possibilité d'échantillonnage par condition de débits faibles et stables comme prévu par la norme et donc aucune donnée IBGN sur les 5 stations). En conséquence, **le suivi environnemental prévu en 2010 s'avère tronqué.**

Afin d'éviter à nouveau ce genre de problème en 2011, en accord avec les services de l'Etat, il a été demandé à EDF de diminuer le débit de base délivré à partir de l'usine d'Escouloubre pour pouvoir effectuer les suivis dans de bonnes conditions.

Cette démarche a été reconduite en 2012 puis 2013. En 2014, ceci n'a pas été utile puisque les différents tronçons ont retrouvé leur fonctionnement « classique » en débit réservé.

## 8. Principaux résultats du suivi 2014

### 8.1. Contexte hydrologique de l'Aude en 2014

#### 8.1.1. Données issues des stations hydrométriques disponibles sur la Banque Hydro

Les données proviennent de deux stations hydrométriques de l'Aude disponible sur la Banque Hydro à proximité du secteur d'étude.

N° station et dénomination	Y1112010 – L'Aude à Belviannes-et-Cavirac	Y1002020 – L'Aude à Escouloubre (aval)
Producteur	DDTM Aude	DDTM Aude
BV	692 km <sup>2</sup>	178 km <sup>2</sup>
Altitude	303 m	793 m
Coordonnées (Lambert II étendu)	X = 588398 ; Y = 1761503	X = 579760 ; Y = 1748108
Période de calcul des données de synthèse	100 ans (1914 – 2014)	Données disponibles depuis 1994
Module	13.4 m <sup>3</sup> /s	0.398 m <sup>3</sup> /s

Tableau 3. Principales caractéristiques de la station hydrométrique de Belviannes-et-Cavirac (source Banque Hydro).

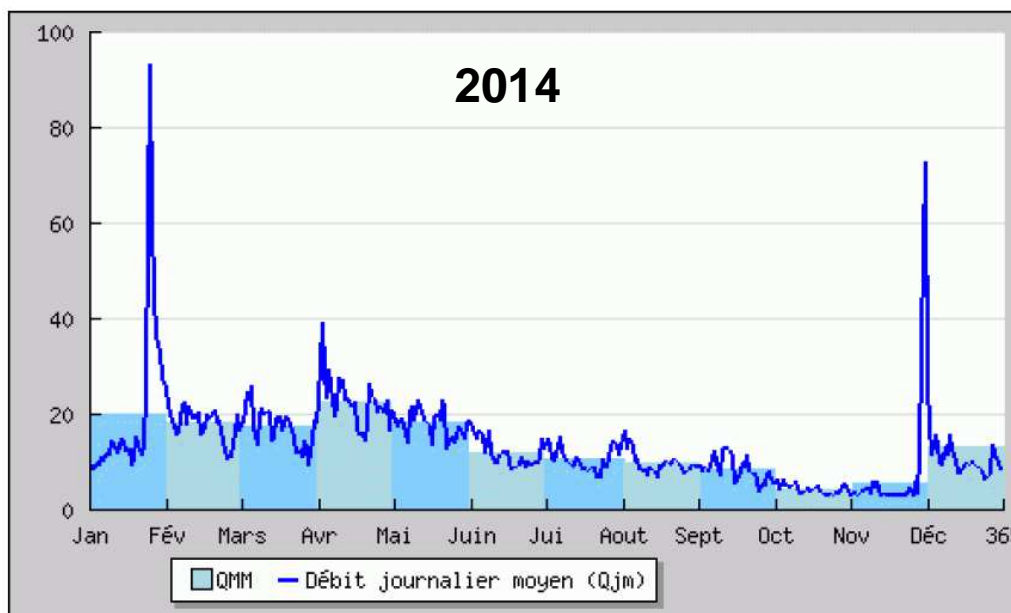


Figure 4. Débits de l'Aude à la station Y1112010 – Belviannes-et-Cavirac en 2014 (Banque Hydro).

Sur l'hydrogramme 2014 de cette station, située en sortie de la zone d'étude (le Rebenty est le seul affluent majeur qui conflue en rive gauche de l'Aude en amont de la station), on peut notamment souligner :

- Que l'année 2014 a débuté avec **une crue de fréquence quinquennale** fin janvier (QMJ de 93 m<sup>3</sup>/s à Belviannes le 25 janvier),

- Quelques coups d'eau entre mars et mai, essentiellement liés à **une fonte nivale qui est restée toutefois modérée cette année**, beaucoup plus qu'en 2013 notamment où elle avait été abondante et s'était prolongée jusqu'à début juillet,
- Une décroissance lente des débits à partir de la mi-juin mais avec des débits estivaux assez soutenus et un étiage décalé en automne jusqu'à fin novembre,
- **Une crue de fréquence intermédiaire entre biennale et quinquennale du 30/11 au 01/12/2014** (QMJ de 73 m<sup>3</sup>/s à Belviannes),
- Un mois de décembre à l'hydrologie plus soutenue que d'octobre à fin novembre.

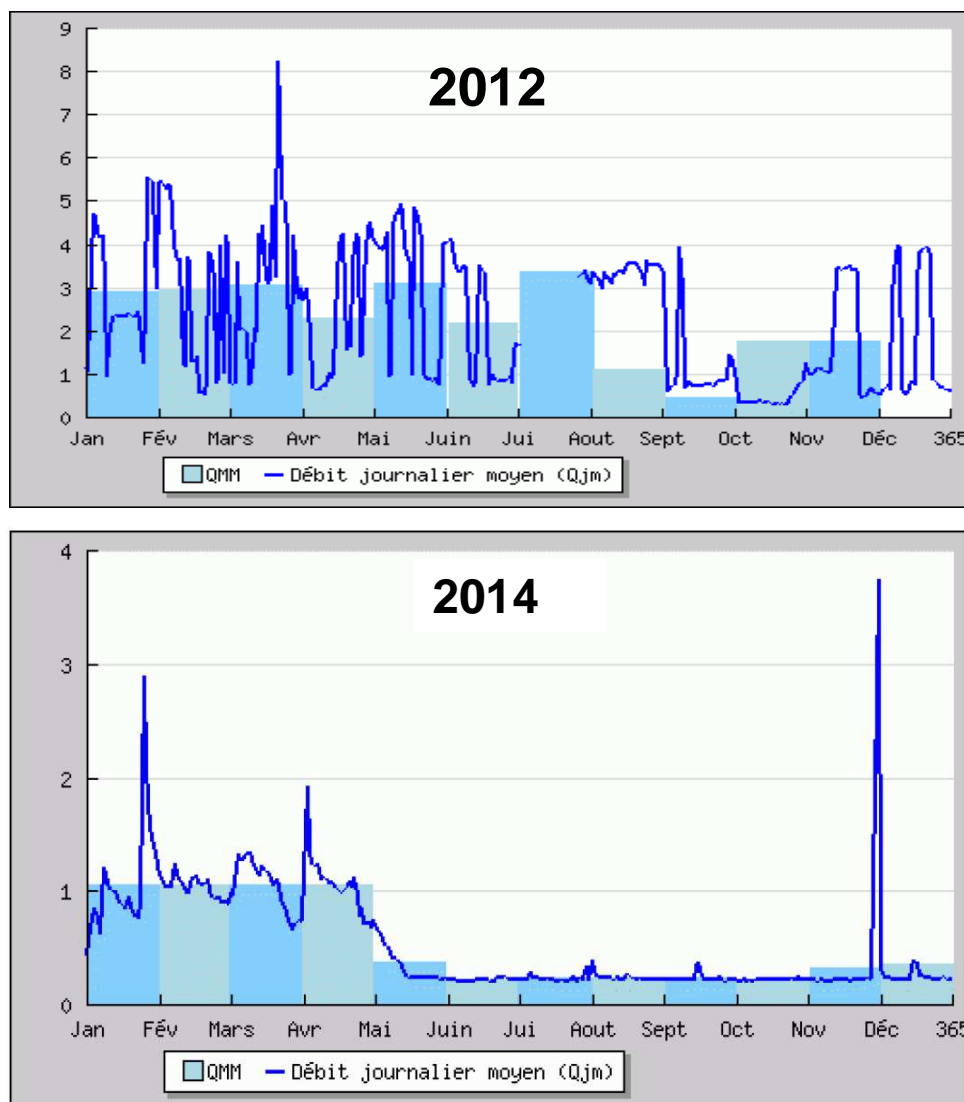


Figure 5. Débits de l'Aude à la station Y1002020 – Escouloubre (aval) en 2012 et en 2014 (Banque Hydro).

Sur la station Escouloubre (aval), située sur l'Aude à l'amont proche de la confluence de la Bruyante, la comparaison des années 2012 et 2014 permet de mettre en évidence la différence de régime hydrologique sur ce tronçon entre la période de travaux (exemple de l'année 2012) et la période après travaux (2014) :

- En 2012, on remarque notamment que les débits turbinés à Escouloubre (de l'ordre de 4 m<sup>3</sup>/s en général) et restitués dans le tronçon aval Escouloubre sont bien visibles, y compris en période de fonte nivale qui n'était pas très importante cette année là

(débit max. de l'ordre de 8 m<sup>3</sup>/s) et que le turbinage est quasi continu entre juillet et septembre pour assurer la campagne « d'eau vive »,

- En 2014, l'aménagement d'Escouloubre fonctionne à nouveau normalement (le débit turbiné à Escouloubre est dérivé pour être returbiné à Nentilla). Ainsi, jusqu'à fin avril-début mai, on retrouve le débit réservé à la prise d'eau sur Aude, augmenté des débits de fonte nivale puis dès la mi-mai, on entre dans une longue période (+ de 6 mois) de débit réservé très stable (lâchers « eau vive » à partir de Nentilla) jusqu'à la crue de fin novembre.

### **8.1.2. Données issues du suivi des niveaux d'eau et des températures réalisé dans les différents tronçons**

#### *8.1.2.1. Matériel et méthodes*

Depuis le 19 janvier 2011, 4 sondes de niveau (modèles SP2TD10A de marque NKE), compensées par la pression atmosphérique, enregistrent en continu (pas de temps de 5 à 10 minutes) les variations de niveau d'eau et la température au niveau des 4 tronçons étudiés, à proximité immédiate des stations de suivi biologique :

- Tronçon T0 : station S2-Combe Beille,
- Tronçon T1 : station S4-Aval confluence Bruyante,
- Tronçon T2 : station S5-TCC Gesse,
- Tronçon T3 : station S6B-TCC St Georges.

Les enregistrements ne sont pas disponibles en continu depuis 2011 sur toutes les stations puisque nous avons eu à déplorer le vol de la sonde du TCC de St Georges (elle a été remplacée le 21/06/2011 – perte des 5 premiers mois de données), ainsi que de celle de la confluence de la Bruyante (remplacée le 14/10/2011 par une sonde non compensée – perte d'environ 6 mois de données). Cette dernière a de nouveau disparu puisqu'elle a été ensevelie sous des gravats lors de la réfection du croisement D118/D16 (route Rouze/Mijanes). Elle a finalement été remplacée par une sonde non compensée le 03/12/2012 (perte d'environ 7 mois de données). Enfin, la sonde du TCC de Gesse a également disparu en 2013 (vol ou perte ?). Elle a été remplacée par une sonde non compensée en septembre 2013.

En 2014, les données de niveaux d'eau sont disponibles sur 3 stations : S2 (TCC Puyvalador) et S6B (TCC St Georges) en continu, S5 (TCC de Gesse) à partir seulement du 10 juin 2014. En ce qui concerne la station S4 (TCC d'Escouloubre), un problème technique au niveau du capteur de pression ne nous permet pas d'exploiter les données de hauteurs d'eau (seules les températures de l'eau sont disponibles sur cette station).

8.1.2.2. Principaux résultats concernant les niveaux d'eau des 3 TCC en 2014

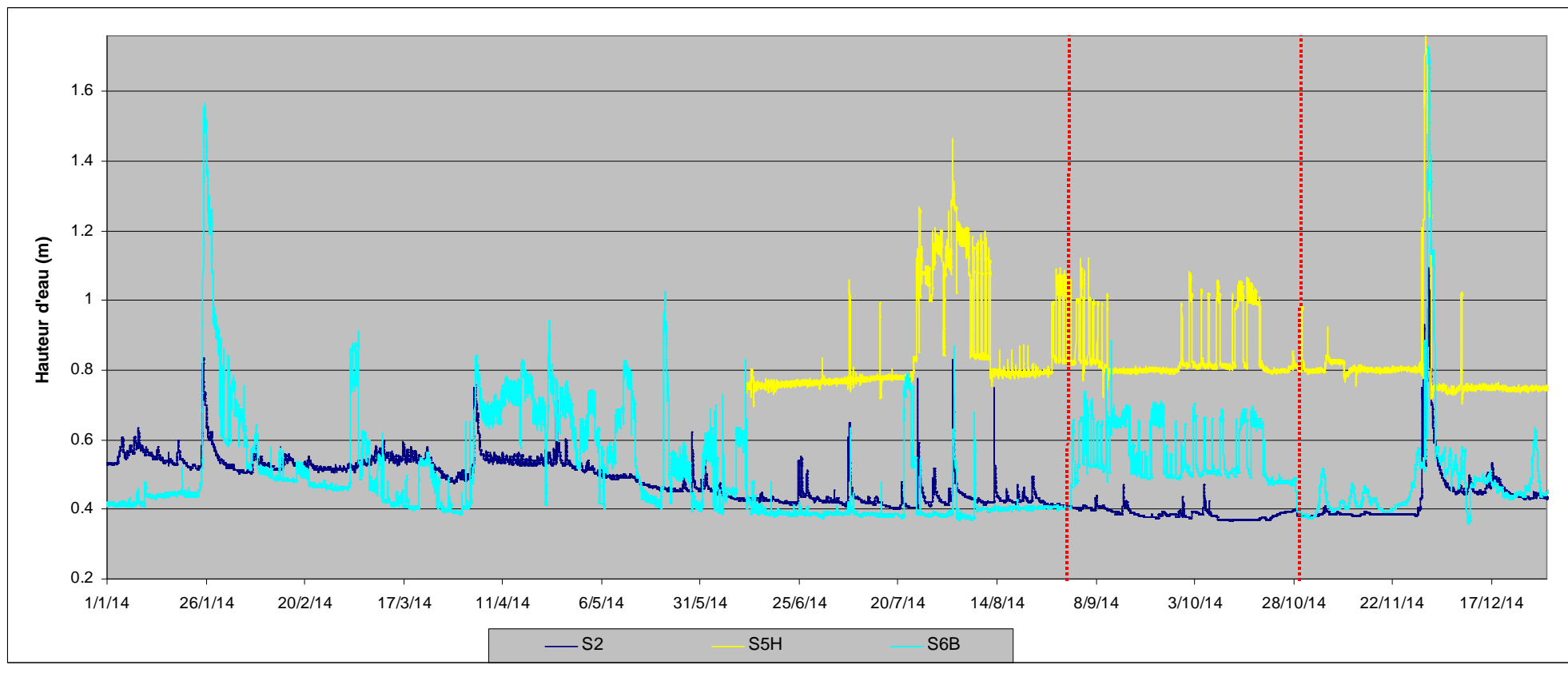


Figure 6. Suivi en continu des variations de niveau d'eau dans les 3 TCC en 2014.

Le TCC le plus stable au niveau hydrologique est celui de Puyvalador (station S2) avec un écrêtage des 2 crues de janvier et décembre 2014 et des niveaux relativement stables le reste de l'année. Durant la fonte des neiges au printemps 2014, les variations de niveau sont ainsi peu marquées dans ce tronçon. On note toutefois 4 coups d'eau très ponctuels mais d'assez forte amplitude entre juillet et la mi-août, que l'on retrouve également sur les TCC plus aval (orages ponctuels ?).

Les variations de niveaux enregistrées dans le TCC de Gesse à partir du 10 juin montrent notamment l'épisode de crue fin novembre, ainsi que 3 périodes de déversements importants à la prise d'eau du 23/07 au 13/08, du 29/08 au 11/09 et du 29/09 au 19/10 (arrêts d'usine ?). En dehors de ces épisodes, le niveau d'eau reste assez stable.

L'allure de l'hydrogramme du TCC de St Georges (station S6B) est, lui aussi, assez classique pour un TCC, avec un débit de base stable (débit réservé) sur lequel se superposent les déversés à la prise d'eau durant les crues hivernales, les coups d'eau durant la fonte et lors d'orages estivaux et les arrêts de l'usine entre début septembre et la fin octobre (débit de base plus élevé + nombreux déversés).

8.1.2.3. Principaux résultats concernant le suivi des températures de l'eau en 2014

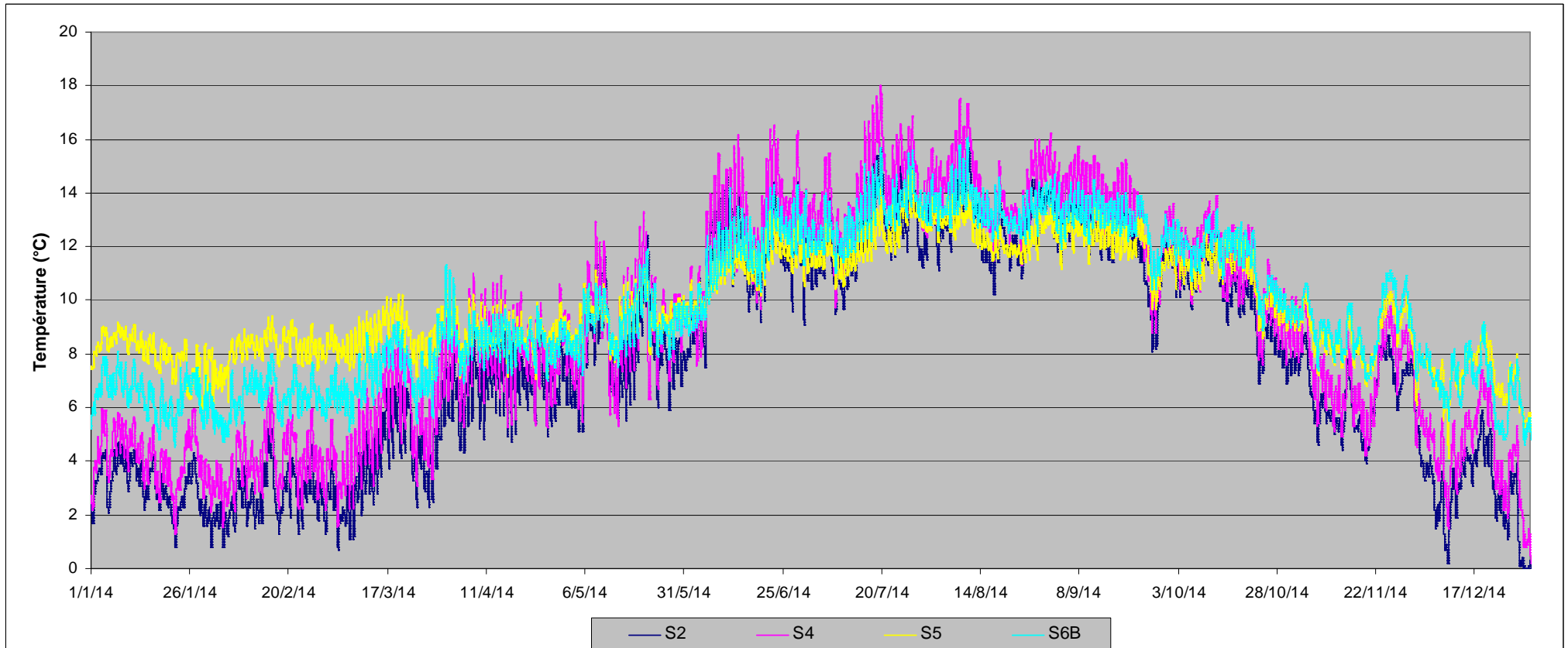


Figure 7. Suivi en continu des variations de température de l'eau des 4 TCC en 2014.

	S2	S4	S5	S6B
T°C moyenne instantanée	7.8	9.0	9.8	9.7
T°C minimale instantanée	0.0	0.2	4.1	4.5
T°C maximale instantanée	15.7	18.0	14.8	16.1

Tableau 4. Températures de l'eau des 4 TCC en 2014.

Le régime thermique de l'Aude enregistré au niveau des 4 TCC est tout à fait compatible avec les exigences thermiques de la truite commune (Tableau 3).

Le tronçon le plus froid est logiquement celui de Puyvalador (station S2) qui est aussi le plus « amont ». Les températures hivernales peuvent y être très rigoureuses et flirtent pendant plusieurs jours avec les 0°C.

A proximité de la confluence de la Bruyante (station S4), le régime thermique est assez proche de celui de la S2 mais reste quand même plus chaud, en particulier en été où les amplitudes thermiques journalières peuvent être importantes sur ce tronçon assez « ouvert » au niveau de la végétation rivulaire et qui subit l'influence de sources d'eau chaudes en amont (au niveau d'Escouloubre les Bains notamment).

Un peu plus en aval, on bascule dans le calcaire et, au niveau de TCC de Gesse (station S5), l'influence karstique se fait très fortement ressentir avec des températures très tamponnées, quelle que soit la saison. Les amplitudes thermiques journalières y sont aussi les plus faibles des 4 tronçons. Sur ce TCC, les températures hivernales restent relativement clémentes par rapport aux 3 autres tronçons alors que les températures estivales sont plus fraîches. Ainsi sur l'année 2014, l'amplitude thermique maximale a été de 10.7°C en S5 contre 11.6°C en S6B, 15.7°C en S2 et 17.8°C en S4.

Le régime thermique du TCC de St Georges est assez proche de celui de Gesse mais l'influence karstique y est beaucoup moins marquée. Ainsi, les eaux y sont plus froides en hiver et plus chaudes en été.

Si les régimes thermiques des 4 TCC sont assez différents le reste de l'année, ils ont tendance à se rapprocher durant la période de fonte des neiges (avril / mai) et en début d'automne.

## **8.2. Suivi des peuplements de macroinvertébrés benthiques**

### **8.2.1. Méthodologie**

Les peuplements de macroinvertébrés benthiques, intégrateurs des altérations de qualité d'eau et d'habitat, ont été étudiés sur l'Aude les 22 et 23 septembre 2014, en conditions de basses eaux.

Les différentes phases de cette étude (prélèvements de macro-invertébrés benthiques, déterminations taxonomiques et évaluation de l'état biologique) ont été réalisées dans le strict respect des normes AFNOR (XP T 90-333 de septembre 2009 et NF XP T 90-388 de juin 2010) ainsi que de la circulaire DCE du 11 avril 2007, visant à rendre compatible l'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) aux exigences de la Directive Cadre Européenne.

Ce nouveau protocole est réalisé dans le but de fournir une image représentative du peuplement d'invertébrés d'une station, en séparant la faune des habitats dominants et des habitats marginaux. Il permet notamment le développement et la mise en oeuvre d'un nouvel indice multi-métrique d'évaluation de l'état biologique et de permettre le calcul, avec une marge d'incertitude acceptable, d'un « équivalent IBGN » qui reste la méthode officielle d'évaluation de l'état écologique jusqu'à l'adoption du nouvel indice.

Pour chaque station, trois listes faunistiques quantifiées ont été ainsi établies avec des abondances par taxon, selon le niveau taxonomique retenu. A partir de ces trois listes, les différentes combinaisons suivantes ont été établies comme le préconise la norme :

- Une liste « équivalente IBGN » (B1+B2),
- Une liste « habitats dominants » (B2+B3),
- Une liste « habitats marginaux » (B1),
- Une liste « faune globale » (B1, B2, B3).

#### **8.2.1.1. *Evaluation de l'état biologique***

Le compartiment « Invertébré » est un des indicateurs biologiques qui joue un rôle essentiel dans l'évaluation de l'état biologique d'une masse d'eau selon la DCE.

Après avoir replacé chaque station d'étude, dans sa masse d'eau et son hydro-écorégion (Référentiel DCE de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse), il a été effectué sur chacune des stations d'étude :

- ⇒ Le calcul de l'équivalent I.B.G.N. et de sa robustesse<sup>2</sup>, notés sur 20, conformément aux prescriptions reprises dans la norme NF T 90-350 de mars 2004 d'après Afnor (2004). Pour chaque station, on détermine la variété taxonomique<sup>3</sup> du peuplement d'invertébrés, ainsi que le groupe faunistique indicateur<sup>4</sup> sur la liste faunistique des bords 1 + 2, ce qui conduit à la note équivalent IBGN.
- ⇒ Une évaluation de l'état biologique au sens de la DCE à partir des équivalents I.B.G.N. observés, sur chaque station d'étude en utilisant comme outils de référence les travaux de Wasson *et al.* (2004) et le guide technique actualisant les règles d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole (2009).

<sup>2</sup> Robustesse = elle permet de mesurer la pertinence de l'équivalent IBGN, en supprimant le premier groupe indicateur de la liste faunistique et en déterminant l'équivalent IBGN avec le groupe indicateur suivant.

<sup>3</sup> Variété taxonomique = nombre total de taxons récoltés dans l'échantillon des bords (1+2), appartenant à une liste finie de 152 taxons (Norme NF T 90-350 de mars 2004).

<sup>4</sup> Groupe faunistique indicateur = taxon le plus polluosensible de l'échantillon (bords 1+2), appartenant à l'un des 9 groupes faunistiques indicateurs (38 taxons répertoriés).

Valeurs seuils équivalent IBGN	≥16	15 - 14	13 - 10	9 - 6	≤ 5
Classification Etat biologique	<b>Très bon état</b>	<b>Bon état</b>	<b>Etat moyen</b>	<b>Etat médiocre</b>	<b>Mauvais état</b>

Tableau 5. Limites de classe de l'équivalent IBGN pour les cours d'eau des rangs 1 à 4 de l'HER 1 Pyrénées

- ⇒ Le calcul du Ratio de Qualité Ecologique (RQE) demandé par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau pour chaque équivalent IBGN, d'après Wasson *et al.* (2004). C'est le rapport de la valeur I.B.G.N. observé sur sa valeur de référence (l'I.B.G.N. de référence a été défini pour chaque hydro-écorégion et chaque ordre de drainage). Ce ratio (RQE) exprime donc un écart à la référence. Il varie de 0 pour la valeur minimale à 1 pour la valeur de référence.

### 8.2.1.2. Mesure de la qualité structurelle des peuplements

- ⇒ Une estimation de l'abondance (biomasse globale et densité) et une description de la composition taxonomique de chaque peuplement d'invertébrés ont également été effectuées.
- ⇒ L'indice de Shannon-Weaver (H) a été calculé sur chacune des listes faunistiques génériques obtenues. Il mesure la diversité du peuplement. Sa formule est la suivante :  $H = - \sum ((ni/N) \cdot \log_2(ni/N))$  ; avec ni : l'effectif du taxon i , i allant de 1 à S (variété taxonomique totale) et N : l'effectif total. Sa valeur varie de 0 (H minimal, un seul taxon présent) à  $\log_2 S$  (H maximal, tous les taxons ont la même abondance). Généralement, un indice supérieur à 3 témoigne d'une bonne diversité du peuplement.
- ⇒ L'indice d'Equitabilité (E) a été calculé. Il mesure l'état d'équilibre du peuplement. C'est le rapport de H sur  $H_{max}$ . Cet indice varie de 0 à 1. Il est maximal quand les taxons du peuplement ont des abondances identiques. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur un seul taxon.
- ⇒ Les affinités taxonomiques et de structure des peuplements aux stations d'étude ont été étudiées. L'indice de Jaccard a été utilisé pour mesurer le degré de similitude des peuplements en prenant en compte la présence et l'absence des différents taxons. Il permet de comparer les richesses faunistiques entre elles. Sa formule est :  $I = Nc / (N1 + N2 - Nc)$  ; avec Nc : nombre de taxons communs aux stations 1 et 2 et N1 et N2 : nombre de taxons présents respectivement aux stations 1 et 2. L'indice varie de 0 à 1. L'indice de Whittaker-Fairbanks a été également calculé pour mesurer le degré de similitude des peuplements sous l'aspect de leur structure propre (en tenant compte de la présence et de la proportion de chacun des taxons). Cet indice se calcule par la formule suivante :  $I.W = 100 - 0,5 \sum (|xi - yi|)$  ; où xi et yi sont les pourcentages du taxon i dans les échantillons x et y. L'indice varie de 0 à 100.

### 8.2.1.3. Evaluation de l'état fonctionnel des peuplements

- ⇒ Une exploitation des traits bio-écologiques les plus pertinents d'après Tachet *et al.* (2000) a été réalisée afin de mieux cerner les effets potentiels liés aux travaux au niveau des aménagements de Nentilla-Escouloubre sur le compartiment invertébré.

## **8.2.2. Présentation des stations d'étude**

Les stations choisies sont les mêmes que celles retenues pour les autres suivis biologiques.

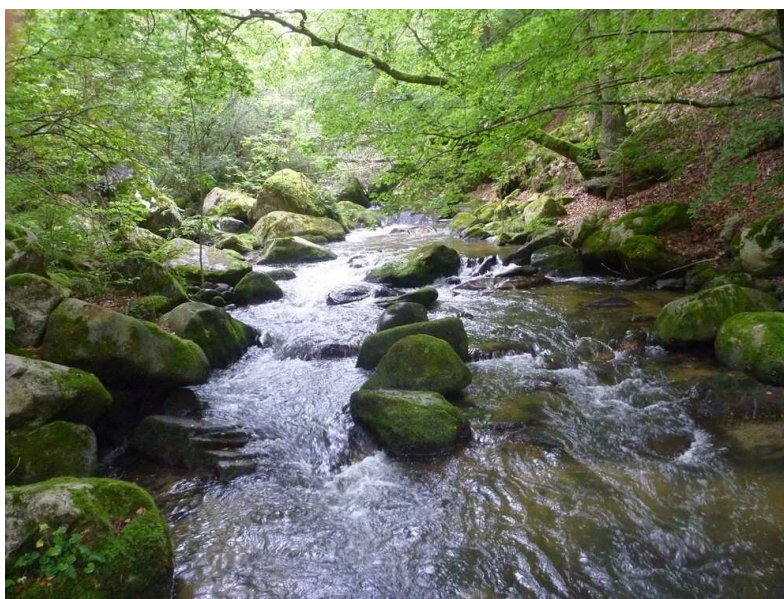
### **8.2.2.1. Station S2 "Combe Beille"**

La station S2 est représentative du tronçon court-circuité de l'usine d'Escouloubre. Elle est sous l'influence de la retenue de Puyvalador. Elle est située dans la masse d'eau FRDR203 selon le référentiel DCE, et elle fait partie de l'Hydroécocorégion « HER 1 – Pyrénées » d'après Wasson *et al.*, (2004). Le secteur de cours d'eau considéré est d'ordre 3 (méthode de Strahler, 1952). Selon la correspondance Ordre de drainage - zonation de Illies et Botosaneanu (1963), ce secteur de cours d'eau appartient au métarhithral.

Station S2	
Altitude (m)	1000 m
Largeur mouillée moyenne (m)	8,3 m
Hydrologie à la station le jour du prélèvement	Qr Puyvalador + quelques apports

Tableau 6. Caractéristiques hydromorphologiques de la station S2

**Les prélèvements d'invertébrés ont été effectués en conditions de débit stable (Qr délivré à Puyvalador + quelques apports). Le régime hydrologique est resté stable (condition de débit réservé) durant presque 6 mois avant l'échantillonnage.**



Vue vers l'amont de la station S2

D'après les relevés de terrain et des caractéristiques hydrodynamiques, l'Aude à cet endroit est une rivière torrenticole de moyenne montagne à régime nival de transition. Les faciès d'écoulement sont diversifiés, constitués de rapides, cascades, escaliers, plats courants. La granulométrie assez variée est dominée par les gros blocs, les petits blocs et les galets.

Au vu des conditions stationnelles, l'Aude devrait héberger un peuplement d'invertébrés typique du rhithral supérieur (rivière de moyenne montagne), constitué d'une grande majorité d'organismes à phase de dispersion aérienne (groupes d'insectes Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères et Diptères), rhéophiles (adaptés à la vie dans le courant) et largement polluosensibles.

La situation apicale de cette station par rapport aux autres stations d'étude lui confère d'un point de vue des facteurs « température de l'eau » et « altitude » des conditions hydroclimatiques particulières. Au sein du peuplement, il est possible de trouver des organismes à tendance alticoles et sténothermes d'eau froide atteignant ici leur limite inférieure de répartition altitudinale.

Enfin, étant donné la configuration de la station (influence directe de la retenue de Puyvalador, tronçon court-circuité), il est possible également d'observer des altérations dans la qualité et la composition du peuplement.

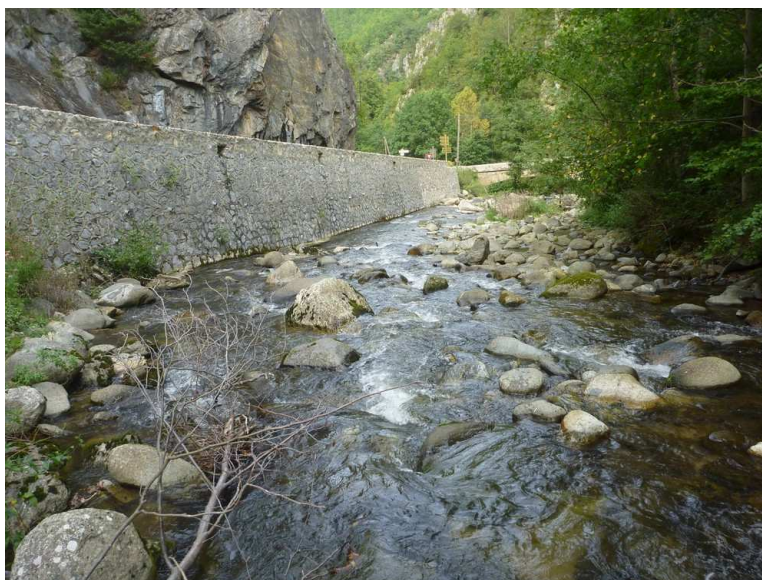
#### 8.2.2.2. Station S4 "Aval confluence Bruyante"

La station S4 est représentative de la fin du tronçon situé à l'aval de l'usine d'Escouloubre. Elle est également sous l'influence de la retenue de Puyvalador. Elle est située dans la masse d'eau FRDR203 selon le référentiel DCE. Elle fait partie de l'Hydroécocorégion « HER 1 – Pyrénées ». Le secteur de cours d'eau considéré est d'ordre 3, appartenant au métarhithral.

	Station S4
Altitude (m)	800 m
Largeur mouillée moyenne (m)	10,5 m
Hydrologie à la station le jour du prélèvement	Qr Puyvalador + Qr Bruyante + quelques apports

Tableau 7. Caractéristiques hydromorphologiques de la station S4

**Les prélèvements d'invertébrés ont été effectués en conditions de débit stable ( $Q_{\text{réservé}}$  délivré à Puyvalador +  $Q_{\text{réservé}}$  Bruyante + quelques apports). Les conditions de débit ont été assez stables depuis plus de six mois sur ce tronçon.**



Vue vers l'aval de la station S4

La station est représentative d'un secteur de cours d'eau aménagé par la présence d'un carrefour routier (berges artificialisées, routes en rive gauche et rive droite, pont).

L'Aude à cet endroit est une rivière torrenticole de moyenne montagne à régime nival de transition. Les faciès d'écoulement sont moyennement diversifiés, constitués de rapides,

plats escaliers et plats courants. La granulométrie assez variée est dominée par les gros blocs, les petits blocs et les galets.

Au vu des conditions stationnelles, l'Aude devrait héberger un peuplement d'invertébrés typique du rhithral supérieur (rivière de moyenne montagne), constitué d'une grande majorité d'organismes à phase de dispersion aérienne (groupes d'insectes Plécoptères, Epheméroptères, Trichoptères et Diptères), rhéophiles (adaptés à la vie dans le courant) et largement polluosensibles.

Par rapport à la S2, la situation plus ouverte de cette station (faible couvert végétal, ensoleillement plus important) et la présence d'une confluence à l'amont immédiat (la Bruyante) devraient diversifier le réseau trophique ainsi que la composition du peuplement d'invertébrés avec la présence d'organismes de typologie un peu plus basale.

Enfin, étant donné la configuration de la station (influence directe des retenues de Puyvalador et du Laurenti, tronçon court-circuité), il est possible également d'observer des altérations dans la qualité et la composition du peuplement.

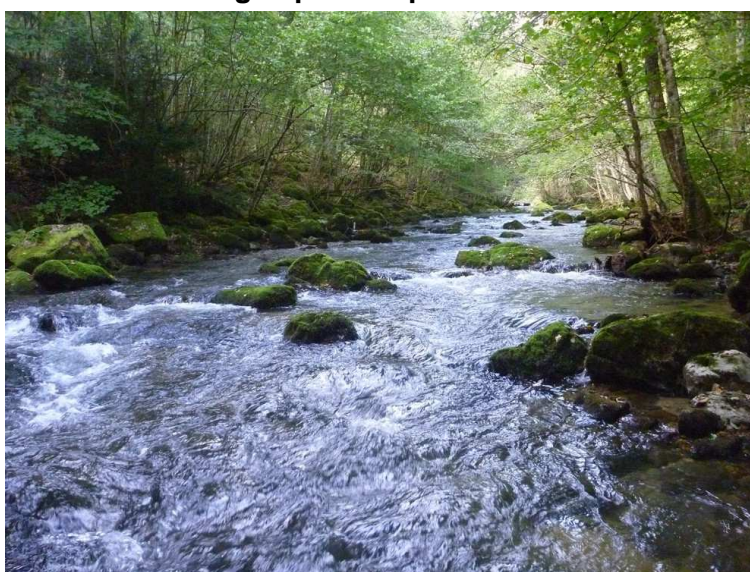
### 8.2.2.3. Station S5 "TCC de Gesse"

La station S5 est représentative de la fin du tronçon court-circuité de l'usine de Gesse. Elle est située dans la masse d'eau FRDR203 selon le référentiel DCE. Elle fait partie de l'Hydroécocorégion « HER 1 – Pyrénées ». Le secteur de cours d'eau considéré est d'ordre 3 et appartient au métarhithral.

		Station S5
Altitude (m)		575 m
Largeur mouillée moyenne (m)		10,8 m
Hydrologie à la station le jour du prélèvement		Q réservé + apports

Tableau 8. Caractéristiques hydromorphologiques de la station S5

**Les prélèvements d'invertébrés ont été effectués en condition de basses eaux (débit réservé + apports). Les niveaux d'eau sont restés stables dans le tronçon court-circuité de Gesse durant une longue période précédant l'échantillonnage.**



Vue vers l'amont de la station S5

D'après les relevés de terrain et la documentation, l'Aude sur ce secteur, traverse un système karstique (Réserve naturelle de la grotte du TM 71 et « siphon de Gesse »). Tout au long de cette traversée, il y a des pertes d'eau mais aussi des résurgences qui alimentent le cours d'eau et modifient significativement la physico-chimie de l'Aude (ses eaux se chargent en sels dissous, faisant augmenter notamment la conductivité)

Ces modifications physico-chimiques des eaux de l'Aude entraînent des changements dans la nature et la qualité du peuplement d'invertébrés qui était jusque là inféodé à des eaux plutôt acides et faiblement minéralisées, et donc peu productives.

Les observations de terrain montrent déjà un changement de l'environnement stationnel aquatique et terrestre. Ci-dessous la présence d'une fougère calcicole : *Phyllitis scolopendrium* (L.)



Sur l'ensemble du secteur d'études, cette station présente le taux de recouvrement en bryophytes le plus important au sein de sa mosaïque fluviale.

Les faciès d'écoulement restent moyennement diversifiés avec des rapides, des radiers variés, et des plats.

**Les conditions environnementales stationnelles ont changé et sont différentes de celles des stations amont S2 et S4.** L'Aude devrait donc héberger ici un peuplement d'invertébrés aux caractéristiques différentes, avec notamment l'apparition d'organismes appréciant des eaux à tendance calcicole et la disparition progressive de la communauté benthique exclusivement calcifuge et à tendance alticole.

#### 8.2.2.4. Station S6B "TCC de Saint-Georges"

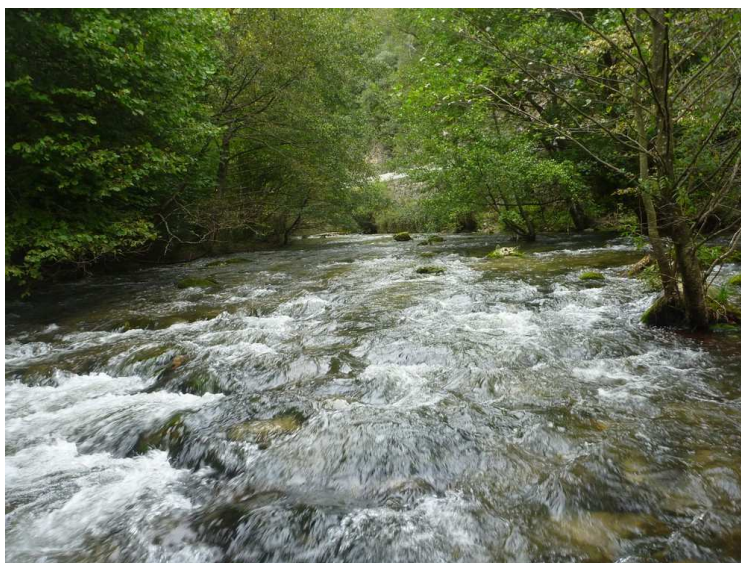
La station S6B est représentative de la fin du tronçon court-circuité de la prise d'eau de Saint-Georges. Elle est située dans la masse d'eau FRDR203 selon le référentiel DCE. Elle fait partie de l'Hydroécocorégion « HER 1 – Pyrénées ». Le secteur de cours d'eau considéré est d'ordre 3 et appartient au métarhithral.

	Station S6B
Altitude (m)	470 m
Largeur mouillée moyenne (m)	12,4 m
Hydrologie à la station le jour du prélèvement	Q > Q réservé

Tableau 9. Caractéristiques hydromorphologiques de la station S6B

**Les prélèvements d'invertébrés ont été effectués en condition de basses eaux mais à un débit supérieur au débit réservé réglementaire (léger déversement à la prise d'eau**

de Saint-Georges). Les conditions de débit avant échantillonnage n'ont donc pas été d'une grande stabilité.



Vue vers l'amont de la station S6B

L'Aude sur cette station est une rivière de moyenne montagne au cours rapide. La mosaïque d'habitats est dominée par les substrats minéraux d'érosion (gros blocs, petits blocs, galets) dans des vitesses moyennes superficielles assez fortes.

Les faciès d'écoulement sont diversifiés, constitués de rapides, plats escaliers, plats courants et plats. La granulométrie assez variée est toujours dominée par les gros blocs, les petits blocs et les galets.

Au vu des conditions stationnelles, l'Aude devrait héberger un peuplement d'invertébrés typique du rhithral supérieur (rivière de moyenne montagne), constitué d'une grande majorité d'organismes à phase de dispersion aérienne (groupes d'insectes Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères et Diptères), rhéophiles (adaptés à la vie dans le courant) et largement polluosensibles.

L'évolution physico-chimique des eaux de l'Aude occasionnée par la traversée d'un système karstique en S5, se prolonge vers l'aval. Les eaux de l'Aude mieux minéralisées et donc plus productives devraient se faire ressentir sur l'aspect quantitatif et qualitatif du peuplement d'invertébrés.

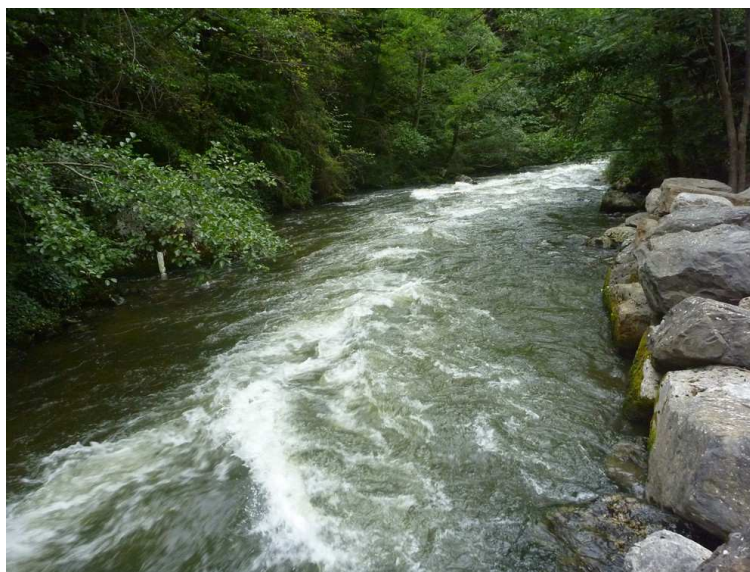
#### 8.2.2.5. Station S7 "Aval usine de Nentilla"

La station S7 localisée à l'aval de l'usine de Nentilla, est représentative d'un tronçon soumis à éclusées. Elle est située dans la masse d'eau FRDR203 selon le référentiel DCE. Elle fait partie de l'Hydroécocorégion « HER 1 – Pyrénées ». Le secteur de cours d'eau considéré est d'ordre 4 appartenant à un secteur de transition entre le métarhithral et l'hyporhithral.

	Station S7
Altitude (m)	435 m
Largeur mouillée moyenne (m)	<b>10,0 m</b>
Hydrologie à la station le jour du prélèvement	<b>Q &gt; Q plancher</b>

Tableau 10. Caractéristiques hydromorphologiques de la station S7

**Malgré l'arrêt des turbinés à Nentilla, les prélèvements d'invertébrés ont été effectués en condition de débit supérieur au débit plancher (déversés à Saint-Georges). Les conditions de débit ont été instables avant échantillonnage (turbinage par éclusées des eaux de la retenue de Puyvalador à l'usine de Nentilla).**



Vue vers l'aval de la station S7

La station est représentative d'un secteur de cours d'eau aménagé par la présence d'un croisement de routes (berges artificialisées, route en rive droite, pont).

Ce secteur se caractérise par un resserrement du lit et une pente forte. L'Aude est toujours une rivière torrenticole de moyenne montagne. Les faciès d'écoulement sont moyennement diversifiés, constitués de rapides, plats escaliers et plats profonds courants. La granulométrie peu variée est nettement dominée par les gros blocs et les petits blocs.

Au vu des conditions stationnelles, l'Aude devrait héberger un peuplement d'invertébrés typique du rhithral supérieur (rivière de moyenne montagne), constitué d'une grande majorité d'organismes à phase de dispersion aérienne (groupes d'insectes Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères et Diptères), rhéophiles (adaptés à la vie dans le courant) et largement polluosensibles.

Sur ce secteur, il devrait normalement s'amorcer un changement de biocénotype (secteur de transition métarhithral/hyporhithral, cours d'eau d'ordre 4) et donc de la biocénose associée (présence d'organismes de typologie plus basale). Toutefois, la présence de conditions morpho-dynamiques torrentielles sur ce tronçon de l'Aude n'est pas favorable à ce type d'évolution.

Enfin, étant donné la configuration de la station, sous l'influence directe des éclusées en provenance de l'usine de Nentilla, il est possible également d'observer des altérations dans la qualité et la composition du peuplement.

### 8.2.3. Principaux résultats

#### 8.2.3.1. Evaluation de l'état biologique des peuplements

Les évaluations de l'état biologique du secteur d'étude par l'équivalent IBGN selon la DCE sont synthétisées ci dessous :

	S2	S4	S5	S6B	S7
	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014
Variété taxonomique selon l'IBGN	38	44	30	30	34
Classe de variété	11	12	9	9	10
Groupe indicateur	9	9	9	9	9
Taxon indicateur	<b>Perlidae</b>	<b>Perlidae</b>	<b>Perlidae</b>	<b>Perlidae</b>	<b>Perlidae</b>
Equivalent IBGN	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Robustesse	19	20	16	15	17
Classe de variété référence de l'HER 1	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
GFI de référence de l'HER 1	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
IBGN de référence de l'HER 1	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
Ratio de Qualité Ecologique	1.13	1.19	1.00	1.00	1.06
Etat biologique DCE <sup>5</sup>	<b>Très bon état</b>	<b>Très bon état</b>	<b>Très bon état</b>	<b>Très bon état</b>	<b>Très bon état</b>

Tableau 11. Evaluation de l'état biologique par l'équivalent IBGN selon la D.C.E

**Comme en 2013, en 2014 selon les termes de la DCE, on observe une qualité biologique qui atteint le très bon état sur toutes les stations étudiées.**

Les peuplements en place sont polluosensibles avec un Groupe Faunistique Indicateur (GFI) de 9 égal à la référence pour toutes les stations d'après Wasson *et al.* (2004). Toutefois, on constate **un gradient décroissant de la polluosensibilité des peuplements, de l'amont vers l'aval.**

Sur les stations les plus apicales S2 et S4, le taxon indicateur appartenant à la famille des *Perlidae* (*g. Perla* et *Dinocras*) est assez robuste, conforté par la présence de la famille des *Perlodidae* (*g. Isoperla* et *g. Perlodes*). Alors que sur **les autres stations S5, S6B et S7, le taxon indicateur (*Perlidae* du *g. Perla*) n'est plus conforté par un autre taxon du même GFI.** En conséquence, **les notes IBGN présentent de plus faibles robustesses.**

Aussi, ces résultats permettent de différencier deux groupes de stations sur le secteur d'étude :

- 1) **Les stations S2 « Combe Beille » et S4 « Aval Confluence Bruyante » représentatives des deux tronçons étudiés les plus amont (T0 et T1).**

Ces deux stations présentent des Equivalents IBGN de 19 et 20/20, supérieurs à l'IBGN de référence de l'HER 1 « Pyrénées ».

<sup>5</sup> Code couleur de la classification de l'état écologique (Guide technique des règles d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole, mars 2009).

Les peuplements en place sont bien diversifiés avec une variété taxonomique (selon l'IBGN) de 38 familles en S2 et 44 familles en S4, ce qui explique les classes de variété élevées de 11 à 12 retrouvées sur ces stations.

Les Ratios de Qualité Ecologique (RQE) demandés par la DCE sont nettement supérieurs à 1 et traduisent des équivalents IBGN supérieurs à la référence d'après Wasson *et al.* (2004).

**Selon la DCE, ces deux stations hébergent des peuplements benthiques conformes aux communautés caractéristiques des cours d'eau des rangs 1 à 4 des Pyrénées.**

2) **Les stations S5 « TCC de Gesse », S6B « TCC de Saint-Georges » et S7 « Aval usine de Nentilla » représentatives des tronçons les plus aval (T2, T3).**

Ces stations présentent un Equivalent IBGN toujours plus faible que celles du secteur amont mais qui atteint cette année l'IBGN de référence. Les notes indicielles varient de 17/20 pour S5 et S6B à 18/20 pour S7.

Ce sont les classes de variétés de 9 à 10 relevées sur ces stations, plus faibles que celles observées au sein des peuplements du secteur amont, qui expliquent ces résultats. La baisse significative de cette métrique d'une à trois classes, traduit la présence d'une biocénose sur les tronçons aval nettement moins diversifiée. On compte en moyenne une perte de 10 familles IBGN au sein de la faune benthique des tronçons T2 et T3 par rapport à celle en place sur le secteur amont.

Les RQE demandés par la DCE atteignent tout juste la référence (Wasson *et al.*, 2004).

**Selon la DCE, ces trois stations hébergent des communautés benthiques conformes aux communautés de référence des cours d'eau des rangs 1 à 4 des Pyrénées.**

En conclusion, on peut retenir dans cette analyse que les classes de variété (diversités taxonomiques selon l'IBGN) qui évoluent de 12 à 9 selon les stations d'études, présentent une forte variabilité (écart maximum de 14 taxons IBGN, soit 3 classes, entre S4 et S5), révélant **la présence de conditions habitationnelles inégales entre stations.**

**Par rapport aux résultats IBGN de l'année 2013, on observe une richesse taxonomique similaire des peuplements en place aux stations. La stabilité de cet indicateur est à l'image des indices IBGN qui restent stables et permettent d'atteindre le très bon état biologique sur toutes les stations.**

8.2.3.2. *Mesure de la qualité structurelle des peuplements*

	S2	S4	S5	S6B	S7
	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014
Variété taxonomique totale* (genre)	54	61	41	43	48
Variété taxonomique totale (famille)	38	44	31	32	35
Densité moyenne (ind./m <sup>2</sup> )	5 275	14 345	17 697	15 910	7 832
Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	6.7	24.3	23.8	27.8	17.2

\*Certains genres non demandés par la norme XP T90-388 figurent dans le calcul de la variété taxonomique totale.

Tableau 12. Nombre de taxons, densité totale et biomasse d'invertébrés benthiques pour chaque station.

En septembre 2014, il n'existe toujours pas de gradient naturel d'augmentation de la diversité globale de l'amont vers l'aval. On observe comme chaque année, à la même époque, une **baisse brutale de la richesse taxonomique** entre S4 (44 familles pour 61 unités taxonomiques) et S5 (31 familles pour 41 unités taxonomiques). **Puis, on assiste à une augmentation progressive de la diversité jusqu'en S7** (48 unités taxonomiques)

Comme les années précédentes, les abondances d'invertébrés sont toujours très inégales entre stations. **Elles sont toujours les plus fortes dans les TCC de Gesse et de Saint-Georges**, où l'Aude traverse un système karstique (densité moyenne de 17 000 ind./m<sup>2</sup> pour une biomasse moyenne de 25,0 g/m<sup>2</sup>)

Cette année, **les valeurs d'abondance en invertébrés relevées à la station S4, située à l'amont de la prise d'eau de Gesse, sont équivalentes à celles des stations plus basales du système karstique S5 et S6B.**

La station S2 (TCC d'Escouloubre) la plus apicale, héberge le peuplement d'invertébrés le moins abondant en densité comme en biomasse (densité de 5 275 ind./m<sup>2</sup> pour une biomasse de 6,7 g/m<sup>2</sup>)

Enfin, sur la S7 (aval usine de Nentilla), l'abondance d'invertébrés benthiques est moins importante que dans les TCC de Gesse et de Saint-Georges. **Cette station héberge globalement 2 fois moins d'invertébrés.**

	S2	S4	S5	S6B	S7
	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014
Indice de Shannon (H)	3.89	4.29	1.54	2.49	2.99
Equitabilité (E)	0.68	0.73	0.29	0.46	0.54

Tableau 13. Evaluation des indices de structure

Alors que sur les stations les plus apicales (S2 et S4), les biocénoses sont bien structurées comme en témoignent les bonnes valeurs des indices d'Equitabilité et de Shannon, **les édifices benthiques des stations plus aval (S5, S6B et à un degré moindre S7) présentent un déséquilibre marqué** (H de 1,54 à 2,99 et E de 0,29 à 0,54), ce qui indique **la prolifération d'un ou plusieurs taxons.**

**Comme pour les années précédentes, ce sont toujours les stations S5 « TCC de Gesse » et S6B « TCC de Saint-georges » qui hébergent les peuplements d'invertébrés les plus déséquilibrés dans leur structure.**

En conclusion, des différences significatives sont observées au sein de la structure des peuplements, permettant d'opposer deux groupes de stations :

- **les deux stations les plus apicales S2 et S4** qui se caractérisent par des peuplements bien diversifiés (de 38 à 44 familles pour 54 à 61 taxons) et bien structurés (H de 4,29 à 3,89 et E de 0,68 à 0,73),

- **les trois stations basales S5, S6B et S7** qui hébergent des communautés d'invertébrés moins bien diversifiées (de 31 à 35 familles pour 41 à 45 taxons) et moins bien structurées (H de 1,54 à 2,99 et E de 0,29 à 0,54).

**Par contre, d'un point de vu quantitatif (densité et biomasse), le benthos en S4 s'est rapproché de ceux des stations S5 et S6B situées en aval de la prise d'eau de Gesse.**

	<b>S2</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6B</b>	<b>S7</b>
	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014	09/2014
PLECOPTERES	20.3	25.7	0.7	0.8	3.9
TRICHOPTERES	27.7	27.1	2.5	10.0	9.2
EPHEMEROPTERES	9.0	17.0	3.9	6.2	7.9
COLEOPTERES	6.1	6.3	4.0	2.5	4.6
DIPTERES	34.5	21.2	3.4	24.6	17.7
PLANIPENNES				0.01	
CRUSTACES			78.6	48.7	47.5
MOLLUSQUES	0.1	1.0	3.7	5.0	5.6
OLIGOCHETES	1.6	1.3	0.3	0.5	1.3
ACHETES	0.4	0.02		0.02	0.04
TRICLADES	0.2	0.2	2.7	1.7	1.4
NEMATODES		0.1		0.01	0.1
HYDRACARIENS	0.1	0.3		0.03	0.1
HYDROZOAIRE					0.7

Tableau 14. Composition taxonomique (% d'effectifs récoltés)

Comme pour les suivis passés, on observe deux types de peuplement qui s'opposent suivant les stations :

- 1) Un premier type de peuplement présent sur les stations les plus apicales S2 et S4 dans lequel on trouve **tous les grands groupes d'insectes à phase de dispersion aérienne normalement attendus dans un rhithral supérieur, pour compenser la dérive**, avec par ordre d'importance :

Les Trichoptères (27,1 à 27,9% des effectifs), essentiellement représentés par la famille *Brachycentridae* (*g. Micrasema*) avec le duo *Micrasema minimum* et *Micrasema longulum*, la famille *Hydropsychidae* (*g. Hydropsyche*) et la famille *Rhyacophilidae* (*g. Rhyacophila* et *g. Hyporhyacophila*) ;

Les Diptères (21,2 à 34,5% des effectifs), avec notamment la famille des *Simuliidae* (25% en S2, 10% en S4) ;

Les Plécoptères (20,3 à 25,7% des effectifs), avec notamment la famille des *Nemouridae* (*g. Protonemura*, *g. Nemoura*) ;

Enfin les Ephéméroptères (9,0 à 17,0% des effectifs), dominés par la famille *Baetidae* (*g. Baetis*) avec notamment l'espèce *Baetis alpinus* et par la famille *Heptageniidae* avec principalement les *g. Epeorus* et *Rhithrogena*.

- 2) Un deuxième type de peuplement présent sur les stations les plus basales S5, S6B, et S7, dominé par des **groupes d'invertébrés à vie purement aquatique avec notamment l'apparition du groupe des Crustacés qui devient dominant au sein de ces communautés** :

Ces crustacés sont représentés par des amphipodes de la famille des *Gammaridae* et du genre *Gammarus* (*sp. G. pulex*) ;

D'autres groupes à vie purement aquatique sont également mieux représentés sur les trois tronçons les plus aval : Les Triclades *Planariidae* du genre *Polycelis* (principalement

*Polycelis felina*) qui représentent 1,4 à 2,7% des effectifs ; les Mollusques avec la famille des *Ancylidae* (sp. *Ancylus fluviatilis*) qui constituent 3,6 à 5,6% des effectifs.

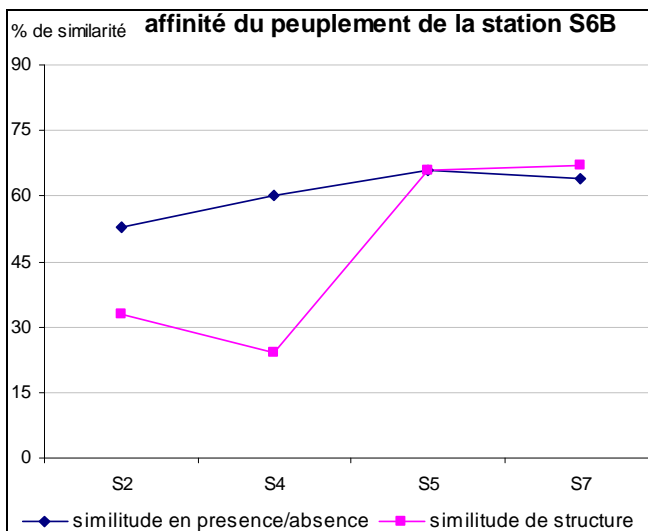
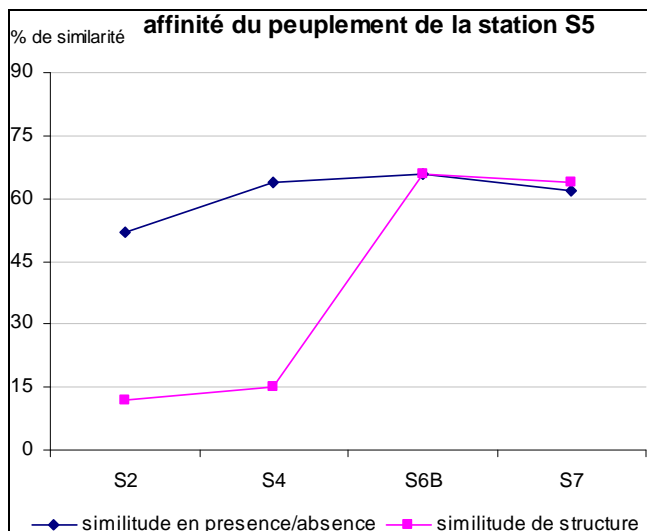
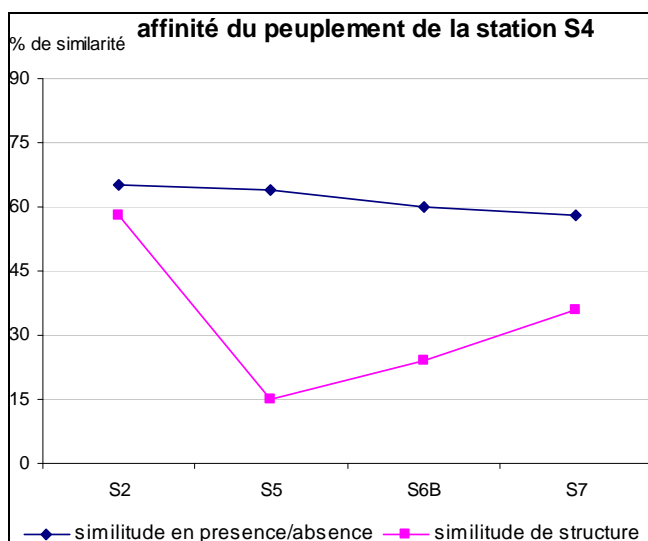
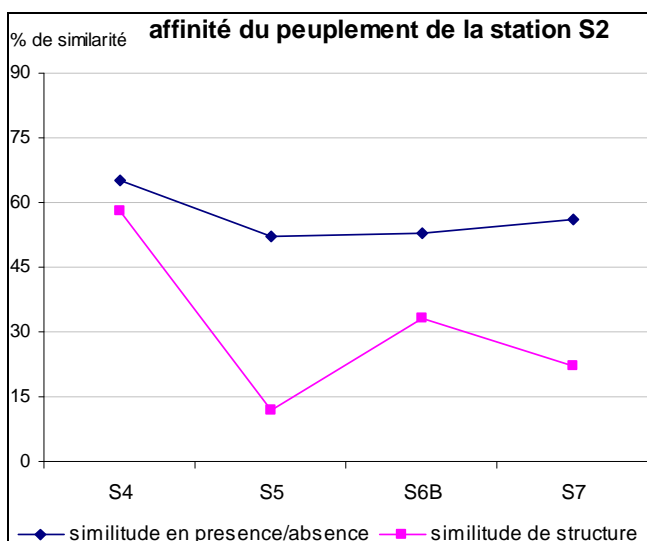
Notons que sur ces trois stations, en septembre 2014, l'Amphipode *Gammarus pulex* représente 47% (S7) à 79% (S5) des effectifs totaux récoltés.

Pour expliquer la dynamique de la population du Crustacé, on peut évoquer deux facteurs dont les effets sont certainement favorables à cette espèce :

- 1) Un échantillonnage précédé d'une période de débit stabilisé dans les TCC, semble être plus favorable au développement du Crustacé,
- 2) En période automnale, certains taxons aussi prolifiques que les gammars, tels que les Diptères *Simuliidae* et *Chironomidae* (SF. *Orthocladinae*), sont beaucoup moins abondants au sein de la faune benthique. Une fois ces espèces estivales compétitives pour la ressource trophique disparues, les Amphipodes s'en trouvent certainement favorisés.

### 8.2.3.3. Affinités cénotiques des peuplements

Les affinités taxonomiques et structurelles ont été calculées ci-après pour l'ensemble des stations d'étude.



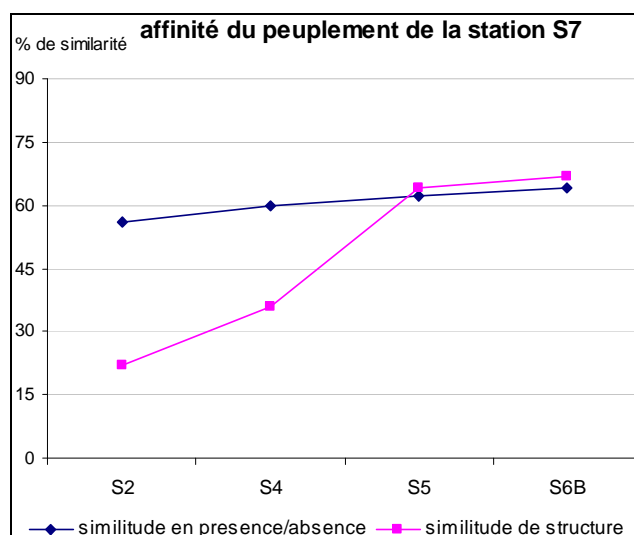


Figure 8. Similitudes qualitatives et quantitatives entre les stations

Comme pour les années précédentes, **cette analyse individualise et précise l'existence de deux types de peuplements sur le secteur d'étude.**

Ainsi, les stations les plus apicales S2 « Combe Beille » et S4 « Aval confluence Bruyante » présentent des peuplements à forte similarité qualitative (65%) et structurelle (58%).

Ces communautés s'individualisent des peuplements les plus aval des stations S5, S6B et S7 avec lesquelles elles possèdent seulement de 12 à 36% d'affinité structurelle pour 52 à 64% de similarité taxonomique.

Les caractéristiques communes aux peuplements en S2 et S4 sont :

**- La présence d'une communauté de Plécoptères la plus abondante et la plus diversifiée (12 taxons identifiés)**

On dénombre en septembre 2014, au moins 9 espèces en S2 (*Leuctra sp.*, *Pachyleuctra sp.*, *Nemoura sp.*, *Protonemura beatensis*, *Isoperla sp.*, *Perlodes microcephalus*, *Dinocras cephalotes*, *Perla marginata* et *Brachyptera sp.*) et 10 espèces en S4 (*Siphonoperla torrentium*, *Leuctra sp.*, *Nemoura sp.*, *Protonemura beatensis*, *Amphinemura sp.*, *Isoperla sp.*, *Dinocras cephalotes*, *Perla marginata* et *Taeniopteryx hubaulti*).

A partir de la S5, et pour l'ensemble du secteur d'étude situé à l'aval, **les populations de Plécoptères diminuent significativement et certains taxons disparaissent** (g. *Perlodes*, g. *Dinocras*, g. *Pachyleuctra*, g. *Brachyptera*, g. *Amphinemura*). Seulement 7 taxons ont été récoltés sur l'ensemble des stations S5, S6B et S7 : *Leuctra sp.*, *Nemoura sp.*, *Protonemura beatensis*, *Isoperla sp.*, *Siphonoperla torrentium*, *Perla marginata* et *Taeniopteryx hubaulti* dont certains en très faibles effectifs.

**- Un peuplement de Trichoptères dominé le plus souvent par la famille des *Brachycentridae* et le genre *Micrasema*** (sp. *Micrasema minimum* et *Micrasema longulum*).

Ces trichoptères ne sont plus retrouvés dans les TCC de Gesse et de Saint-Georges mais aussi à l'aval de l'usine de Nentilla.

**- Une communauté d'Ephéméroptères la plus diversifiée.**

On dénombre 8 genres (g. *Baetis*, g. *Torleya*, g. *Serratella*, g. *Ephemera*, g. *Ecdyonurus*, g. *Epeorus*, g. *Rhithrogena* et g. *Habroleptoïdes*) sur S4 et 6 genres sur S2 contre seulement 4 à 5 genres récoltés sur les stations situées en aval de la prise d'eau de Gesse. **Les**

populations d'Ephémères diminuent fortement et pour certaines d'entre elles (*g. Serratella*, *g. Torleya*, *g. Ephemera*), disparaissent totalement sur les stations basales S5, S6B, et S7.

Les caractéristiques communes aux peuplements des stations S5, S6B et S7 :

- Un peuplement global dominé par le groupe des Crustacés et la famille des *Gammaridae* (*sp. Gammarus pulex*),
- Des populations de Mollusques (*sp. Ancylus fluviatis*) et de Triclades (*sp. Polycelis felina*) qui augmentent de manière significative par rapport aux stations S2 et S4,
- Une meilleure représentativité des Trichoptères *Glossosomatidae* (*sp. Agapetus fuscipes*, *sp. Glossosoma boltoni*).

Ainsi, selon un gradient amont-aval, on observe un changement soudain de la structure et de la qualité des peuplements invertébrés de l'Aude. Le tableau ci-dessous présente la comparaison 2 à 2 des stations se succédant sur le profil longitudinal de l'Aude.

	S2	S4	S5	S6B	S7
Altitude (m)	1000	800	575	470	435
Similitude en présence/absence (%)	65	61	65	66	
Similitude en structure (%)	58	15	66	67	

Tableau 15. Affinités cénotiques entre les 5 stations situées sur le profil longitudinal de l'Aude

Habituellement, les affinités cénotiques (indices de similitudes) entre deux stations se succédant le long du profil longitudinal d'un cours d'eau sont relativement fortes ce qui traduit la progressivité du remplacement des espèces de l'amont vers l'aval, et ce malgré les changements de conditions abiotiques intervenant entre chaque station (d'après Vinçon, 1987). Sur la zone d'étude, les similarités qualitative et structurelle entre les stations S2-S4, S5-S6B et S6B-S7 sont importantes. Néanmoins, on observe **une brusque diminution de l'indice de similarité structurelle entre S4 et S5 (seulement 15% de similarité structurelle)**

Ces divergences entre les stations S4 et S5 reflètent le contraste faunistique important entre le premier secteur comprenant les stations S2 à S4 et un second secteur représenté par les stations S5 à S7.

**Sur la portion de l'Aude étudiée, la logique de remplacement progressif des espèces selon un gradient longitudinal entre les stations S4 « Aval confluence Bruyante » et S5 « TCC de Gesse » n'est donc pas respectée.**

Notons que la diminution de l'altitude est progressive entre S4 et S5. **Ce facteur n'est donc pas responsable du contraste faunistique observé entre les deux peuplements** qui se succèdent sur le linéaire de l'Aude. Il semblerait qu'une combinaison de deux facteurs expliquent cette interruption dans la distribution longitudinale des invertébrés de l'Aude au niveau du TCC de Gesse :

- 1) **Un changement du contexte géologique et donc de substratum entre les stations S4 et S5.**

L'Aude qui s'écoule en effet sur un socle cristallin de type schisto-granitique sur les tronçons amont (S2, S4) traverse à partir de Gesse, un système karstique (Réserve naturelle de la grotte du TM 71). Des résurgences alimentent le cours d'eau et modifient sa physico-chimie.

Les eaux de l'Aude deviennent donc plus alcalines (augmentation du pH) et plus productives en se chargeant en éléments dissous (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>....).

Ces modifications des conditions physico-chimiques de l'Aude favorisent sur les 3 stations les plus basales (S5, S6B et S7) le développement d'espèces à tendance calciphiles telles que *Gammarus pulex*, *Baetis lutheri* ou bien encore *Ancylus fluviatilis*. Les Mollusques et les Crustacés sont en effet réputés être des organismes ayant des besoins spécifiques en calcium pour l'élaboration de leur carapace et coquille.

A contrario d'autres espèces bien présentes sur le secteur amont, deviennent très rares sur le secteur aval. Ce sont pour la plupart des espèces à tendance acidiphiles tel que *Alainites muticus*, *Micrasema longulum*, *Micrasema minimum* ou bien encore *Dinocras cephalotes*.

2) **La présence à la fois d'un barrage et d'un siphon karstique naturel situé 3 km en amont de la station S5 qui entonne le débit réservé.**

La retenue de Gesse et son barrage fait obstacle aux écoulements de la rivière. **Le phénomène de dérivation, un des processus importants de colonisation par l'amont de la faune benthique, est bloqué (sédimentation de la faune dérivante dans la retenue).**

De plus, les eaux de l'Aude qui sortent au pied du barrage (débit réservé), sont ensuite entonnées dans un siphon naturel. Celles-ci ne ressortent que 400 mètres plus bas ce qui provoque l'assèchement régulier du lit mineur notamment en fin de période estivale et à l'automne. **Le secteur aval de l'Aude et sa faune benthique est donc en partie isolé du secteur amont. Seule une colonisation en provenance de l'amont par vol aérien est possible.**

**Cette interruption totale (retenue + siphon) de la dérivation accentue certainement le contraste faunistique observé entre les peuplements amont (S2, S4) et les peuplements situés à l'aval de la prise d'eau de Gesse (S5, S6B et S7).**

Dans le TCC de Gesse, l'Aude qui se reconstitue progressivement 400 m en aval du siphon naturel, est donc comme un « nouveau milieu », isolé presque totalement de l'amont selon les saisons, et qui se rapproche des conditions de vie que l'on peut trouver dans des ruisseaux et résurgences calcaires. Ce secteur héberge une biocénose moins diversifiée, inféodée à de nouvelles conditions environnementales liées au système karstique. Les espèces dominantes telles que le Crustacé *Gammarus pulex*, le Triclade *Polycelis felina* ou bien le Trichoptère *Agapetus fuscipes* apprécient les eaux froides calcaires. *Gammarus pulex*, espèce ubiquiste, profite notamment des niches écologiques vacantes pour proliférer. Cette espèce très abondante sur le secteur, mais également sur les petits affluents connectés au cours principal de l'Aude, est une proie de choix pour le Triclade *Polycelis felina*, prédateur essentiellement de Gammarus selon Patee (1981).

### 8.2.3.4. Evaluation de l'état fonctionnel des peuplements étudiés

En fonction des objectifs visés, et des premiers résultats obtenus, les traits bio-écologiques les plus pertinents des peuplements ont été étudiés sur la base des définitions de Tachet *et al.*, (2000).

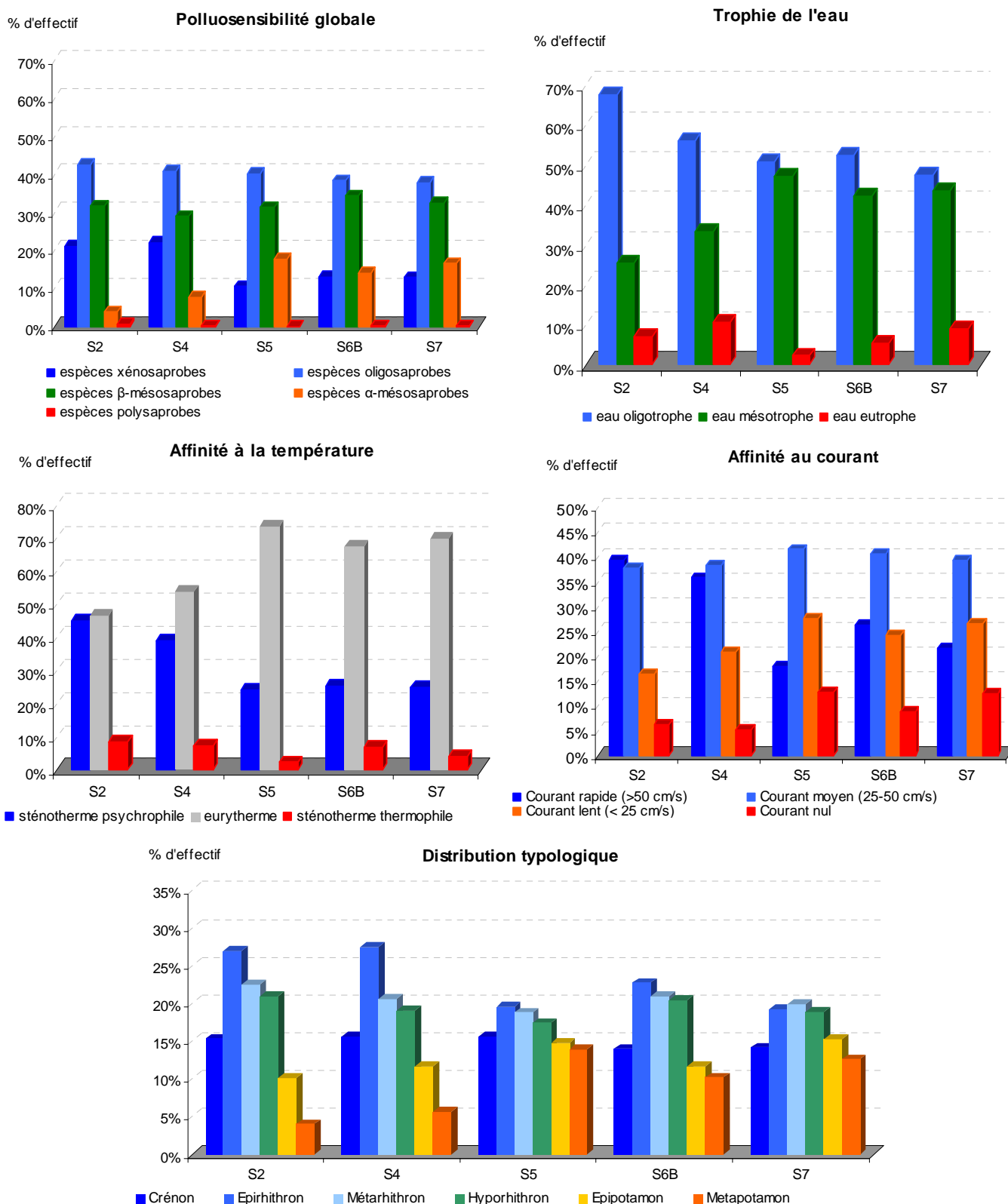


Figure 9. Principaux traits bio-écologiques des peuplements d'invertébrés benthiques du secteur d'étude

### Analyse de la distribution typologique

**Même si les peuplements d'invertébrés de l'ensemble des stations d'étude sont caractéristiques des communautés du rhithron supérieur, on devine une succession longitudinale des peuplements d'invertébrés de l'Aude.** On observe effectivement de l'amont vers l'aval, une baisse progressive de la communauté benthique caractéristique du rhithron supérieur.

Les stations S2 et S4, les plus apicales (altitudes 1000 et 800 m) de moyenne montagne, hébergent les communautés les plus caractéristiques du rhithron supérieur (49% et 48% d'affinité). Elles sont également les plus riches en espèces montagnardes dont une des espèces centrales, *Baetis alpinus* est très bien représentée. Certaines espèces typiques du rhithron sont exclusivement présentes sur ce secteur (*Crunoecia irrorata*, *Taeniopteryx hubaulti*, *Micrasema morosum*, *Micrasema longulum*, *Micrasema minimum*, *Alainites muticus*, *Dinocras cephalotes*).

Les stations S5, S6B et S7 (altitudes respectives de 575, 470 et 435 m) hébergent des communautés de typologie un peu plus basale avec 44% à 39% d'organismes inféodés au rhithron supérieur. Sur ces stations, alors que *Baetis alpinus* est devenu bien plus rare, les populations des Trichoptères *Rhyacophila meridionalis*, *Glossosoma boltoni*, *Agapetus fuscipes*, des Ephéméroptères *Baetis lutheri* et *Baetis rhodani*, sont globalement mieux représentés et caractérisent ce secteur plus aval de l'Aude.

### Analyse de l'affinité au courant

**La majorité des communautés en place aux stations présentent un préférendum pour des vitesses de courant moyennes (vitesse de courant 25 à 50 cm/s).**

On constate tout de même que les stations les plus apicales et les plus torrentielles S2 et S4, présentent les peuplements les plus rhéophiles (36 à 39% d'affinité pour les courants rapides > 50 cm/s). On peut citer les Trichoptères *Micrasema longulum* et *Micrasema minimum*, les Diptères *Simuliidae* et *Blephariceridae*, les Ephéméroptères des genres *Epeorus* et *Rhithrogena*.

A partir de la station S5, on observe **une baisse du groupe des taxons les plus rhéophiles** (18 à 26% d'affinité pour les courants rapides > 50 cm/s) et **une augmentation nette du groupe des taxons à affinité pour des courants plus modérés**. Les taxons caractéristiques sont *Gammarus pulex*, *Ancylus fluviatilis*, *Polycelis felina*, *Glossosoma boltoni* et *Agapetus fuscipes*.

C'est ce même groupe de taxons qui apprécie les conditions de milieu particulières qui règnent en S5, dans le TCC de Gesse, secteur d'étude le plus proche des arrivées d'eaux souterraines calcaires.

### Analyse de l'affinité à la température

**Tout au long du secteur d'étude, la communauté des organismes sténothermes (sensibles aux fortes variations de températures) psychrophiles (affinité pour des eaux froides) qui caractérise le rhithron supérieur d'un cours d'eau de moyenne montagne, est bien représentée.** On note par exemple sur l'ensemble du secteur d'études, la présence d'espèces inféodés aux eaux froides telles que *Baetis alpinus* et *Rhyacophila tristis*.

Mais c'est surtout sur la station S2, située plus en altitude, que l'on observe la plus forte abondance en organismes appréciant des eaux froides (45% des effectifs récoltés). Le peuplement ici héberge les plus fortes populations en espèces montagnardes tel que *Baetis alpinus*, *Alainites muticus*, *Habroleptoides berthelemyi*, *Micrasema morosum*, *Micrasema longulum*, *Micrasema minimum*, *Pachyleuctra benllochii*...

Trophie de l'eau et polluosensibilité à une pollution organique

**Enfin, sur l'ensemble du secteur d'étude, les communautés benthiques analysées ont une affinité pour des eaux oligotrophes** (eaux faiblement chargées en éléments nutritifs comme l'azote ou le phosphore) et sont constitués en majorité d'espèces oligosaprobies (faiblement résistantes à une pollution organique).

**Au final, cette analyse fait ressortir quelques différences fonctionnelles entre les peuplements amont (stations S2 et S4) et ceux des stations plus aval S5, S6B et S7, sans toutefois pouvoir les relier à des causes anthropiques.**

#### **8.2.4. Mesure des effets potentiels des travaux sur la faune benthique**

Les travaux au niveau des aménagements de Nentilla-Escouloubre ont conduit à une restitution de débits, évacués directement depuis Puyvalador dans un premier temps puis turbinés à Escouloubre, dans un tronçon de l'Aude habituellement en situation de débit réservé.

**N'ayant pas d'état initial avant travaux sur le compartiment invertébré**, cette analyse n'a pu être effectuée auparavant. A l'heure actuelle, les travaux sont terminés et l'ensemble des usines hydroélectriques ont été remises en service.

Pour mesurer les effets potentiels des travaux sur les communautés benthiques, nous avons volontairement divisé la zone d'étude en 2 secteurs plus homogènes en fonction des affinités des peuplements, de manière à s'affranchir autant que possible de l'influence des conditions naturelles :

- Un premier secteur constitué des tronçons T0 (S2) et T1 (S4),
- Un deuxième secteur constitué des tronçons T2 (S5) et T3 (S6B et S7).

Les perturbations occasionnées par les travaux sont essentiellement d'ordre hydrologique. Dans cette analyse, pour mesurer les effets d'une telle perturbation, nous avons étudié l'évolution temporelle sur quatre ans (2011/2012/2013/2014) des paramètres qualitatifs (diversité taxonomique et richesse EPTC) et des facteurs structurels (densité totale, abondance EPTC et biomasse) des peuplements benthiques en place aux stations.

### 8.2.4.1. Evolution temporelle des indicateurs qualitatifs

#### ⇒ Diversité taxonomique et richesse EPTC

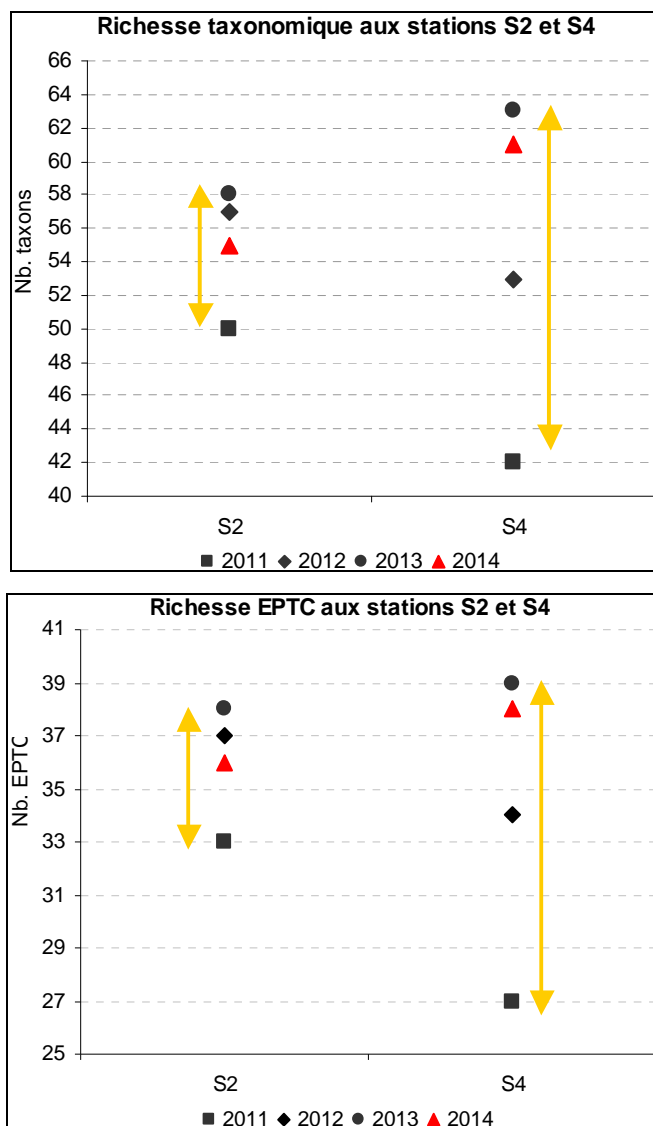


Figure 10. Evolution inter-annuelle de la variété taxonomique totale et de l'indice EPTC aux stations S2 et S4 (2011/2012/2013/2014)

**On observe en septembre 2011, dans les tronçons court-circuités T0 et T1, les peuplements les moins bien diversifiés.**

A partir de l'année 2012, les communautés benthiques se diversifient nettement (gain de +5 à +8 taxons en S2 et de +11 à +21 taxons en S4). Toutefois, cette amélioration n'évolue pas de la même façon sur les deux tronçons :

- Sur T0 (S2), le niveau de diversité maximale est atteint rapidement, dès septembre 2012. Puis, pendant trois ans, les diversités totale et EPTC restent stables (de 55 à 57 taxons dont 36 à 38 taxons EPTC),
- Sur T1 (S4), on observe une première hausse des indicateurs en 2012, par rapport à 2011 (gain de +11 taxons et de +7 taxons EPTC). Puis une deuxième augmentation de la diversité se produit en septembre 2013 (gain de +10 taxons et de +5 taxons

EPTC). Enfin, depuis deux ans sur la S4, les indicateurs de diversité sont au plus haut niveau et stables autour d'une soixantaine de taxons pour 40 taxons EPTC.

L'évolution la plus importante de la diversité est observée à la station S4 "Aval Confluence Bruyante" entre les années 2011 et 2014, avec un peuplement global plus riche en moyenne de 20 taxons et une communauté EPTC plus diversifiée de 10 taxons.

Sur le secteur amont, on observe donc **une amélioration de la qualité globale des peuplements invertébrés** qui s'est manifestée en septembre 2012 sur les tronçon T0 et T1. A la différence du tronçon T0 où le niveau maximum de diversité de la faune benthique est rapidement atteint, la qualité globale du peuplement sur le tronçon T1, s'améliore encore en 2013.

C'est sur la station S4, situé en aval de la confluence avec la Bruyante, que cette évolution est la plus marquée par rapport à 2011 (+26% de diversité en 2012, +33% en 2013, +31% en 2014).

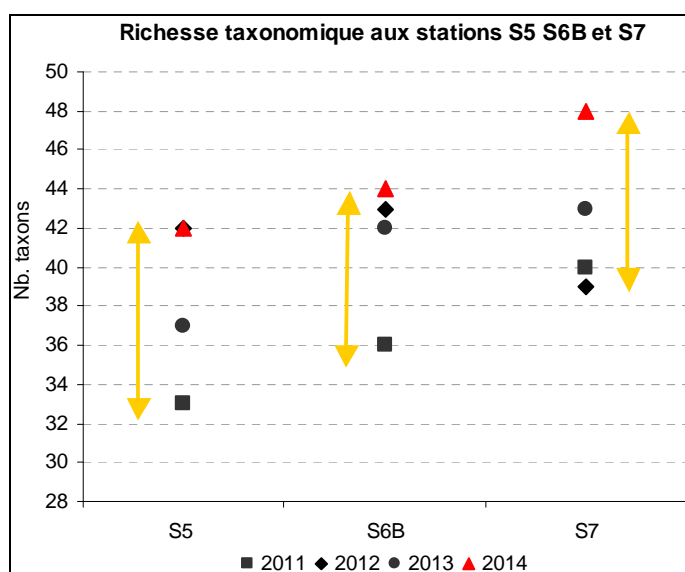


Figure 11. Evolution inter-annuelle de la variété taxonomique totale aux stations S5 S6B et S7 (2011/2012/2013/2014)

Dans les TCC aval (stations S5 et S6B), la variété taxonomique totale évolue dans le même sens que sur le secteur amont (stations S2 et S4). **On observe également des peuplements les moins bien diversifiés dans les tronçons court-circuités de Gesse et de Saint-Georges en septembre 2011.**

Par rapport à 2011, la faune benthique en 2012, 2013 et 2014, est mieux diversifiée (gain respectivement de +4 à +9 taxons en S5 et de +6 à +8 taxons en S6B).

C'est sur le tronçon court-circuité de Gesse que cette évolution est la plus marquée (gain en diversité de 21% en 2012 et 2014 et de 12% en 2013).

Sur l'ensemble du suivi, 2014 semble faire partie des années les plus favorables au développement d'une faune diversifiée dans les TCC. Les niveaux de diversité atteints semblent à leur maximum (42 à 44 taxons selon les stations)

Dans le tronçon situé en aval de l'usine de Nentilla, la reprise des éclusées à l'automne 2013 n'a pas d'effets négatifs visibles sur la diversité globale de la faune benthique en S7. Cet indicateur atteint sa plus forte valeur à l'automne 2014, dans un contexte hydrologique d'avant travaux (régime d'éclusées)

### 8.2.4.2. Evolution temporelle des indicateurs quantitatifs

⇒ **Densité totale, biomasse totale sur le secteur amont :**

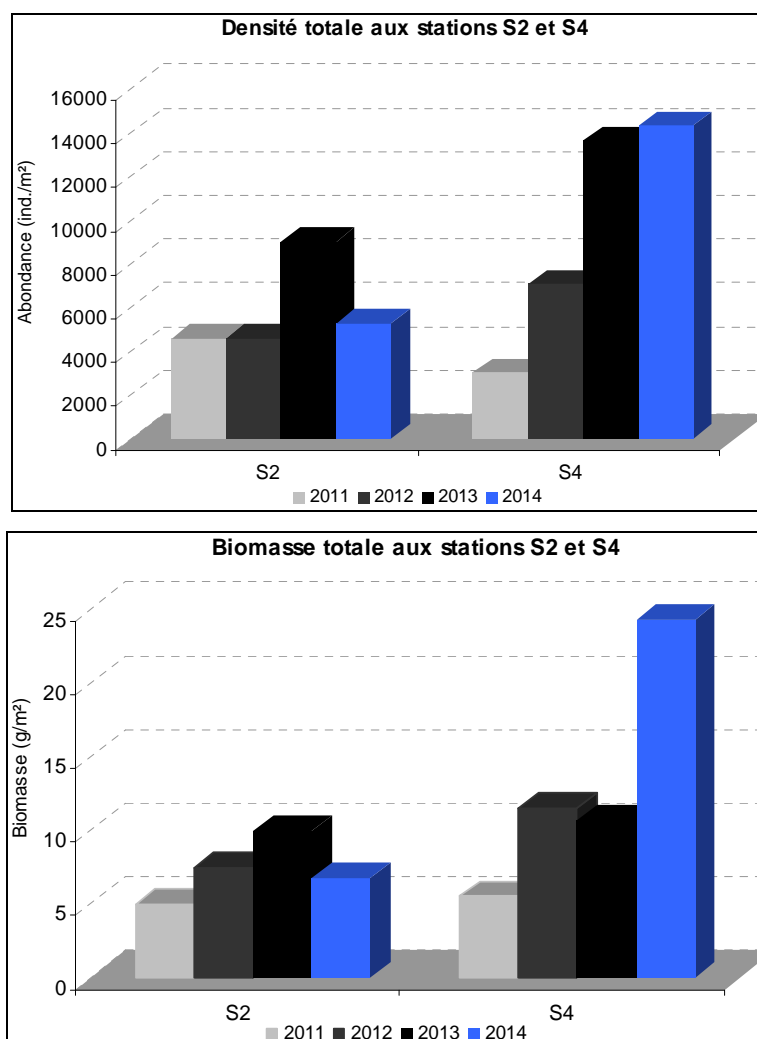


Figure 12. Evolution inter-annuelle des densités et des biomasses aux stations S2 et S4 (2011/2012/2013/2014)

Sur les quatre années de suivi, **les plus faibles valeurs des paramètres densité et biomasse sont observées au sein des peuplements de septembre 2011 sur les tronçons T1 et T0**. Ces indicateurs quantitatifs (densité, biomasse) ont augmenté en octobre 2012 et ont encore progressé en septembre 2013 sur ces tronçons.

En 2014, les valeurs de densité et biomasse sur le tronçon T0 restent relativement stables et sont équivalentes à celles observées en 2012. Par contre, on remarque sur le tronçon T1 (S4) une nouvelle progression significative des descripteurs quantitatifs pour atteindre les valeurs maximales (14 345 ind./m<sup>2</sup> pour 24,3 g/m<sup>2</sup>)

**C'est sur le tronçon T1 (S4) où l'on enregistre les plus fortes progressions de ces paramètres depuis le début du suivi. En S4, les abondances ont été multipliées par 5 entre septembre 2011 (3 022 ind./m<sup>2</sup>) et septembre 2014 (14 345 ind./m<sup>2</sup>). Quant à la biomasse, celle-ci a été multipliée par 4 (6,7 g/m<sup>2</sup> en 2011 contre 24,3 g/m<sup>2</sup> en 2014).**

Au final, on s'aperçoit que les évolutions temporelles des paramètres qualitatifs (diversité) et quantitatifs (densité et biomasse) vont dans le même sens sur le secteur amont. Elles révèlent, en septembre 2011, la présence de peuplements en place en S2 et S4, moins abondants et moins diversifiés qu'en 2012, 2013 et 2014.

Or, sur la période précédant l'échantillonnage de septembre 2011, les tronçons T1 et T0 habituellement en débit réservé, ont subi des modifications hydrologiques importantes. Ces secteurs ont été exposés, jusqu'à deux jours avant la campagne de prélèvements, à des débits soutenus liés à des lâchers d'eau effectués depuis Puyvalador pour les sports d'eau vive et qui se sont traduits par des variations quasi quotidiennes des niveaux d'eau, pendant plus de 2 mois. **Les variations de débit ont donc entraîné un appauvrissement à la fois quantitatif et qualitatif du benthos en place sur les stations S2 et S4.**

Progressivement, l'Aude sur les tronçons T0 et T1 a retrouvé à partir de 2013, son fonctionnement hydrologique d'avant travaux, favorisant le rétablissement d'une faune benthique plus abondante et mieux diversifiée.

⇒ **Densité totale, biomasse sur le secteur aval :**

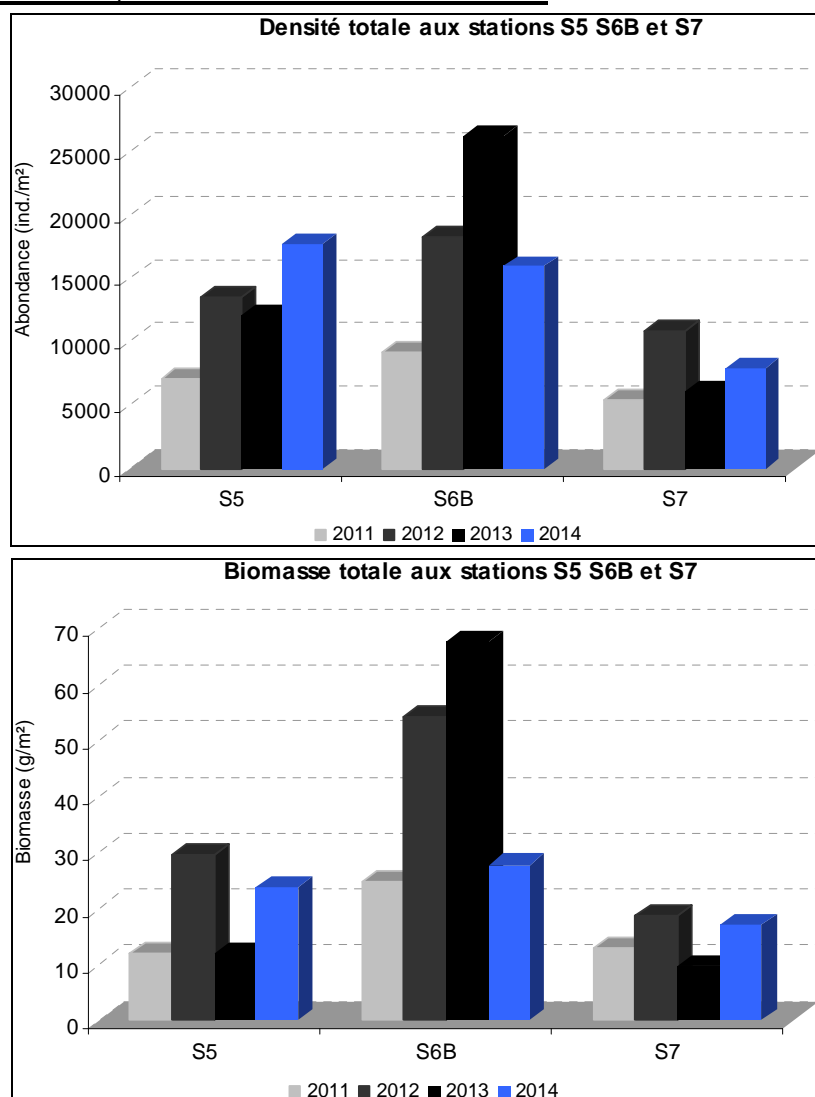


Figure 13. Evolution inter-annuelle des densités et des biomasses aux stations S5, S6B et S7 (2011/2012/2013/2014)

Pour rappel, les gammares (*gammarus pulex*) dominent largement au sein de ces peuplements. **Ce taxon participe donc pour beaucoup aux biomasses et aux abondances relevées sur ces tronçons aval.**

Toutefois, le paramètre « biomasse » est encore plus fortement corrélé à ce taxon que la densité totale dans laquelle d'autres organismes tels que les Diptères *Simullidae*, *Chironomidae* ou bien les Ephéméroptères *Baetidae* peuvent également avoir de l'importance, particulièrement en période estivale.

De la même façon que sur le secteur amont, **les plus faibles valeurs de densité sont observées au sein des peuplements de septembre 2011 sur les tronçons T2 (S5) et T3 (S6B, S7)**. L'évolution la plus marquée est observée au sein de la communauté benthique du tronçon court-circuité de Saint-Georges (S6B) dont les densités évoluent de 9160 (septembre 2011) à 26105 ind./m<sup>2</sup> (septembre 2013), soit une augmentation d'un facteur 3.

Les conditions hydrologiques dans les TCC, précédant l'échantillonnage de septembre 2011, ont été plus contraignantes que celles des années 2012, 2013 et 2014.

**Quelle que soit l'année considérée et le contexte hydrologique, les plus faibles valeurs d'abondance (densité, biomasse) sont relevées sur la station S7**, situé en aval de l'usine de Nentilla. Ce résultat s'explique certainement par les caractéristiques habitationnelles particulièrement torrentielles de ce tronçon, peu favorable à accueillir une forte abondance de gammares comme cela est le cas dans les TCC.

Contrairement à ce que l'on peut observer dans les TCC de Gesse et Saint-georges (augmentation sensible de l'abondance d'invertébrés en septembre 2012, 2013 et 2014 par rapport à 2011), **les indicateurs quantitatifs (densité, biomasse) relevés post-travaux sur S7 sont équivalents à ceux observés en septembre 2011. La reprise du régime d'éclusées en aval de Nentilla depuis mi-juillet 2013 semble donc bien avoir un effet sur la faune benthique, en limitant son développement.**

#### **8.2.5. Conclusion concernant les macroinvertébrés benthiques**

Les résultats montrent toujours en 2014 des peuplements en place d'un très bon niveau de polluosensibilité (GFI de 9 pour toutes les stations), même si on observe un gradient décroissant de la polluosensibilité globale des peuplements de l'amont (S2) vers l'aval (S7). L'explication à ce résultat semble être plus liée à un changement des conditions environnementales de l'Aude lorsqu'elle traverse le système karstique qu'à un enrichissement trophique et/ou organique.

Les contrastes faunistiques restent importants entre les peuplements situés en amont de la confluence de la Bruyante (S2, S4) et ceux localisés en aval (S5, S6B, S7). Les peuplements des tronçons T1 et T0, dominés par les Plécoptères et les Ephéméroptères sont toujours mieux structurés et diversifiés.

Un changement du contexte géologique et donc de substratum entre les stations S4 et S5, mais aussi la double barrière physique que représentent la prise d'eau de Gesse et le « siphon de Gesse » (blocage du phénomène de dérive naturelle des invertébrés en provenance de l'amont) sont en cause dans ces fortes disparités faunistiques entre les secteurs amont et aval.

De plus, il a été mis en évidence que **les modifications hydrologiques occasionnées par les travaux sur les aménagements EDF ont eu des effets sur la faune benthique**. Même si ces perturbations n'ont été que temporaires, on observe bien en septembre 2011, **un appauvrissement à la fois qualitatif et quantitatif de la biocénose sur l'ensemble du secteur d'études**.

Puis progressivement, l'Aude a retrouvé son fonctionnement hydrologique d'avant travaux. **Le retour à des débits plus stables et un régime de débit réservé, notamment à partir de fin 2013, a favorisé le rétablissement d'une faune benthique plus abondante et mieux diversifiée, notamment sur le tronçon T1. En revanche, à l'aval de Nentilla, la reprise du fonctionnement par éclusées de cette usine impacte à nouveau les peuplements benthiques en place.**

### **8.3. Suivi des peuplements piscicoles**

#### **8.3.1. Pêches électriques d'inventaire**



Pêche à 2 anodes avec l'Onema sur la S6B en 2012.

Le suivi des peuplements piscicoles s'est déroulé sur 5 stations et 4 dates cette année :

- Le 29 juillet 2014, la station S3 a été pêchée dans des conditions satisfaisantes de débit,
- Le 30 juillet 2014, la station S6B a été pêchée avec l'Onema, dans des conditions satisfaisantes de débit (pêche impossible en septembre pour cause d'arrêt de l'usine de St Georges pour travaux) et la station S7 a été pêchée en toute fin d'après-midi, une fois les lâchers « eaux vives » terminés à Nentilla (retour au débit réservé),
- Le 24 septembre 2014, la station S5 a été pêchée dans des conditions satisfaisantes de débit,
- Le 25 septembre 2014, la station S4 a été pêchée avec l'Onema, dans des conditions satisfaisantes de débit.

La station S2 est habituellement pêchée tous les 2 ans par l'Onema dans le cadre des réseaux de référence de l'Agence de l'Eau RMC. En 2013, certaines pêches dont celle de la S2 ont été sous-traitées à un bureau d'études mais elle n'a pas été repêchée en 2014, nous n'avons donc pas de données « pêche électrique » sur cette station cette année.

##### *8.3.1.1. Matériel et méthodes*

###### Isolation de la station de pêche :

Etant en présence d'un cours d'eau de montagne assez pentu, nous nous sommes arrangés lors du positionnement précis des stations de pêche, pour qu'elles se finissent aux pieds d'une rupture de pente naturelle (cascade ou escalier), de manière à empêcher les poissons de remonter, tout en évitant d'utiliser des filets pour barrer la station (technique séduisante sur le papier mais difficile à gérer en pratique – dispositif jamais vraiment hermétique sur le fond très irrégulier d'un cours d'eau de montagne, non utilisé d'ailleurs sur l'Aude par l'Onema).

###### Nombre d'anodes :

Compte tenu du retour d'expérience sur l'Aude et de la largeur du cours d'eau au niveau des stations, la mise en œuvre des pêches électriques avec une bonne efficacité a nécessité l'emploi de matériel de type Héron de Dream Electronic, avec 2 électrodes. Ces pêches à 2

anodes ont mobilisé entre 10 et 14 personnes, dont 2 porteurs d'anodes et 4 porteurs d'épuisettes.

Nombre de passages :

La méthode utilisée est la méthode à plusieurs passages successifs de **De Lury**<sup>6</sup>, conformément à la norme européenne **CEN/TC 230-prEN 14011 : 2002 (E)**<sup>7</sup>.

2 passages ont été effectués lors des pêches des stations S4, S6B et S7. En revanche, la station S5 a nécessité 3 passages.

Biométrie :

Après avoir été anesthésiés, les poissons capturés ont tous été identifiés, mesurés (au mm près), pesés (au g près) puis remis à l'eau. Une attention particulière a été portée à la structure des populations de truites (présence de toutes les classes d'âge, importance de la cohorte 0+ ...).

Méthodologie d'analyse des données :

Les calculs de quantités de poissons par station (densités et biomasses par unités de longueur et de surface) sont effectués selon la méthode de **Carle et Strub**<sup>8</sup>. L'estimation fournie ici tient compte de la capturabilité plus faible des truites de taille inférieure ou égale à 10 cm que celle des truites de taille supérieure.

Les données obtenues sont comparées aux **classes d'abondances**<sup>9</sup> définies pour les cours d'eau de la région méditerranéenne par l'Onema, anciennement Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation de Montpellier (CSP-DR8, 1995 et 1997). Elles correspondent au barème d'interprétation suivant :

Classe d'abondance	Abondance
P	Présence
1	Très faible
2	Faible
3	Moyenne
4	Forte
5	Très forte

Tableau 16. Classes d'abondances Onema.

Enfin, une analyse plus fine de la structure des populations de truite a été effectuée (analyse des classes de taille, présence de toutes les classes d'âges, évolution inter-annuelle...) et les abondances de 0+ (alevins de l'année) seront évaluées selon l'**Indice Recrutement** mis au point par le service technique de la FDAAPPMA 65<sup>10</sup>.

<sup>6</sup> **De Lury D. B., 1951.** On the planning of experiments for estimation of fish populations. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 18 (4), 281-307.

<sup>7</sup> **PrEN 14011, 2002.** Qualité de l'eau – Echantillonnage des poissons à l'électricité, CEN/TC 230, 16p.

<sup>8</sup> **Carle F. L. et Strub M.R., 1978.** A new method for estimating population size from removal data. *Biometrics*, 34, 621-630.

<sup>9</sup> **Vigneron T., 2001,** Réseau Hydrobiologique et Piscicole. Bassin Loire-Bretagne. Synthèse des données 2000 – Agence de l'Eau Loire Bretagne, Conseil Supérieur de la Pêche, 42 p

<sup>10</sup> Indice établi à partir d'une base de données de 717 inventaires de 1976 à 2001, dans des stations de cours d'eau de 0.65 à 30 m de large, échelonnées de 160 à 2150 m d'altitude.

### 8.3.1.2. Avant propos

#### Avant propos sur les truites communes de l'Aude :

Plusieurs études sur la génétique des truites communes du bassin de l'Aude<sup>11,12</sup>, dont les résultats ont été confirmés par une étude récente menée par la Fédération de Pêche de l'Ariège sur le bassin de l'Aude et de la Bruyante<sup>13</sup>, ont notamment montré que les populations de truites du cours principal de l'Aude en amont d'Axat étaient des populations de truites ancestrales de type méditerranéen pur (aucune introgression par des gènes atlantiques issus de truites introduites par l'homme mais vivant à l'état sauvage sur le versant atlantique) et qu'à ce titre elles constituaient un patrimoine biologique unique à préserver.

Des études reliant la génétique à la morphologie de ces truites<sup>14,15</sup> ont permis de dresser un portrait type de cette forme de truite ancestrale méditerranéenne de l'Aude caractérisée notamment par une très forte proportion de points noirs de petite taille et une absence de franges aux nageoires dorsale, anale et pelviennes.



Truites communes de l'Aude – Station « Chalets du Carcanet »

<sup>11</sup> **Berrebi P., 1995.** Analyse génétique des truites fario des rivières méditerranéennes des Pyrénées françaises ; marqueurs enzymatiques. Rapport de synthèse 1995, Université Montpellier II, 17 p.

<sup>12</sup> **Berrebi P., 1997.** Analyse enzymatique des truites du bassin de l'Aude. Rapport Université Montpellier II, 26 p.

<sup>13</sup> **Berrebi P., Cherbonnel C. et Garmendia L., 2001.** Etude génétique des truites communes de 10 stations du sous-bassin de la Bruyante et de ses affluents (rus de Pailère, du Laurenti et de Quérigut) – Département de l'Ariège. Rapport Univ. Montpellier 2 pour FDAAPPMA de l'Ariège. 7p.

<sup>14</sup> **Lascaux J.M., 1996.** Analyse de la variabilité morphologique de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans les cours d'eau du bassin pyrénéen méditerranéen. Thèse de l'INP-ENSAT, 108 p.

<sup>15</sup> **COGEA, 2013.** Analyse de la variabilité de l'ornementation des robes des truites du bassin-versant de la Bruyante. Rapport ECOGEA pour FDAAPPMA de l'Ariège. 25p.



Traites communes de l'Aude – Station « Amont confluence Bruyante »



Traites communes de la Bruyante – Station « Château d'Usson »

8.3.1.3. *Principaux résultats*

8.3.1.3.1 Station S3 – Génétique

S3 – Génétique	
Altitude (m)	870
Longueur (m)	76.7
Largeur moyenne (m)	5.5
Surface échantillonnée (m <sup>2</sup> )	422
Granulométrie dominante	Blocs, gros galets et sable

Espèces	Code	Données brutes			Données estimées			
		Effectif P1	Effectif P2	Effectif total	Densité/ha	Densité/100m	Biomasse/ha	Biomasse/100m
Truite commune	TRF	156	42	198	5 002	275	110.5 kg	6.1 kg

\*les effectifs estimés de truite commune sont calculés en distinguant les truites de moins de 10 cm des truites de plus de 10 cm en raison de la plus faible efficacité de pêche sur les individus les plus petits.

Tableau 17. Caractéristiques stationnelles et principaux résultats des pêches électriques

Le peuplement piscicole échantillonné en 2014 sur la S3 est monospécifique à truite commune, comme en 2013. Au total, la densité estimée en truite commune sur cette station est de 5 002 ind./ha, pour une biomasse d'environ 111 kg/ha.

Classes d'abondance :

Année	Espèce	Classe d'abondance pour la densité	Classe d'abondance pour la biomasse	Classe d'abondance globale
2013	TRF	4	3	<b>3 - Moyenne</b>
2014	TRF	5	4	<b>4 - Forte</b>

Tableau 18. Classes d'abondance sur la S3 en 2013 et 2014.

D'après le barème Onema (Délégation de Montpellier), en 2013 l'abondance en truite commune de la station S3 – Génétique était bonne pour la densité et moyenne pour la biomasse.

En 2014, on gagne 1 classe en densité comme en biomasse, avec toujours la dominance d'alevins de l'année qui explique le point de décalage de classe entre densité et biomasse.

Structure de la population de truite commune de la S3 en 2014 :

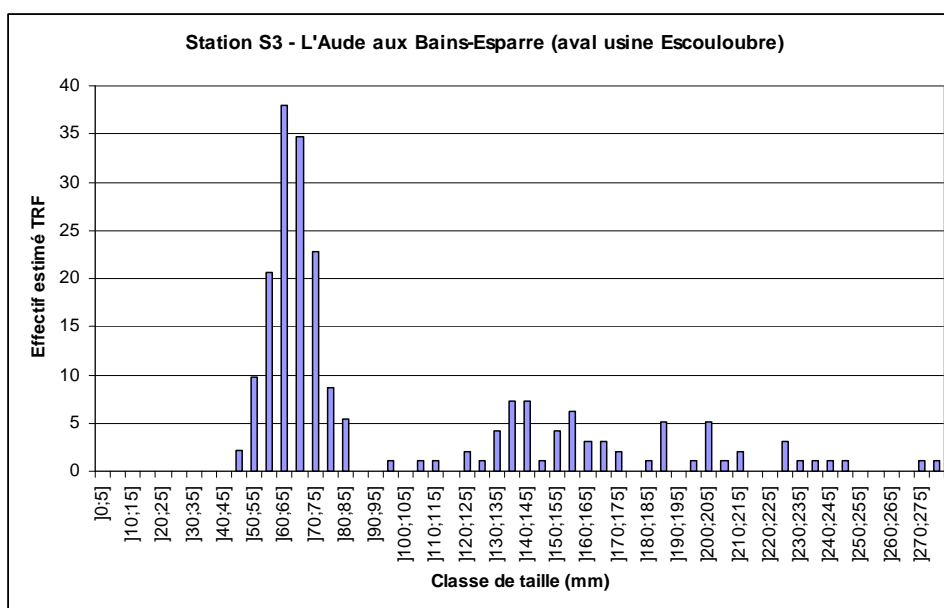


Figure 14. Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S3 en juillet 2014.

En 2014, le recrutement en 0+ (alevins de l'année) est exceptionnellement élevé sur cette station (68% de l'effectif ; Indice Recrutement très fort de 10/10), ce qui devrait se ressentir au niveau des individus plus âgés dans les années à venir.

Par contre, malgré un bon recrutement en 2013, la cohorte des 1+ en 2014 est peu abondante (seulement 12% de l'effectif). Ainsi, comme en 2013, la structure globale de la population reste pour le moment assez déséquilibrée pour les individus plus âgés (peu de géniteurs potentiels notamment).

8.3.1.3.2 Station S4 – Aval confluence Bruyante

S4 – Aval confluence Bruyante	
Altitude (m)	790
Longueur (m)	105
Largeur moyenne (m)	11.2
Surface échantillonnée (m <sup>2</sup> )	1188
Granulométrie dominante	Blocs, gros galets et sable

Espèces	Code	Données brutes			Données estimées			
		Effectif P1	Effectif P2	Effectif total	Densité/ha	Densité/100m	Biomasse/ha	Biomasse/100m
Truite commune	TRF	813	239	1052	9 676	1 095	139.1 kg	15.7 kg

\*les effectifs estimés de truite commune sont calculés en distinguant les truites de moins de 10 cm des truites de plus de 10 cm en raison de la plus faible efficacité de pêche sur les individus les plus petits.

Tableau 19. Caractéristiques stationnelles et principaux résultats des pêches électriques

Sur cette station, le peuplement piscicole échantillonné en 2014 est monospécifique à truite commune (présence anecdotique de 5 vairons en 2013, probablement issus de la retenue du Laurenti lors de sa vidange).

Au total, la densité estimée en truite commune est exceptionnelle pour l'Aude puisqu'elle est de 9 676 ind./ha, pour une biomasse d'environ 139 kg/ha. Cette densité est la plus forte jamais observée depuis le début des suivis sur cette station en 1994.

Classes d'abondance :

Année	Espèce	Classe d'abondance pour la densité	Classe d'abondance pour la biomasse	Classe d'abondance globale
2010	TRF	4	4	4 - Forte
2011	TRF	3	3	3 - Moyenne
2012	TRF	3	3	3 - Moyenne
2013	TRF	3	3	3 - Moyenne
2014	TRF	5	4	4 - Forte

Tableau 20. Classes d'abondance sur la S4 depuis 2010.

D'après le barème établi par l'Onema (Délégation de Montpellier), l'abondance en truite commune de la station S4 en 2014 est très forte en densité et forte en biomasse.

Par rapport à la période des travaux, la situation s'améliore donc sur la station S4 qui voit ses abondances significativement augmenter, notamment en densité grâce à un recrutement très important.

Structure de la population de truite commune de la S4 en 2014 :

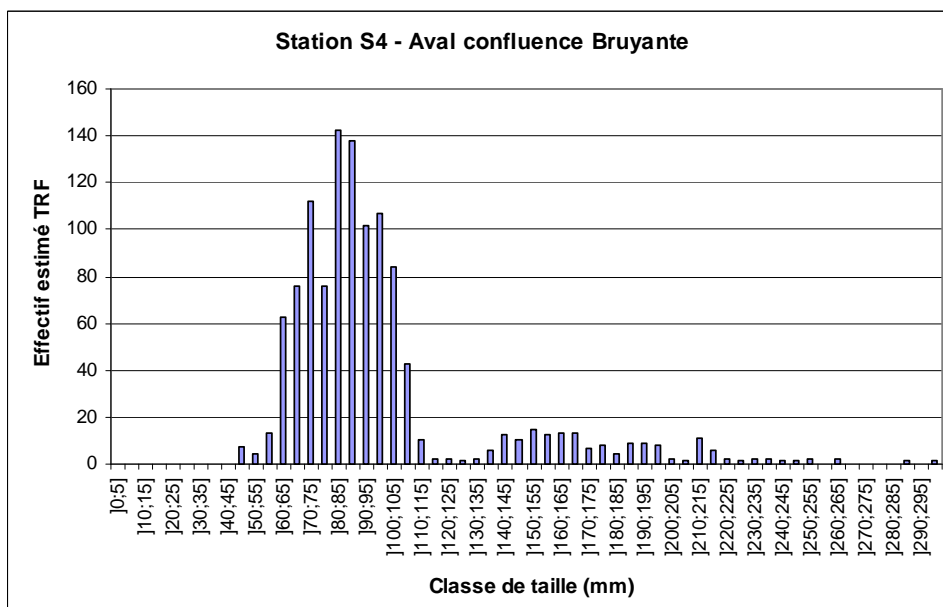


Figure 15. Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S4 en septembre 2014.

En 2014, la population de truite de cette station est composée à 85% par des 0+, signe d'une **reproduction et d'un taux de survie des alevins exceptionnels** (Indice Recrutement très fort de 10/10). En effet, visuellement, les 0+ échantillonnés ne semblaient pas être issus d'alevinages récents.

En revanche, la densité d'individus d'âge > 0+ reste modérée avec seulement 1437 ind/ha, en liaison avec la succession de 3 années de mauvais recrutement pendant les travaux (2011 à 2013).

**8.3.1.3.3 Station S5 – TCC Gesse**

S5 – TCC Gesse	
Altitude (m)	570
Longueur (m)	122
Largeur moyenne (m)	11.7
Surface échantillonnée (m <sup>2</sup> )	1 429
Granulométrie dominante	Blocs, gros galets et sable

Espèces	Code	Données brutes (effectifs)				Données estimées			
		P1	P2	P3	Total	Densité/ha	Densité/100m	Biomasse/ha	Biomasse/100m
Truite commune	TRF	85	58	35	178	1616	189	54.8 kg	9.6 kg

\*les effectifs estimés de truite commune sont calculés en distinguant les truites de moins de 10 cm des truites de plus de 10 cm en raison de la plus faible efficacité de pêche sur les individus les plus petits.

**Tableau 21. Caractéristiques stationnelles et principaux résultats des pêches électriques**

Sur cette station, le peuplement piscicole échantillonné est monospécifique à truite commune, comme depuis 2010.

Au total, la densité estimée en truite commune est de 1 616 ind./ha, pour une biomasse de 54.8 kg/ha.

**Classes d'abondance :**

Année	Espèce	Classe d'abondance pour la densité	Classe d'abondance pour la biomasse	Classe d'abondance globale
2010	TRF	3	3	<b>3 - Moyenne</b>
2011	TRF	3	3	<b>3 - Moyenne</b>
2012	TRF	3	3	<b>3 - Moyenne</b>
2013	TRF	2	2	<b>2 - Faible</b>
2014	TRF	3	2	<b>2 - Faible</b>

**Tableau 22. Classes d'abondance sur la S5 depuis 2010.**

D'après le barème établi par l'Onema (Délégation de Montpellier), en 2014 l'abondance en truite commune de la station S5 est moyenne pour la densité et faible pour la biomasse.

Par rapport à 2013, la station S5 a regagné une classe pour la densité mais la biomasse reste faible, traduisant la dominance de jeunes individus.

Structure de la population de truite commune de la S5 en 2014 :

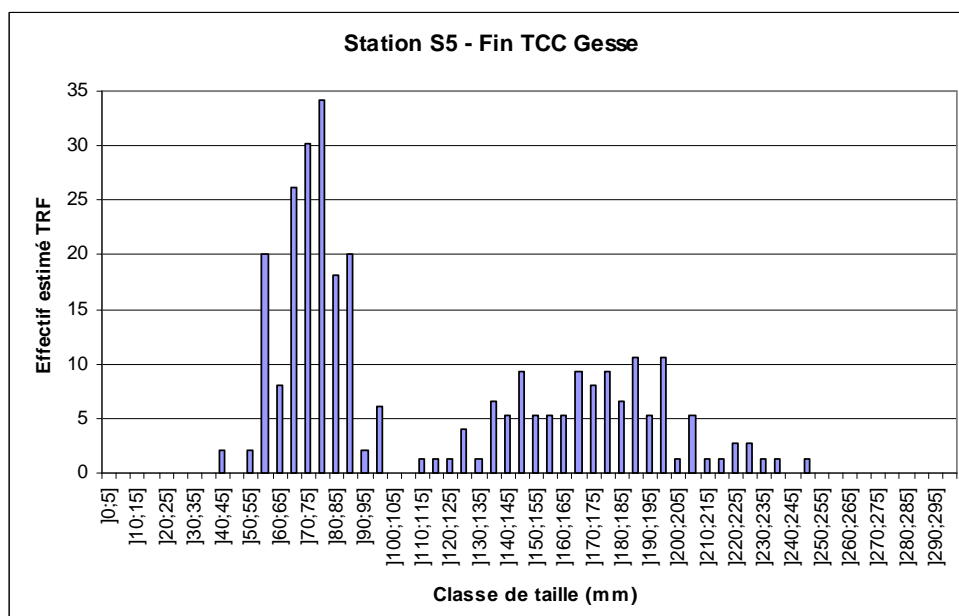


Figure 16. Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S5 en septembre 2014.

En 2014, on observe un bon recrutement en 0+ (densité en 0+ de 756 ind./ha et 89 ind./100 m, soit un Indice Recrutement fort de 7/10). En revanche, le déficit important de 0+ en 2013 se répercute sur les effectifs de 1+ en 2014 qui sont très faibles et la structure de la population s'en trouve déséquilibrée pour les classes >0+.

8.3.1.3.4 Station S6B – TCC St Georges (Le Clat)

S6B – TCC St Georges	
Altitude (m)	460
Longueur (m)	124
Largeur moyenne (m)	12.2
Surface échantillonnée (m <sup>2</sup> )	1 513
Granulométrie dominante	Blocs, gros galets et sable

Espèces	Code	Données brutes			Données estimées			
		Effectif P1	Effectif P2	Effectif total	Densité/ha	Densité/100m	Biomasse/ha	Biomasse/100m
Truite commune	TRF	146	34	180	1256	153	27.6 kg	3.4 kg

\*les effectifs estimés de truite commune sont calculés en distinguant les truites de moins de 10 cm des truites de plus de 10 cm en raison de la plus faible efficacité de pêche sur les individus les plus petits.

Tableau 23. Caractéristiques stationnelles et principaux résultats des pêches électriques

Sur cette station, le peuplement piscicole échantillonné en 2014 est monospécifique à truite commune (présence de 2 chabots en 2012 et de 1 chabot en 2010 et 2011, présence de 3 vairons en 2012).

Au total, la densité estimée en truite commune est de 1 256 ind./ha, pour une biomasse d'environ 27.6 kg/ha.

Classes d'abondance :

Année	Espèce	Classe d'abondance pour la densité	Classe d'abondance pour la biomasse	Classe d'abondance globale
2010	TRF	3	3	3 - Moyenne
2011	TRF	3	2	2 - Faible
2012	TRF	3	2	2 - Faible
2013	TRF	3	2	2 - Faible
2014	TRF	2	1	1 - Très faible

Tableau 24. Classes d'abondance sur la S6B depuis 2010.

D'après le barème établi par l'Onema (Délégation de Montpellier), l'abondance en truite commune de la station S6B est très faible en 2014, du fait de la biomasse (densité en classe 2 – Faible).

Par rapport à 2013, la station S6B perd une classe d'abondance en densité et en biomasse, signe fort d'une nouvelle dégradation de l'état de la population dont les abondances ne cessent de s'effondrer depuis 2010 pour atteindre des niveaux historiquement bas.

Structure de la population de truite commune de la S6B en 2014 :

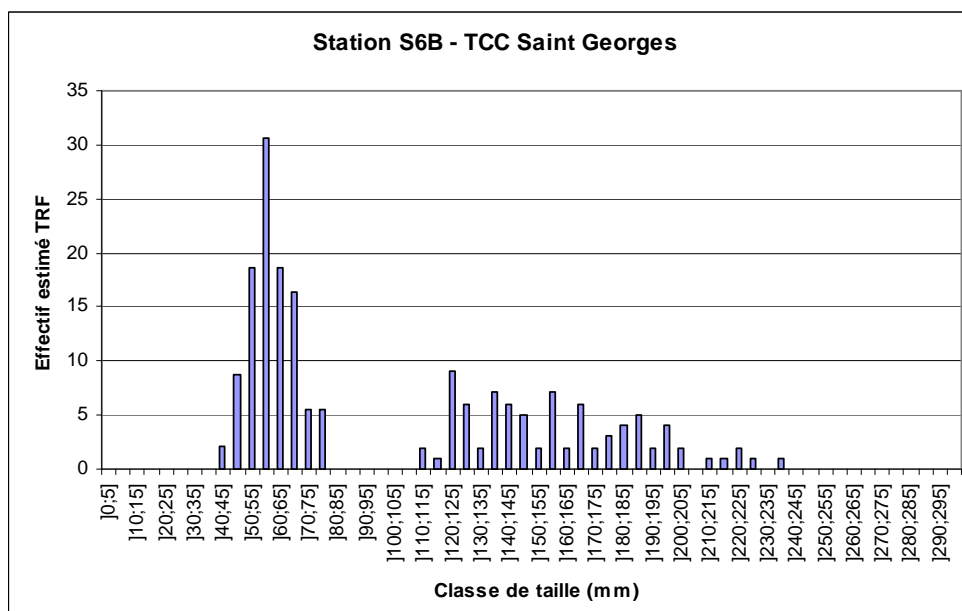


Figure 17. Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S6B en juillet 2014.

En 2014, la S6B héberge une population de truite commune de très faible abondance, en particulier pour les individus d'âge > 0+. La densité en 0+, elle, est de 701 ind./ha et 85 ind./100 m, soit un Indice Recrutement tout juste fort de 7/10 (à la limite d'être moyen à 6/10).

Avec une densité d'individus d'âge > 0+ de seulement 555 ind/ha, l'état de la population de truite de cette station reste préoccupant, notamment en terme de stock de géniteurs potentiels.

**8.3.1.3.5 Station S7 – Aval Nentilla**

S7 – Aval Nentilla	
Altitude (m)	430
Longueur (m)	95
Largeur moyenne (m)	8.8
Surface échantillonnée (m <sup>2</sup> )	836
Granulométrie dominante	Blocs, gros galets

Espèces	Code	Données brutes			Données estimées			
		Effectif P1	Effectif P2	Effectif total	Densité/ha	Densité/100m	Biomasse/ha	Biomasse/100m
Truite commune	TRF	52	22	74	1017	90	58.2 kg	5.1 kg

\*les effectifs estimés de truite commune sont calculés en distinguant les truites de moins de 10 cm des truites de plus de 10 cm en raison de la plus faible efficacité de pêche sur les individus les plus petits.

**Tableau 25. Caractéristiques stationnelles et principaux résultats des pêches électriques**

Sur cette station, le peuplement piscicole échantillonné en 2014 est monospécifique à truite commune (présence de 3 chabots en 2011).

Au total, la densité estimée en truite commune est de 1 017 ind./ha, pour une biomasse d'environ 58.2 kg/ha.

**Classes d'abondance :**

Année	Espèce	Classe d'abondance pour la densité	Classe d'abondance pour la biomasse	Classe d'abondance globale
2011	TRF	4	4	<b>4 - Forte</b>
2012	TRF	4	4	<b>4 - Forte</b>
2013	TRF	3	3	<b>3 - Moyenne</b>
2014	TRF	2	2	<b>2 - Faible</b>

**Tableau 26. Classes d'abondance sur la S7 depuis 2011.**

D'après le barème établi par l'Onema (Délégation de Montpellier), l'abondance en truite commune de la station S7 en 2014 est faible, en densité comme en biomasse.

Par rapport à 2013, la station S7 perd une classe d'abondance en densité comme en biomasse (perte de 2 classes par rapport à 2011 et 2012), signe fort de dégradation de l'état de la population qui se poursuit depuis la reprise du turbinage à Nentilla en 2013.

Structure de la population de truite commune de la S7 en 2014 :

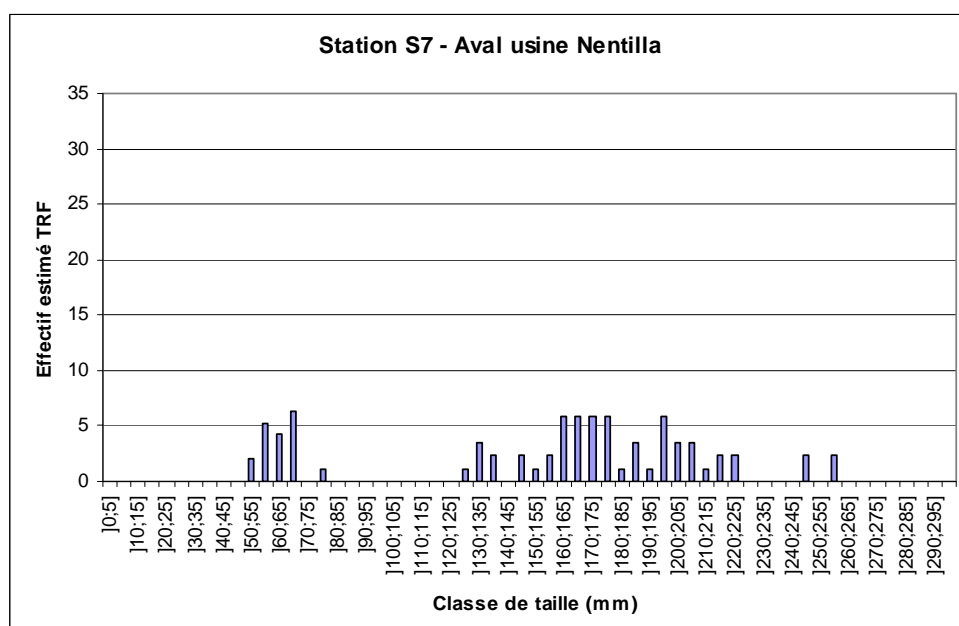


Figure 18. Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S7 en juillet 2014.

La structure en âge de la population de truite commune capturée sur la S7 en juillet 2014 est très déséquilibrée, avec un déficit très marqué en 0+, mais aussi en individus plus âgés. Ainsi, la densité en 0+ n'est que de 227 ind./ha et 20 ind./100 m, soit un Indice Recrutement faible de 4/10 (il n'était déjà que de 4/10 en 2013, ce qui peut expliquer la quasi absence de 1+ en 2014).

Aujourd'hui, l'état de la population de truite de cette station est très préoccupant, pour l'ensemble des classes d'âge.

### 8.3.2. Evolution des populations de truite depuis 2010<sup>16</sup>

Les stations S4, S5 et S6B ont toutes été pêchées en 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014. La station S7 n'a été pêchée qu'en 2011, 2012, 2013 et 2014.

#### 8.3.2.1. Abondances totales et abondances de 0+ de truites

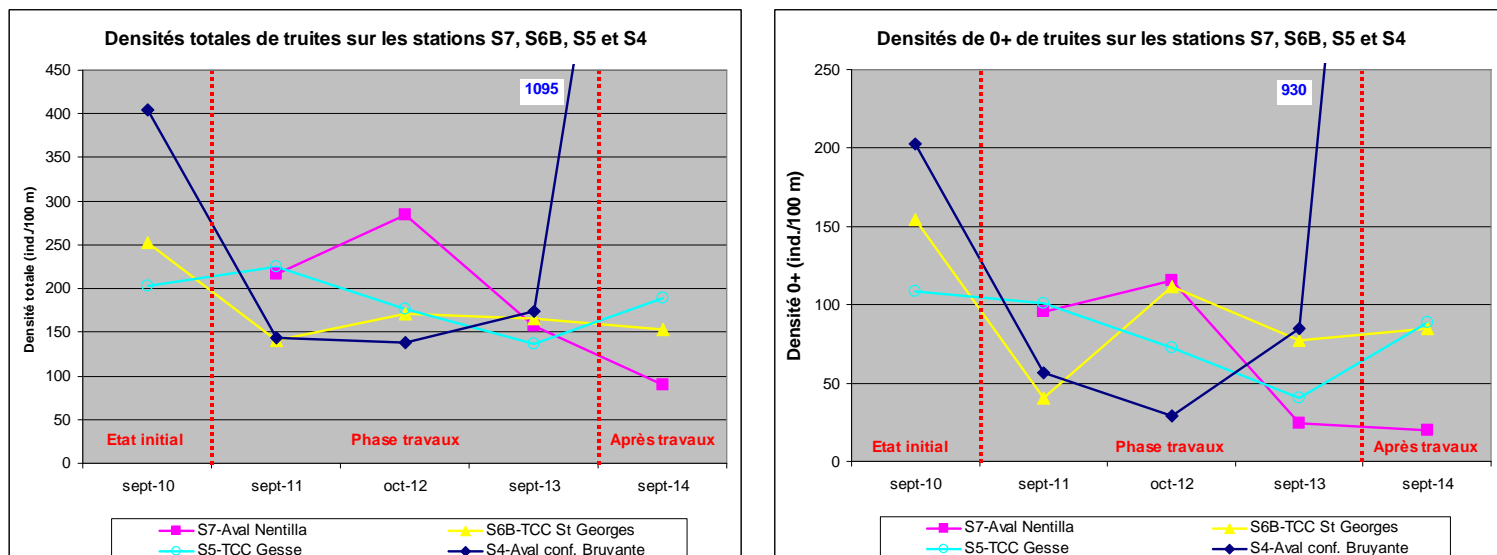


Figure 19. Densités totales et densités de 0+ de truites sur les stations S4, S5, S6B et S7 depuis 2010.

Alors que la dégradation la plus marquée se situait au niveau de la station S4-Aval conf. Bruyante pour toutes les classes d'âges, depuis notamment les lâchers « eaux vives » depuis Puyvalador de 2011, les résultats spectaculaires du recrutement 2014 nous interpellent. En effet, nous avons également constaté cette tendance sur les stations plus amont sur l'Aude (Aval Puyvalador, Carcanet et S3) mais aussi sur le bassin de la Bruyante et il sera intéressant de suivre leur évolution dans les 3 prochaines années (voir la survie dans le temps de ces cohortes exceptionnelles de 0+).

En revanche, de tels niveaux de recrutement ne sont pas retrouvés sur les stations plus aval de l'Aude.

La baisse progressive mais continue depuis 2010 de la densité totale de truite dans le TCC de Gesse (S5) semble légèrement s'infléchir en 2014 et les niveaux d'abondance s'approchent à nouveau de ceux de l'état initial de 2010, essentiellement grâce à un bon recrutement cette année (mais pas exceptionnel comme sur l'amont).

Par rapport à l'état initial de 2010, la densité totale de truite de la station S6B (TCC St Georges) avait nettement chuté en 2011, en particulier pour les 0+. Depuis, elle reste stable et l'effet de l'arrêt des travaux ne se ressent pas encore sur cette station en 2014, quelle que soit la classe d'âge.

Enfin, alors que la densité totale avait progressé entre 2011 et 2012 sur la S7-Aval Nentilla (arrêt des éclusées à Nentilla pendant les travaux), elle avait à nouveau fortement chuté en 2013 (reprise des éclusées à Nentilla à la mi-août et/ou impact des événements hydrologiques de 2013). Cette tendance à la baisse s'accroît encore nettement en 2014, si bien que l'état actuel de la population de truite de cette station devient très préoccupant et

<sup>16</sup> L'ensemble des histogrammes de classes de tailles de truites des différentes stations échantillonnées depuis 2010 est présenté en annexes du présent rapport.

compte-tenu des très faibles niveaux d'abondance de 0+ et de géniteurs potentiels, la situation ne devrait guère s'améliorer dans les prochaines années sur cette station directement soumise aux éclusées de Nentilla.

### **8.3.3. Evolution des populations de truite depuis 1994**

Les stations S4-Aval conf. Bruyante et S6B-TCC St Georges sont suivies depuis 1994<sup>17</sup>.

#### **8.3.3.1. Station S4-Aval conf. Bruyante**

##### **Densités totales et Biomasses totales :**

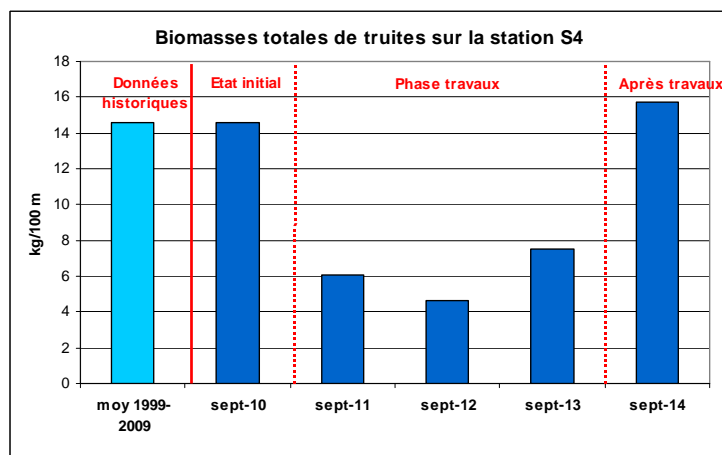
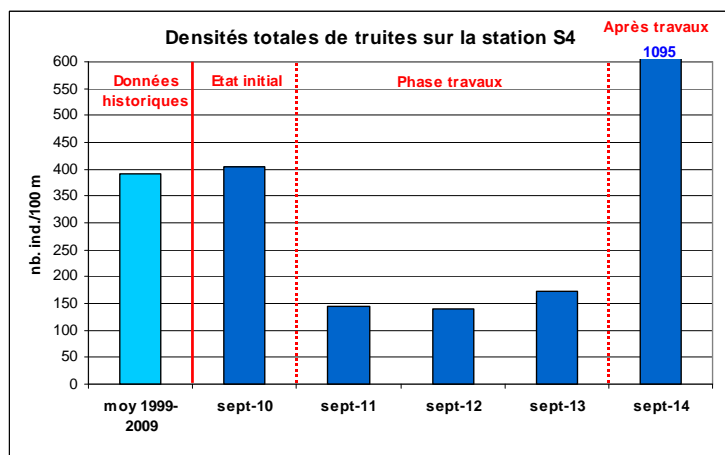


Figure 20. Densités totales de truites sur la station S4.

Figure 21. Biomasses totales de truites sur la station S4.

Que ce soit en densité totale ou en biomasse totale, les abondances évaluées sur la S4 lors de l'état initial de 2010 étaient très proches de la moyenne de celles évaluées durant 11 années entre 1999 (relèvement du débit réservé à St-Georges) et 2009.

En revanche, les abondances évaluées sur cette station avaient chuté de façon très nette pendant les travaux de Nentilla-Escouloubre (2011 à 2013), depuis notamment les lâchers « eaux vives » depuis Puyvalador de 2011.

En 2014, la densité est exceptionnellement élevée, essentiellement grâce à un recrutement « hors normes », si bien que si la biomasse totale progresse aussi, elle reste néanmoins à des niveaux comparables à ceux des données historiques et de l'état initial de 2010.

<sup>17</sup> De 1994 à 2000, dans le cadre du groupe de travail Haute Vallée de l'Aude (HVA). Depuis 2001, l'Onema continue le suivi de la station S6B dans le cadre du réseau de suivi RHP, alors que le suivi de la station S4 est pris en charge par EDF R&D, dans le cadre de la poursuite des études engagées par le groupe de travail national « Cellule débits réservés » (CQR).

**Densités de géniteurs et densités de 0+ :**

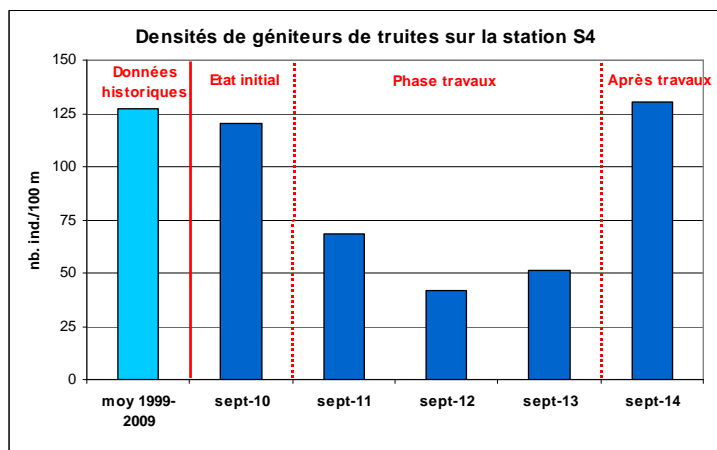


Figure 22. Densités de géniteurs de truites sur la station S4.

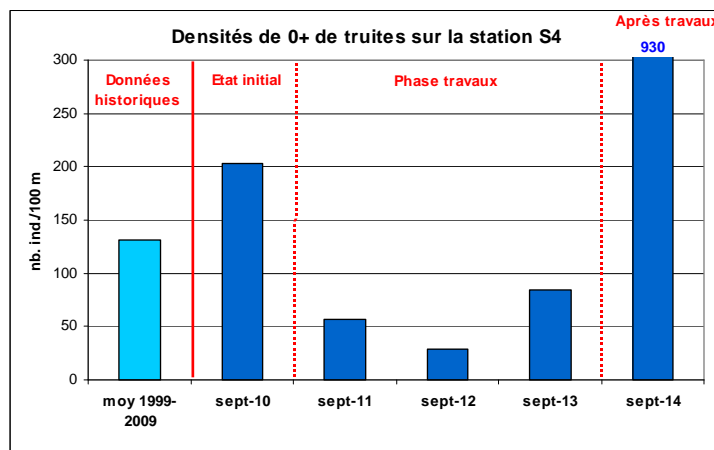


Figure 23. Densités de 0+ de truites sur la station S4.

Les densités de géniteurs sur la S4 lors de l'état initial de 2010 étaient proches de la moyenne de celles évaluées durant 11 années entre 1999 (relèvement du débit réservé à St-Georges) et 2009. En revanche, pendant les travaux de Nentilla-Escouloubre (2011 à 2013), elles avaient très nettement chuté sur cette station. Après travaux en 2014, elles retrouvent des niveaux d'abondance comparables à ceux des données historiques et de l'état initial de 2010.

Les densités de 0+ sur la S4 lors de l'état initial de 2010 étaient bien supérieures à la moyenne de celles évaluées durant 11 années entre 1999 (relèvement du débit réservé à St-Georges) et 2009. En revanche, pendant les travaux de Nentilla-Escouloubre (2011 à 2013), on retrouvait la même tendance que pour les densités de géniteurs, à savoir une chute très nette des densités de 0+ qui étaient à des niveaux particulièrement bas sur cette station, notamment en 2012. Après travaux en 2014, le recrutement est exceptionnellement élevé sur cette station, avec des niveaux d'abondance de 0+ (930 ind 0+/100m) jamais vu depuis 1994 puisqu'ils sont près de 2 fois supérieurs à ceux observés lors de la meilleure année de recrutement en 1998 avec 476 ind 0+/100m.

### 8.3.3.2. Station S6B-TCC de Saint-Georges

#### Densités totales et Biomasses totales :

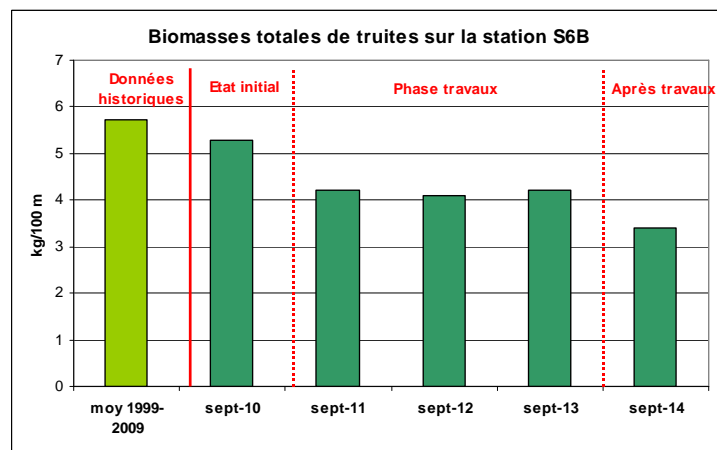
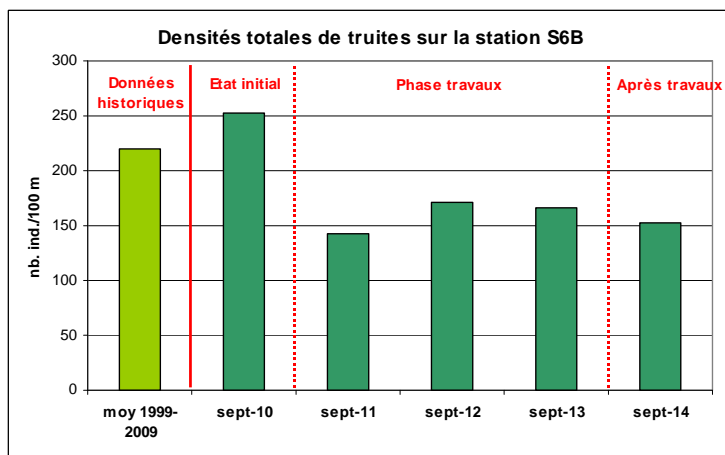


Figure 24. Densités totales de truites sur la station S6B.

Figure 25. Biomasses totales de truites sur la station S6B.

Que ce soit en densité totale ou en biomasse totale, les abondances évaluées sur la S6B lors de l'état initial de 2010 étaient assez proches de la moyenne de celles évaluées durant 11 années entre 1999 (relèvement du débit réservé à St-Georges) et 2009.

En revanche, les abondances évaluées pendant les travaux de Nentilla-Escouloubre (2011 à 2013) avaient nettement chuté sur cette station, en particulier les densités totales.

Après travaux en 2014, la situation de la population de truite ne s'améliore pas avec une densité totale qui stagne au même niveau qu'entre 2011 et 2013 et une biomasse totale qui diminue même encore par rapport à la période de travaux.

#### Densités de géniteurs et densités de 0+ :

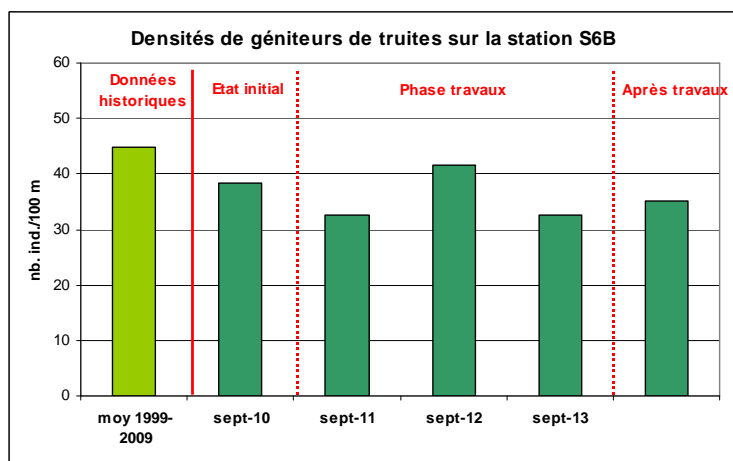


Figure 26. Densités de géniteurs de truites sur la station S6B

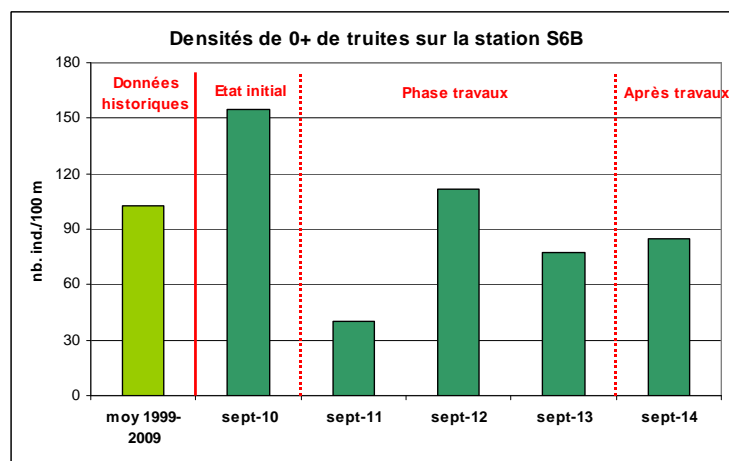


Figure 27. Densités de 0+ de truites sur la station S6B.

Les densités de géniteurs sur la S6B lors de l'état initial de 2010, ainsi qu'en 2012, étaient assez proches de la moyenne de celles évaluées durant 11 années entre 1999 (relèvement du débit réservé à St-Georges) et 2009. En revanche, en 2011 et 2013, elles étaient plus faibles sur cette station, notamment en 2013. Après travaux en 2014, la situation ne s'améliore quasiment pas concernant la densité de géniteurs.

Les densités de 0+ sur la S6B lors de l'état initial de 2010 étaient bien supérieures à la moyenne de celles évaluées durant 11 années entre 1999 (relèvement du débit réservé à St-Georges) et 2009. En revanche, elles avaient atteint des niveaux particulièrement bas dès le

### **Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le cadre des travaux de Nentilla-Escouloubre de 2010-2013**

début des travaux en 2011 pour s'améliorer en 2012 et 2013, sans toutefois retrouver les niveaux de l'état initial de 2010. Après travaux en 2014, les densités de 0+ ne progressent quasiment pas par rapport à 2013 et restent toujours inférieures aux données historiques.

### **8.3.4. Suivi des frayères actives de truite commune**

#### 8.3.4.1. *Protocole de suivi*

##### 8.3.4.1.1 Nombre de campagnes

Dans les rivières des Pyrénées, la reproduction des truites communes se déroule essentiellement de début novembre à fin décembre<sup>18</sup>. Toutefois, les précédents suivis de frayères sur l'Aude dans le cadre des études HVA<sup>19</sup> ont montré que la reproduction pouvait débuter dès la mi-octobre sur les tronçons amont (grosso modo amont Escouloubre).

Le protocole de suivi de frayères à truites utilisé ici, déjà utilisé par le passé sur l'Aude<sup>20</sup> ou sur d'autres cours d'eau<sup>21</sup>, prévoit en principe 3 campagnes de comptages (en début, au pic et en fin de période de reproduction) pour évaluer au mieux le nombre total de nids creusés dans la saison.

##### 8.3.4.1.2 Définitions du terme frayère

Dans ce rapport, le terme **frayère** sera utilisé dans le sens de Beall<sup>22</sup> pour les salmonidés : « Une frayère apparaît d'abord comme une tache ovale, de couleur plus claire que le substrat environnant, qui résulte du bouleversement récent du lit de la rivière par la femelle qui, en déplaçant les graviers, les a débarrassés de la couche d'algues, diatomées et particules alluviales qui les recouvrait. Le grand axe est aligné dans le sens du courant. La frayère comporte un creux en amont et un dôme dans sa partie aval, le trou amont correspondant à la chasse de matériel qui a servi à recouvrir la dernière ponte » (Schéma 1).

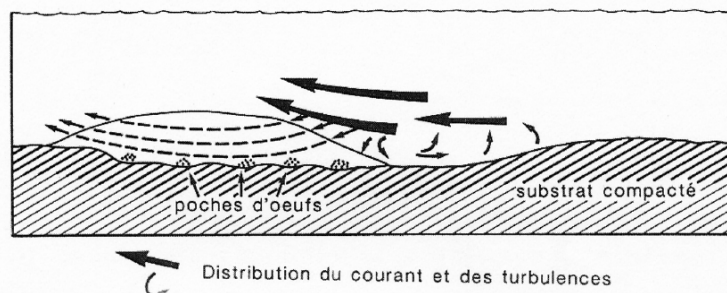


Schéma 1 - Coupe longitudinale d'une frayère de saumon (d'après Beall, 1994).

« Selon sa taille et l'espèce qui l'a édifiée, une frayère peut contenir de 2 à 10 poches d'œufs, donc de 2 à 10 nids, espacés les uns des autres de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres, et recouverts sous le dôme au fur et à mesure de l'avancement de la ponte par les graviers évacués par la femelle pour creuser le nid suivant (Schéma 2). Une fois la frayère entièrement creusée, seul le trou correspondant au dernier nid creusé dans le temps est visible, alors que d'autres nids sont cachés sous le dôme ».

<sup>18</sup> Delacoste M., 1995. Analyse de la variabilité spatiale de la reproduction de la truite commune (*Salmo trutta* L.) – Etude à l'échelle du micro et du macrohabitat dans 6 rivières des Pyrénées Centrales. Thèse de l'INP-ENSAT, 133 p.

<sup>19</sup> P. Baran, M. Delacoste, J.M. Lascaux, D. Bechu et D. Baril, 1995. Etude des frayères de truites communes et de l'habitat disponible pour la reproduction. Rapport ENSAT pour le Groupe de travail « Haute Vallée de l'Aude », 54 p + annexes.

<sup>20</sup> J.M. Lascaux, C. Sabaton, D. Baril, F. Vandewalle et G. Paty, 2004. Groupe de travail national « Cellule Débits Réservés » - Synthèse des expérimentations sur le site de Saint-Georges sur l'Aude. Rapport EDF HP-76/2003/057A, 49 p.

<sup>21</sup> J.M. Lascaux, C. Sabaton, G. Merle, F. Vandewalle et G. Paty, 2004. Groupe de travail national « Cellule Débits Réservés » - Synthèse des expérimentations sur les sites de Rory et de Saint-Martin sur le Lignon du Forez (42). Rapport EDF HP-76/2003/053A, 91 p.

<sup>22</sup> Beall, E., 1994. Les phases de la reproduction. In Guegen J.C. et Prouzet P. (eds), Le Saumon atlantique, Biologie et gestion de la ressource. IFREMER, Plouzané, p. 123-140.

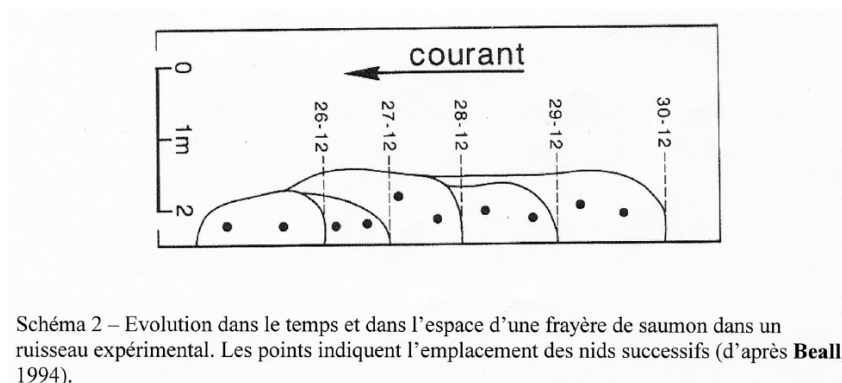


Schéma 2 – Evolution dans le temps et dans l'espace d'une frayère de saumon dans un ruisseau expérimental. Les points indiquent l'emplacement des nids successifs (d'après **Beall**, 1994).

### 8.3.4.2. Stations suivies

Comme les années précédentes, le suivi s'est déroulé sur les 5 stations concernées par le suivi environnemental réalisé dans le cadre des travaux de Nentilla – Escouloubre. De plus depuis 2013, une 6<sup>ème</sup> station (S3) a été rajoutée au suivi.

Station	Altitude approximative (m)	Longueur
<b>S2</b> -Combe Beille	1 000 m	117 m
<b>S3</b> -Génétique	870 m	77 m
<b>S4</b> -Pont d'Usson	785 m	108 m
<b>S5</b> -TCC Gesse	587 m	122 m
<b>S6B</b> -TCC St Georges	485 m	123 m
<b>S7</b> -Aval Nentilla	440 m	126 m

Tableau 27. Caractéristiques générales des 6 stations concernées par le « suivi frayères ».

Les stations S3, S5, S6B et S7 ont été scindées en faciès d'écoulement<sup>23</sup> alors que cela n'a pas été possible sur les autres stations en raison de la pente et des débits soutenus uniformisant l'hydrodynamique des stations.

Sur chaque faciès, les frayères ont été repérées grâce à leur structure particulière (voir paragraphe précédent), par deux opérateurs équipés de lunettes polarisantes et parcourant de front l'ensemble de la station dans l'eau, seule façon d'obtenir un comptage fiable.

Chaque ensemble trou-dôme constituant une frayère a été systématiquement décrit par :

- La station considérée,
- Le type de faciès d'écoulement,
- La distance à la berge,
- Les observations éventuelles de géniteurs.

Un schéma de l'ensemble de la station, découpée en faciès d'écoulement (ou en secteurs), a permis de localiser chaque frayère lors de chaque campagne, de manière à ne pas recompter les mêmes frayères d'une campagne à l'autre.

<sup>23</sup> **Delacoste M., Baran P., Lek S. et Lascaux J.M., 1995.** Classification et clé de détermination des faciès d'écoulement en rivières de montagne. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 337/338/339, 149-156.

### 8.3.4.3. Quantités de granulométrie favorable à la reproduction des truites (SGF)

Station	SGF (%)	SGF (m <sup>2</sup> /100m)
S2-Combe Beille	0.39%	5.9
S3-Génétiq	0.89%	4.9
S4-Pont d'Usson	0.56%	6.3
S5-TCC Gesse	1.45%	17.0
S6B-TCC St Georges	0.99%	12.1
S7-Aval Nentilla	3.74%	32.9

Tableau 28. Quantités de SGF mesurées sur les 6 stations en 2014.

Les surfaces de granulométrie favorable à la reproduction des truites (SGF<sup>24</sup>) sont présentes sur l'ensemble des stations étudiées en 2014. Les zones favorables se répartissent en de multiples petites unités en aval immédiat des obstacles hydrauliques et sur les zones de bordure.

Selon les secteurs, ces surfaces varient de 0.4 à 3.7% de la surface mouillée de la station. Globalement, les stations qui possèdent les plus faibles quantités de SGF par rapport à leur surface mouillée sont les stations « amont », les plus proches de Puyvalador. La situation de la partie aval du TCC de Gesse était un peu meilleure au moment des mesures avec notamment un ensablement moins marqué sur la station, alors que l'aval de Nentilla bénéficie des apports de l'Aiguette.

A noter que ces mesures ont été réalisées avant la crue de fin novembre/début décembre 2014 et il est probable qu'elles aient encore évolué suite à cet événement marquant.

### 8.3.4.4. Conditions de réalisation des campagnes d'observation



Figure 28. Débits de l'Aude à la station Y1112010 – Belviannes-et-Cavirac en 2014 (Banque Hydro).

Sur l'hydrogramme 2014 de la station hydrométrique de Belviannes-et-Cavirac, située en sortie de la zone d'étude (le Rebenty est le seul affluent majeur qui conflue en rive gauche de l'Aude en amont de la station), on peut notamment souligner :

<sup>24</sup> Surface de graviers et de petits galets de diamètre moyen compris entre 0.2 et 5 cm.

### Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le cadre des travaux de Nentilla-Escouloubre de 2010-2013

- La présence de débits estivaux assez soutenus et un étiage décalé en automne jusqu'à fin novembre,
- **Une crue de fréquence intermédiaire entre biennale et quinquennale du 30/11 au 01/12/2014** (QMJ de 73 m<sup>3</sup>/s à Belviannes),
- Un mois de décembre à l'hydrologie plus soutenue que d'octobre à fin novembre.

Une première campagne de suivi de frayères a pu être réalisée en début de période de reproduction sur 4 des 6 stations mi-novembre 2014 (comptages impossibles en S4 en raison d'une eau turbide et en aval de l'usine de Nentilla en raison des éclusées). Puis, la crue quinquennale du 30/11 au 01/12/2014 a effacé l'ensemble des structures déjà édifiées et semble avoir stoppé en grande partie la reproduction pour 2014 puisque très peu de nouvelles frayères ont été comptabilisées lors d'une nouvelle campagne réalisée le 11 décembre 2014.

Les comptages effectués en 2014 sont donc très « partiels » et devront être abordés avec prudence.

#### 8.3.4.5. Principaux résultats et comparaison avec les données antérieures

Station	Longueur	2010/2011	2011/2012	2013/2014	2014/2015
S2-Combe Beille	117 m	8.5	3.4	0 ?	7.7
S3-Génétiq	77 m	-	-	9.1	7.8
S4-Pont d'Usson	108 m	16.7	0.9	5.6	Pas possible
S5-TCC Gesse	122 m	11.5	4.1	7.4	1.6
S6B-TCC St Georges	123 m	26.8	5.7	15.4	4.9
S7-Aval Nentilla	126 m	25.4	0.8	Pas possible (éclusées Nentilla)	

Les cases grisées concernent les comptages partiels / difficiles (eau forte, turbide) ou impossibles (éclusées aval Nentilla).

Tableau 29. Nombres totaux de frayères comptabilisées sur les différentes stations en 2010/2011, 2011/2012, 2013/2014 et 2014/2015.

Alors que le nombre de frayères avait sensiblement diminué entre l'automne / hiver 2010/2011 et 2011/2012 où la reproduction avait été très mauvaise, il avait eu tendance à réaugmenter en 2013/2014 sur la plupart des stations, sans toutefois retrouver les niveaux de 2010/2011.

En 2014/2015, le nombre de frayères semble à nouveau diminuer par rapport à 2013/2014 (hormis en S2) et si on le compare aux références disponibles sur les cours d'eau pyrénéens<sup>25</sup>, on peut dire qu'il est très faible sur l'ensemble des stations qui ont pu être suivies. Toutefois, le fait que les comptages aient été seulement « partiels » ne permet pas de conclure définitivement sur l'intensité de la reproduction 2014/2015, même si elle nous a semblé globalement faible, comme sur le bassin de la Bruyante que nous avons également suivi dans le cadre d'une autre étude.

<sup>25</sup> 42 frayères / 100 m, avec des densités supérieures à 50 frayères / 100 m pour plus de 50 % des sites - Résultats obtenus par **Delacoste** (1995) sur 29 stations appartenant à 6 rivières de montagne des Pyrénées de taille comparable à celle de l'Aude.

**PLANCHE PHOTO « SUIVI DE FRAYÈRES A TRUITES DE L'AUDE 2014/2015 »**



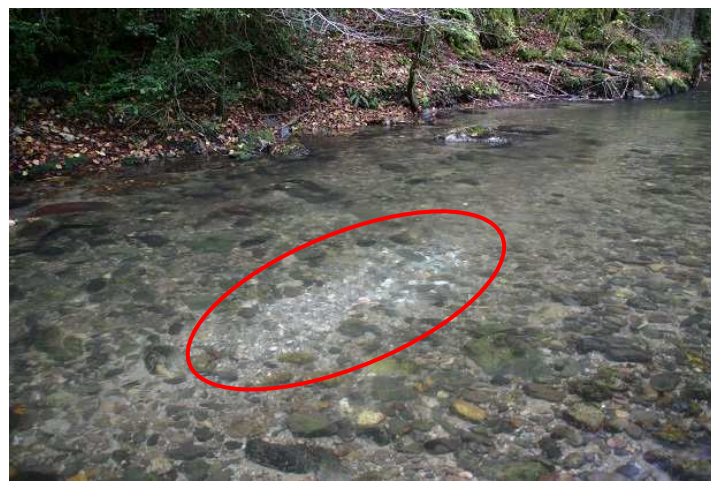
Frayère de truite avec 1 géniteur en place sur la station S3-Génétiq ue le 13/11/2014 (avant la crue)



2 Frayères de truite sur la station S3-Génétiq ue le 13/11/2014 (avant la crue)



Frayère de truite dans le TCC de St Georges à côté d'un pneu le 12/11/2014 (avant la crue)



Frayère de truite dans le TCC de St Georges le 12/11/2014 (avant la crue)

## 9. Synthèse

### Hydrologie :

Hormis les deux crues en début et en fin d'année, l'hydrologie 2014 a été plutôt modérée avec des débits de fonte relativement modestes et un étiage qui s'est poursuivi jusqu'à fin novembre. L'hydrologie des différents TCC est ainsi restée très stable à l'aval de Puyvalador et assez stable dans les TCC de Gesse et de St Georges où l'on répertorie notamment, entre fin juillet et fin octobre, plusieurs périodes de déversement aux prises d'eau suite à de probables arrêts d'usine.

Ces régimes hydrologiques relevés en 2014 sont ainsi, sans commune mesure avec ceux enregistrés entre 2010 et 2013, durant la période des travaux de Nentilla-Escouloubre.

### Peuplements de macroinvertébrés benthiques :

Les peuplements de macroinvertébrés en place en 2014 sont d'un très bon niveau de polluosensibilité, même si on observe un gradient décroissant de la polluosensibilité globale des peuplements de l'amont (TCC Puyvalador – Station S2) vers l'aval (Aval usine Nentilla – Station S7). Ceci est en lien avec un changement du contexte géologique et donc de substratum à partir de la confluence de la Bruyante, mais aussi avec la double barrière physique que représentent la prise d'eau de Gesse et le « siphon de Gesse ».

Les modifications hydrologiques occasionnées par les différents travaux sur les aménagements depuis 2010 ont eu des effets sur la faune benthique avec un appauvrissement à la fois qualitatif et quantitatif de la biocénose sur l'ensemble du secteur d'étude. Puis progressivement, l'Aude a retrouvé son fonctionnement hydrologique d'avant travaux et ce retour à des débits plus stables et un régime de débit réservé a favorisé le rétablissement d'une faune benthique plus abondante et mieux diversifiée. En revanche, à l'aval de Nentilla, la reprise du fonctionnement par éclusées de cette usine impacte à nouveau significativement les peuplements benthiques en place.

### Peuplements piscicoles :

Les conditions hydrologiques relativement stables en 2014 et le retour au fonctionnement hydrologique d'avant travaux (débits réservés) a été bénéfique au recrutement en alevins de truite en 2014 qui a nettement augmenté sur les tronçons amont (TCC de Puyvalador et TCC d'Escouloubre). Ce recrutement 2014 est même exceptionnel au niveau de la confluence de la Bruyante. En revanche, ces conditions n'ont pas permis d'améliorer sensiblement la situation au niveau des TCC de Gesse et de St Georges où les abondances stagnent à des niveaux modérés.

En ce qui concerne les individus d'âge >0+, les niveaux d'abondances restent globalement faibles sur l'ensemble des tronçons. Les déficits répétés en recrutement et les mortalités d'individus plus âgés constatées pendant la période des travaux de Nentilla-Escouloubre entre 2010 et 2013 marquent encore notablement les populations de truite, en particulier les individus d'âge >1+ dans les différents TCC du secteur d'étude.

Quant au tronçon situé à l'aval de l'usine de Nentilla, alors que l'arrêt du fonctionnement par éclusées de cet aménagement pendant la période des travaux avait été bénéfique à la population qui s'était bien reconstituée, la reprise de ces éclusées impacte de nouveau très significativement la population de truite (abondances très faibles et structure complètement déséquilibrée). Son état actuel devient très préoccupant et compte-tenu des très faibles niveaux d'abondances en 0+ et en géniteurs potentiels, la situation ne devrait guère s'améliorer dans les prochaines années sur ce tronçon.

## **10. Conclusions**

Entre 2010 et 2013, les différents tronçons de l'Aude, mais aussi de l'Aiguette et de la Clarianelle, ont subi de profondes modifications de leur fonctionnement hydrologique, en lien avec les travaux de Nentilla-Escouloubre et le changement des modalités de restitution des débits pour les sports d'eau vive.

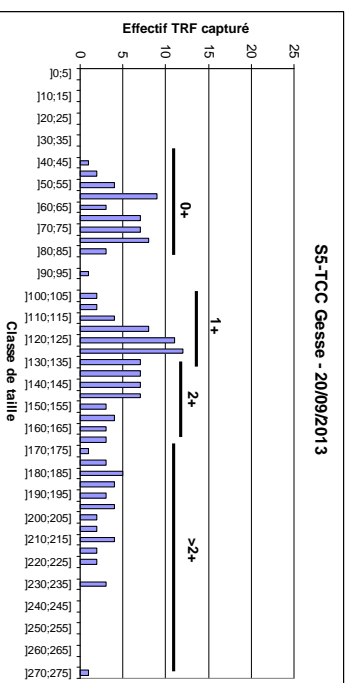
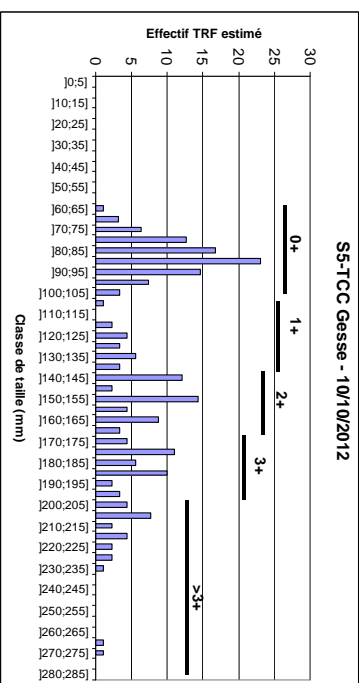
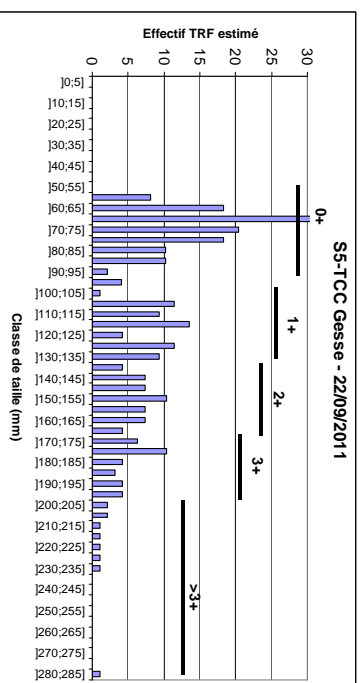
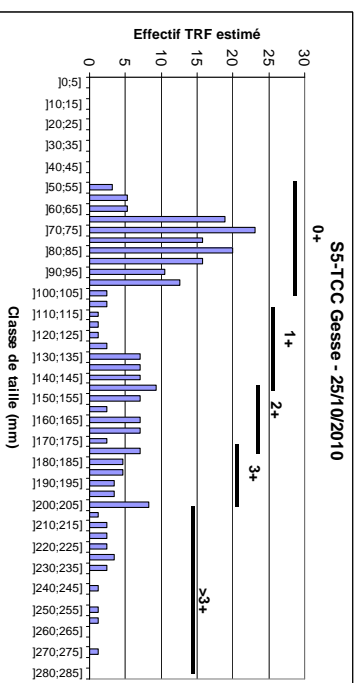
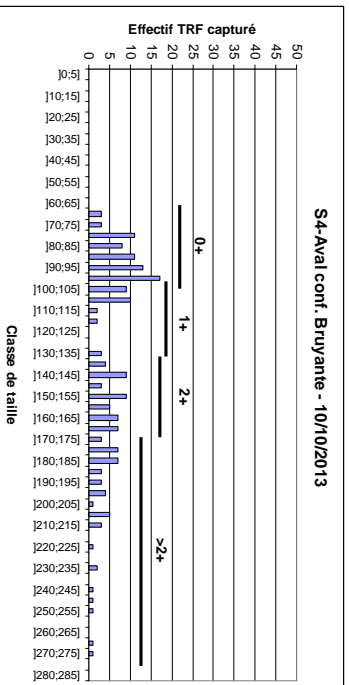
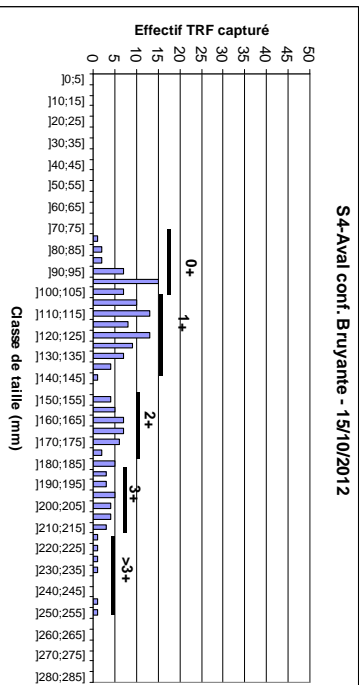
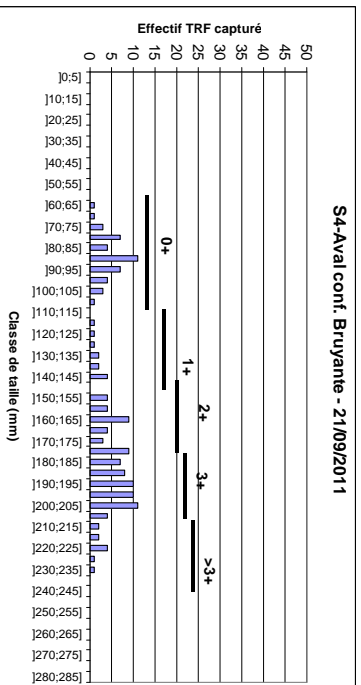
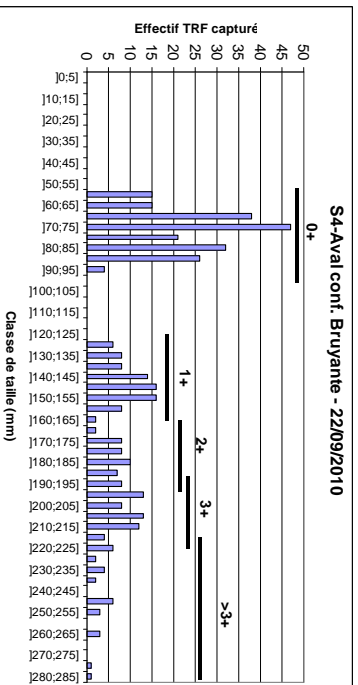
Ces évènements ont marqué les peuplements de macroinvertébrés benthiques mais leur forte résilience a permis de retrouver dès 2014 des peuplements comparables à ceux d'avant la période de travaux.

En revanche, à l'image de l'état des populations de desman également suivies dans le cadre des travaux Nentilla-Escouloubre, les populations de truite demeurent encore fragiles sur l'ensemble des tronçons et en particulier sur les deux TCC aval (TCC de Gesse et de St Georges). Il faudra plusieurs années favorables au recrutement (comme ce fut le cas en 2014) pour retrouver progressivement les niveaux d'abondances et les structures équilibrées d'avant travaux.

Enfin, ce retour « à la normale » des populations de truite ne pourra néanmoins pas se faire sur le tronçon aval Nentilla, trop fortement impacté par le fonctionnement actuel par éclusées de l'aménagement.

**ANNEXES**

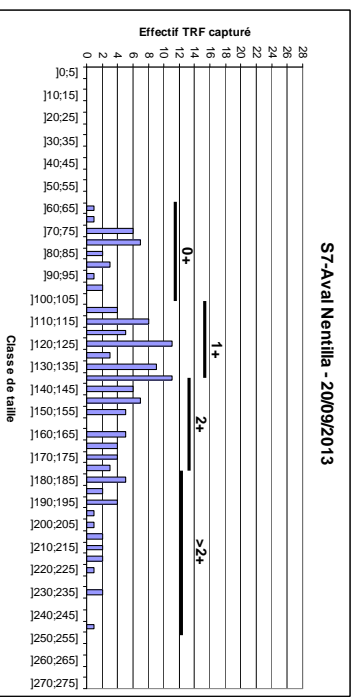
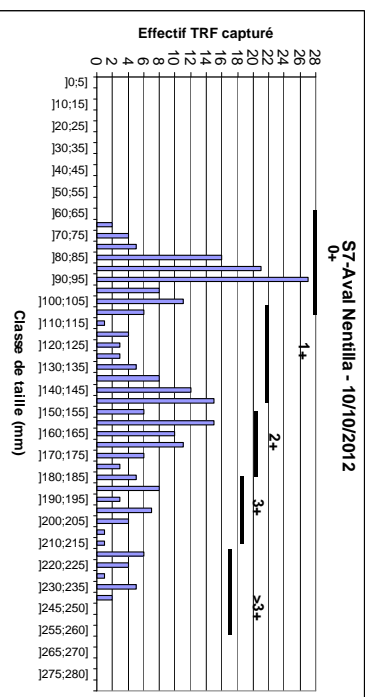
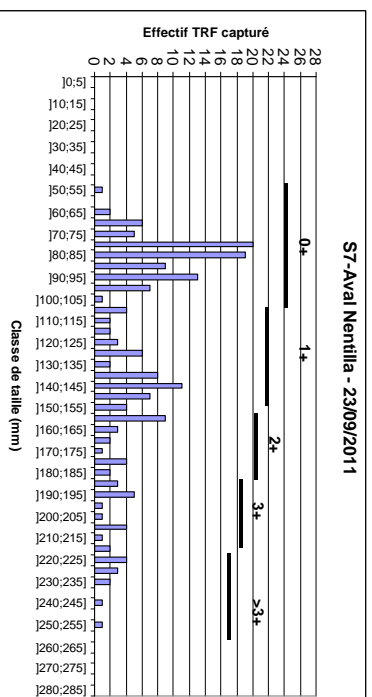
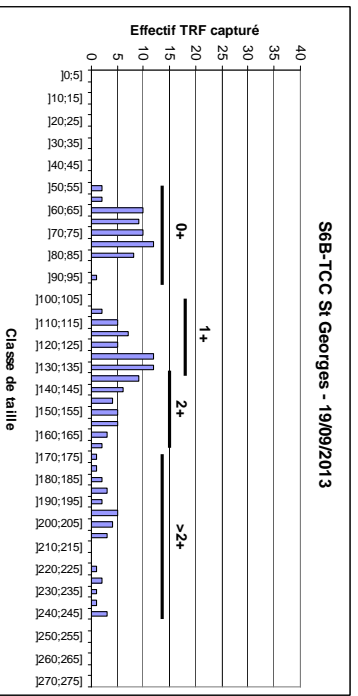
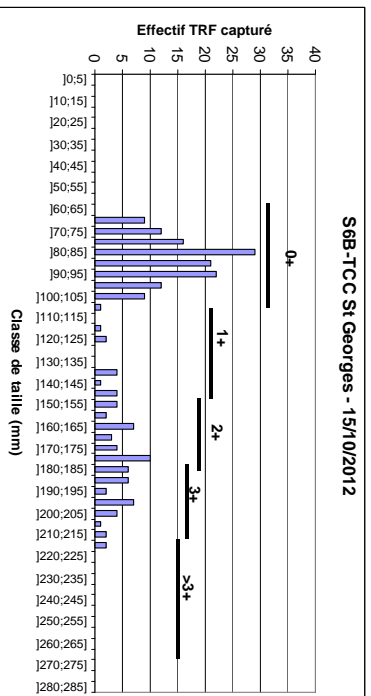
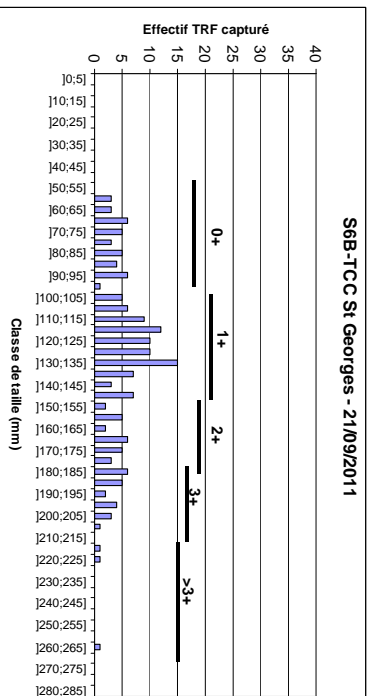
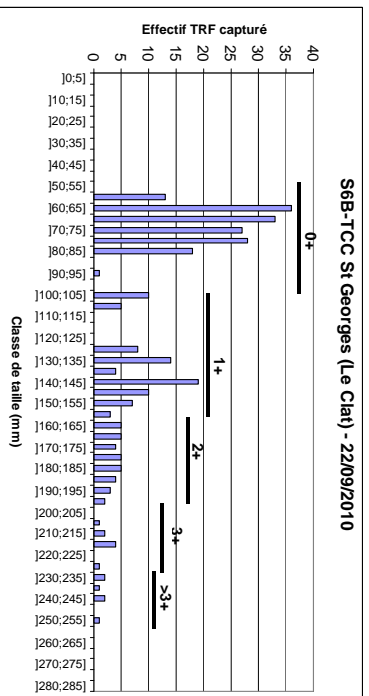
**Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le cadre des travaux de Nentilia-Escoulobre de 2010-2013**



**Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S4 en 2010, 2011, 2012 et 2013.**

**Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S5 en 2010, 2011, 2012 et 2013.**

**Suivi hydrobiologique de l'Aude dans le cadre des travaux de Nentilla-Escouloubre de 2010-2013**



**Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S4 en 2010, 2011, 2012 et 2013.**

**Histogrammes de classes de tailles de truites communes sur la S5 en 2011, 2012 et 2013.**