
Diversité biologique et caractérisation fonctionnelle des « adoux » des Alpes du Sud (région PACA), rôle biogéographique, et contribution à l'élaboration d'un guide de gestion



Rapport définitif
Version finale

Votre interlocuteur à la Maison régionale de l'Eau tout au long du projet :

Gwenole LE GUELLEC

Tél. : 04.94.77.15.83

Portable : 06.10.28.72.81

Mel : gwenole.lequellec@mrepaca.com

Maison Régionale de l'Eau

BP 50008

83670 BARJOLS

Tél. : 04.04.77.15.83

Fax : 04.94.77.15.76

contact@mrepaca.com

Photographies : Gwenole Le Guellec (sauf mentions spéciales)

Résumé :

Les adoux peuvent être assimilés à des ruisselets de sources, alimentés par des résurgences de la nappe alluviale de certains grands cours d'eau de la région PACA. Le recensement de ces milieux réalisé par les Fédérations de Pêche indique un nombre d'adoux supérieurs à 300 dans les Hautes-Alpes et Alpes de Haute-Provence. Le travail d'inventaire de la faune et de la flore aquatiques présenté ici, couplé avec une étude du régime hydrologique et thermique des adoux, révèle une diversité biologique importante dans ces milieux. Un peuplement typique des ruisselets de source du sud-est de la France caractérise ces cours d'eau (hypocrénon), avec pour chaque zone biogéographique des influences qui lui sont propres. Plusieurs espèces très rares ont été découvertes, d'autres n'avaient jamais été recensées dans la région dans les départements concernés. L'analyse des débits et des températures permet de dresser le cadre de vie des peuplements et de proposer une typologie à partir d'une quinzaine d'adoux décrits, choisis a priori pour état préservé. Dans une dernière partie, les sensibilités des adoux sont mentionnées, en particulier en contexte agricole où les menaces les plus importantes sont identifiées. Cette phase sera complétée dans un deuxième temps par un guide de gestion fournissant les bases d'une gestion concertée et efficace de ces milieux.

Remerciements à Gennaro Coppa (OPIE Benthos) pour sa précieuse contribution (vérification des déterminations des Trichoptères)

Table des matières

1.	Introduction.....	7
2.	Présentation des adoux	8
2.1.	Définition	8
2.1.	Rôle fonctionnel et intérêt écologique à l'échelle du bassin versant.....	8
2.2.	Enjeux « eaux et biodiversité » concernant les milieux étudiés	9
2.3.	Localisation des adoux en région PACA et des secteurs d'étude.....	10
2.3.1.	Les adoux au sein de la région PACA	10
2.3.2.	Les secteurs d'étude.....	11
2.3.3.	Description des stations d'étude pour chaque secteur étudié	13
3.	Objectifs et méthode.....	35
3.1.	Objectifs	35
3.2.	Méthode pour l'étude des adoux des Alpes du sud.....	36
3.2.1.	Caractérisation chimique et thermique du milieu.....	36
3.2.2.	Caractérisation faunistique et floristique	38
4.	Caractéristiques physico-chimiques des Adoux étudiés.....	43
4.1.	La conductivité.....	43
4.2.	L'oxygène	45
5.	Etude de l'hydrologie des adoux	48
5.1.	Contexte hydrologique des années d'étude (2017 et 2018)	48
5.2.	Débits moyens dans les adoux étudiés.....	51
5.1.	Interprétation par secteur géographique	52
5.1.1.	Adoux des collines de Basse Provence (adou de l'Asse, de la Bléone, des Chabrand).....	52
5.1.2.	Adoux des Préalpes du sud (adou de Chaussegros (Haute Bléone), adoux du Buëch et du Haut Verdon).....	57
5.1.3.	Adoux des Alpes internes du sud (Névache, St Crépin).....	63
6.	Etude du régime thermique des adoux	67
6.1.	Analyse globale du régime thermique	67
6.2.	Interprétation par secteur géographique	73
6.2.1.	Adoux des collines de Basse Provence (adou de l'Asse, de la Bléone, des Chabrand).....	73
6.2.2.	Adoux des Préalpes du Sud (Buëch)	79
6.2.3.	Adoux des Préalpes du Sud (Haut Verdon, Haute Bléone)	87
6.2.4.	Adoux des Alpes internes du sud.....	88
6.2.5.	Adoux des Alpes internes du sud (Haute Durance)	93

7.	Etude de la flore aquatique et rivulaire (cen paca)	100
7.1.	Adoux des collines de Basse Provence (adou de l'Asse, de la Bléone, des Chabrand)	100
7.2.	Adoux des Préalpes du Sud (Buëch)	111
7.3.	Adoux des Préalpes du Sud (Haut Verdon)	121
7.4.	Adoux des Alpes internes du sud (Haute Durance).....	127
8.	Etude des invertébrés aquatiques.....	135
8.1.	Liste faunistique et richesse globale	135
8.2.	Richesse faunistique par adou étudié	137
9.	Caractérisation faunistique des Adoux.....	138
9.1.	Présentation des espèces les plus fréquentes dans les adoux	138
9.2.	Caractérisation des adoux au travers du peuplement faunistique	141
9.2.1.	Classification Ascendante Hiérarchique.....	142
9.2.2.	Analyse Factorielle des Correspondances.....	144
9.2.3.	Espèces caractéristiques par type d'adoux.....	146
10.	Etude de l'intérêt patrimonial des Adoux au travers des Invertébrés aquatiques	151
10.1.	Apport de l'inventaire à la connaissance de la biodiversité régionale	151
10.2.	Espèces remarquables recensées dans les adoux.....	154
10.3.	Evaluation de l'enjeu patrimonial des adoux au travers du peuplement d'invertébrés aquatiques	157
11.	Etude du peuplement d'Odonates (cen paca)	159
11.1.	Liste d'espèces et description du cortège.....	159
11.2.	Espèces remarquables et enjeu patrimonial.....	162
12.	Synthèse et Discussion	165
12.1.	Typologie des adoux	165
12.2.	Etude de cas	172
12.3.	Sensibilité des adoux et pressions	175
13.	Conclusion	178
14.	Bibliographie	179
	Annexes	181

1. INTRODUCTION

La caractérisation fonctionnelle des « adoux » des Alpes du Sud s'inscrit dans l'axe 2 de l'appel à projet lancé par l'Agence de l'Eau : **améliorer la connaissance de la biodiversité.**

Ces milieux d'eau courantes ont fait l'objet localement d'études piscicoles et astacicoles en vue de restaurations écologiques afin de rétablir les connexions avec le cours principal, en particulier pour favoriser la libre circulation des espèces piscicoles. Ces projets sont portés par des structures locales comme les Fédérations de Pêche des Hautes-Alpes et des Alpes de Haute Provence, ou certains syndicats de rivières (Bléone).

Notre démarche, loin d'être redondante avec ces actions de restauration, s'inscrit dans un besoin de connaissance de ces milieux. Ce projet est donc un complément permettant **une connaissance approfondie des adoux, en favorisant une approche fonctionnelle et s'intéressant à des compartiments peu étudiés dans ce contexte** (flore aquatique, invertébrés benthiques) et pourtant primordiaux pour décrire la biodiversité de ces milieux aquatiques.

De plus, ces adoux font fréquemment l'objet de pressions agricoles diverses (prélèvements d'eau, « entretien » par curage, apports d'eaux parasites en provenance du lit mineur...) dont les impacts sur la fonctionnalité des adoux ont jusqu'à lors été peu évalués.

Sur la base des connaissances acquises nous chercherons également à confronter notre regard à celui de gestionnaires et usagers (APPMA, agriculteurs) afin de rechercher des modalités de gestion prenant en compte le plus possible les caractéristiques naturelles des adoux.

L'ensemble de ce travail donnera naissance à un « guide de connaissance et de gestion des adoux ».

Il est proposé de réaliser cette étude sur quinze milieux choisis pour leur préservation et leur bon fonctionnement supposé, typiques d'une aire géographique donnée (adoux du Buëch, de l'Asse, de la Bléone, de l'Issole, de la Durance...). Ce travail sera transposable sur d'autres bassins versants de cours d'eau en tresse où sont présents ces adoux (Ubaye, Var...). Cette étude est réalisée en collaboration avec le CEN PACA (flore aquatique, odonates, guide de gestion).

2. PRÉSENTATION DES ADOUX

2.1. Définition

*Le terme « **adoux** » désigne dans certains départements des Alpes du Sud des ruisseaux et ruisselets s'écoulant dans le lit moyen d'un cours d'eau de rang supérieur. D'une manière générale, on peut désigner sous ce terme les annexes hydrauliques du cours d'eau alimentées par la nappe alluviale.*

On peut définir un adoux comme une résurgence de la nappe phréatique ou des infiltrations de bassins versants présentant des caractéristiques de débit, de température et de physico-chimiques relativement constantes sur l'année. Leur taille varie généralement de quelques centaines de mètres à 2 ou 3 kilomètres.

2.1. Rôle fonctionnel et intérêt écologique à l'échelle du bassin versant

Les caractéristiques hydrologiques des adoux (alimentation par des résurgences de la nappe phréatique), leur confère des propriétés physico-chimiques qui leur sont propres. La température constante de ces milieux et le débit relativement stable jouent un rôle primordial pour les espèces sténothermes, vivant dans les milieux à températures fraîches et constantes. Ils constituent un **refuge** pour cette biocénose à l'échelle du bassin versant.

De plus, ces milieux étant moins perturbés par les crues que le cours principal, ils permettent une recolonisation par dérive de l'axe principal. Pour beaucoup d'entre eux, c'est également un lieu de reproduction (truite fario) dont l'ensemble du bassin versant est bénéficiaire. Dans ce contexte, ils constituent de véritables **réservoirs biologiques**.

Enfin, leur alimentation étant souvent continue au cours de l'année, les plus importants d'entre eux alimentent de manière efficace le cours principal, assurant ainsi le **soutien du débit d'étiage**. Cet apport de cette eau plus fraîche contribue également à **améliorer la qualité** de cours principal en limitant les effets du réchauffement estival.



Photo 1 : confluence entre l'adou de la Batie et l'Issole (04). En période d'étiage, cet adou constitue l'apport majoritaire du débit du cours d'eau en aval du hameau de la Batie

2.2. Enjeux « eaux et biodiversité » concernant les milieux étudiés

D'après l'état actuel des connaissances, ces milieux aquatiques localisés en tête des réseaux (cas de la haute Durance ou de l'Issole sur le Verdon) ou rejoignant le cours inférieur des rivières (cas de l'Asse à Brunet), accueillent de nombreuses espèces. Certaines sont rares ou endémiques, comme l'Agrion bleuâtre (*Coenagrion caerulescens*) retrouvés dans certains adoux de la vallée de l'Asse. Citons également l'Ecrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*), espèce protégée, retrouvée régulièrement dans ces milieux (Buëch, Asse), et qui a fait l'objet d'un inventaire par la Fédération de Pêche des Alpes de Haute Provence.

Outre le milieu de vie qu'ils constituent pour ces espèces, leur rôle de réservoirs biologiques concerne toute la partie aval des bassins versants qui bénéficie des apports d'individus par dérive. L'apport d'eaux fraîches et à débit constant conditionnent également le développement de certaines espèces dans le lit principal.

Mais, outre ces observations ponctuelles, **il n'existe pas d'inventaires complets** de la biocénose vivant dans ces milieux. Si le peuplement piscicole et le rôle sur le développement de la truite fario sont bien connus grâce aux études réalisées par les Fédérations de Pêche des Alpes de Haute Provence et des Hautes-Alpes, le peuplement d'invertébrés aquatiques et la flore ont fait l'objet de très peu d'études, malgré l'intérêt pressenti.

2.3. Localisation des adoux en région PACA et des secteurs d'étude

2.3.1. Les adoux au sein de la région PACA

Les principaux adoux de la région PACA sont concentrés sur le **bassin versant de la Durance et du Drac**. Les sous-bassins versant principaux de la Durance où sont présents des adoux sont la **Haute-Durance (dont la Clarée et le Guil)**, l'**Ubaye**, le **Buëch**, la **Bléone**, l'**Asse** et le **Verdon**. Sur ce dernier bassin, le sous-bassin de l'Issole (amont St André les Alpes) en concentre de beaux exemplaires.

Départements	Cours d'eau	Nb d'adoux	Sources
Hautes-Alpes	<i>Le Buëch</i>	28	SMIGIBA
	<i>La Haute Durance</i>	25	Fédé 05 (2010)
	<i>Drac (dt Séveraisse)</i>	35	Fédé 05 (2010)
Alpes-de-Haute-Provence	<i>Le Verdon (dt Issole)</i>	19	Fédé 04 (2016)
	<i>La Bléone</i>	45	Fédé 04 (2019)
	<i>L'Ubaye (dont affluents)</i>	46	Fédé 04 (2019)
	<i>La Blanche</i>	16	Fédé 04 (2019)
	<i>Le Sasse</i>	16	Fédé 04 (2019)
	<i>Le Vanson</i>	2	Fédé 04 (2019)
	<i>L'Asse</i>	39	Fédé 04 (2019)
	<i>Moyenne Durance</i>	1	A rechercher
Total à ce jour		272	

Tableau 1 : Nombre d'adoux actuellement recensés dans la région PACA

Les différents travaux de recensements des adoux réalisés par la Fédérations de Pêche des Alpes-de-Haute-Provence, la Fédération de Pêche des Hautes-Alpes et certains syndicats de rivière comme le SMIGIBA sur le Buëch, permettent de donner une estimation du nombre d'adoux. Sur l'ensemble de la région, **272 adoux sont recensés**. Ce chiffre est une valeur certainement sous-estimée, la découverte d'adoux étant encore d'actualité. Les adoux de la moyenne Durance sont par exemple très mal-connus et aucun chiffre définitif ne peut actuellement être donnée. Un tiers d'entre eux sont localisés dans le département des Hautes-Alpes, les deux tiers restant dans le département des Alpes-de-Haute-Provence

A l'exception du Drac, ils sont tous situés sur la Durance et des affluents. Les bassins versants de l'Ubaye, de la Bléone ou de l'Asse en concentrent le nombre le plus important.

2.3.2. Les secteurs d'étude

Le **choix définitif des quinze adoux** à étudier a été réalisé en concertation avec l'Agence de l'Eau, les Fédérations de Pêche, les Syndicats de rivières en place et le CEN PACA. Dans un premier temps, il a été privilégié la bonne préservation des milieux et leur représentativité à l'échelle du bassin concerné. En cours d'étude, il est paru opportun d'étudier un adou situé dans un secteur agricole fortement aménagé, l'adou des Faysses (ou Faïsses) sur la Bléone, sur lequel un plan de gestion est actuellement en cours.

Comme indiqué sur la carte présentée ci-dessous, les adoux étudiés sont tous situés sur le bassin versant de la Durance. Les sous-bassins concernés sont celui de la **Haute-Durance, du Buëch, du Verdon, de la Bléone et de l'Asse**.

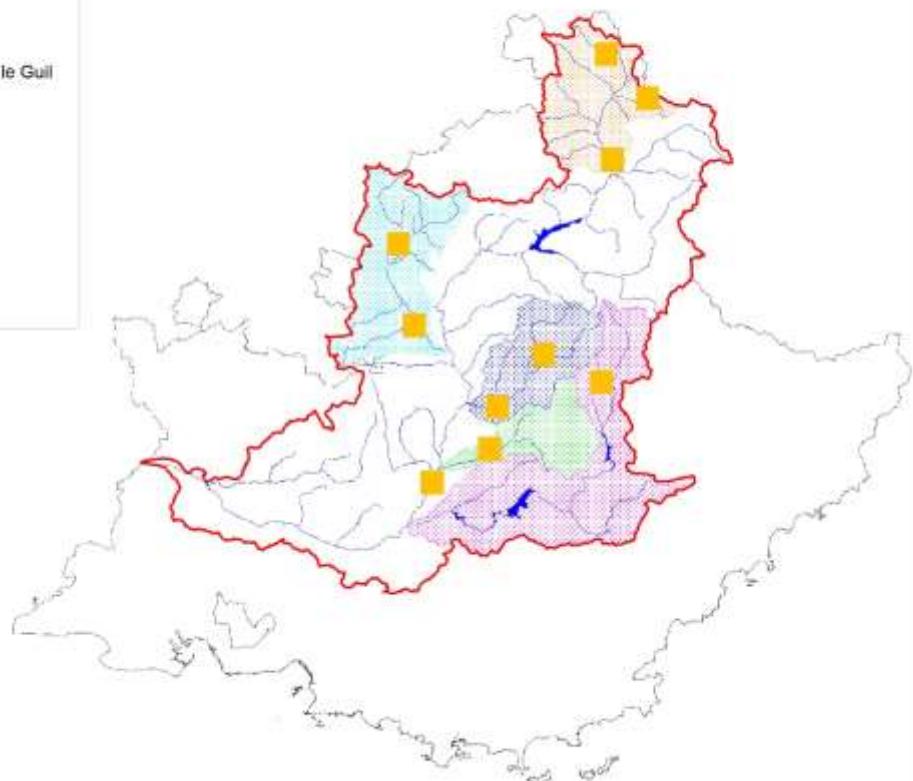
Sur chaque adoux retenu, **deux stations d'études** ont été suivis quand cela a été jugé nécessaire (longueur du linéaire suffisamment longue). Le suivi de deux stations permet de disposer d'une évaluation des changements pouvant avoir lieu entre la source et sa confluence avec le cours principal.

Localisation des secteurs d'étude des adoux de PACA et des bassins versants concernés

Légende :

- [Bassin versant de la Durance]
- [Haute Durance en amont de la confluence avec le Guil]
- [Bassin versant du Buëch]
- [Bassin versant de la Bléone]
- [Bassin versant de l'Asse]
- [Bassin versant du Verdon]
- [Secteurs d'étude des 15 adoux sélectionnés]

0 50 100
Kilomètres



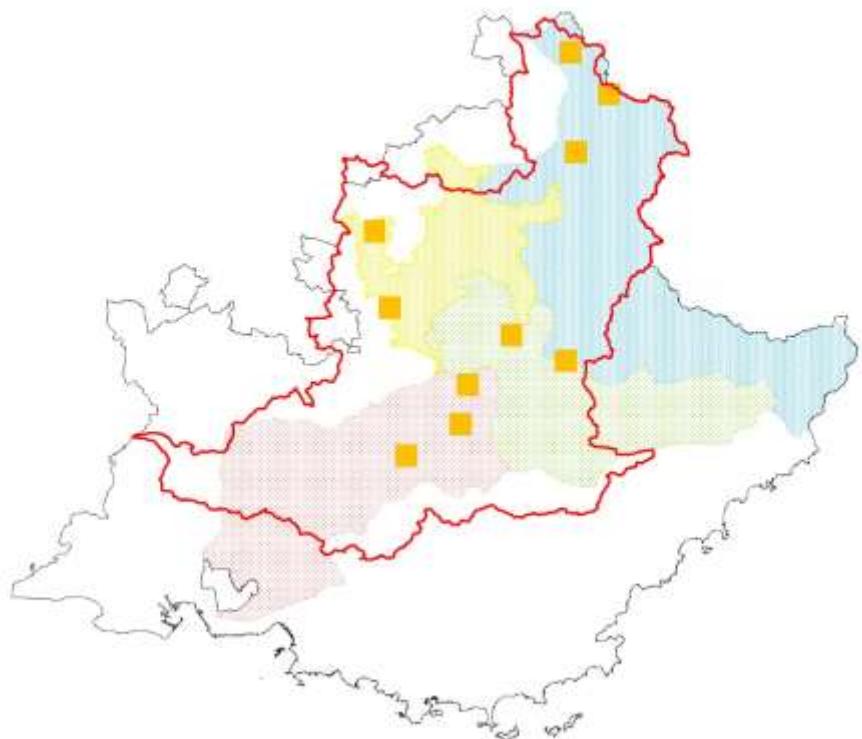
Carte 1 : Localisation des secteurs d'étude et des bassins versants concernés par l'étude des Adoux

Localisation des secteurs d'étude des adoux de PACA au sein des Hydroécorégions de rang 2 (HER2)

Légende :

- Bassin versant de la Durance
- HER2 Collines de Basse Provence
- HER2 Préalpes Digne Haute Vallée du Var
- HER2 Gapençais Embrunais
- Alpes Internes du sud
- Secteurs d'étude des 15 adoux sélectionnés

0 50 100
Kilomètres



Carte 2 : Localisation des secteurs d'étude et des HER2 concernées par l'étude des Adoux

Les hydro-écorégions de rang 2 dans lesquelles sont situées les adoux étudiés sont les suivantes :

- **HER2 Alpes internes du sud** (altitudes élevées et régime nival dominant) : 3 adoux ;
- **HER2 Gapençais Embrunais** (altitude moyennement élevées, influences climatiques montagnardes et méditerranéennes, régime pluvial dominant) : 4 adoux ;
- **HER2 Préalpes Digne Haute Vallée du Var** (relief de montagne avec climat montagnard à tendance méditerranéenne) : 4 adoux ;
- **HER2 Colline de Basse Provence** (région de collines aux formations détritiques dominantes et au climat méditerranéen) : 4 adoux.

2.3.3. Description des stations d'étude pour chaque secteur étudié

- Adoux de Haute-Durance

Bassin versant	Haute Durance					
	Cerveyrette	Clarée	Durance	Adou du Bourget	Adou de Névache	Adou de St Crépin-Béalière
Adoux						
Département				Hautes-Alpes		
Communes	Cervières			Névache		
Code INSEE	05027			05093		
Stations	Bourget amont	Bourget aval	Névache amont	Névache aval	St Crépin amont	St Crépin aval
Coordonnées géographiques (Lambert 93) X	997446,13	996407,12	984916,02	985667,21	985036,98	985639,43
Coordonnées géographiques (Lambert 93) Y	6426653,85	6426856,95	6441844,28	6441809,29	6407990	6406662,76
Hydro-écorégion de rang 1	Alpes internes					
Hydro-écorégion de rang 2	Alpes internes du sud					
Altitude de la source (m)	1870	1870	1585	1585	911	911
Altitude confluence (m)	1856	1856	1579	1579	896	896
Longueur de l'adou (m)	1900	1900	1300	1300	1930	1930
Linéaire rectiligne (m)	0	0	0	0	230	230
Pente moyenne (%)	0,74		0,46		0,78	
Distance à la source (m)	120	1400	100	1180	200	1880
Distance à la station amont (m)	0	1280	0	1080	0	1680
Type végétation	alluviale (marais)	alluviale (marais)	alluviale/prairie	alluviale/prairie	prairie/terre cultivée	forestier/alluvial
Prairies permanentes	non	non	non	oui	oui	oui
Terres cultivées	non	non	non	non	oui	oui
Débit moyen (l/s)	74	31	34	305	81	88
Permanence de l'écoulement	oui	oui	oui	oui	oui	oui ?
Apports artificiels (canaux...)	non	non	non	non	non	non
Connexion avec le cours principal	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Etat de la ripisylve (dense/éparse/nulle)	nulle	éparse	éparse	éparse	dense	dense
Ensoleillement direct (oui/non/partiel)	oui	partiel	partiel	partiel	non	non
Curages réguliers	non	non	non	oui	non	non
Recalibrages réguliers	non	non	non	non	non	non
Débroussaillages réguliers	non	non	non	non	non	non
Prélèvements d'eau	non	non	non	non	non	oui ?
Retours d'irrigation	non	non	non	non	non	non
Observation d'EEE aquatique	non	non	non	non	non	non
Risques apports d'intrants	non	non	non	non	non	non
Risques apports de matière organique	oui	oui	oui	oui	non	non
Signes visibles d'eutrophisation	non	non	non	non	non	non

Tableau 2 : Caractéristiques descriptives des adoux de Haute-Durance étudiés

Bassin versant : La Cerveyrette (Haute Durance)

Adou du Bourget

Commune de : Cervières (05)

Localisation :

Hameau du Bourget



Dates campagnes de mesures : 28/06/17 ; 12/09/17 ; 22/08/2018



Plaine du Bourget



Bourget aval

Bassin versant : La Clarée (Haute Durance)

Commune de : Névache (05)

Adou de Névache

Localisation : aval village, rive droite de la Clarée



Dates campagnes de mesures : 28/06/17 ; 12/09/17 ; 20/03/2018 ; 29/05/2018 ; 22/08/2018



Névache amont



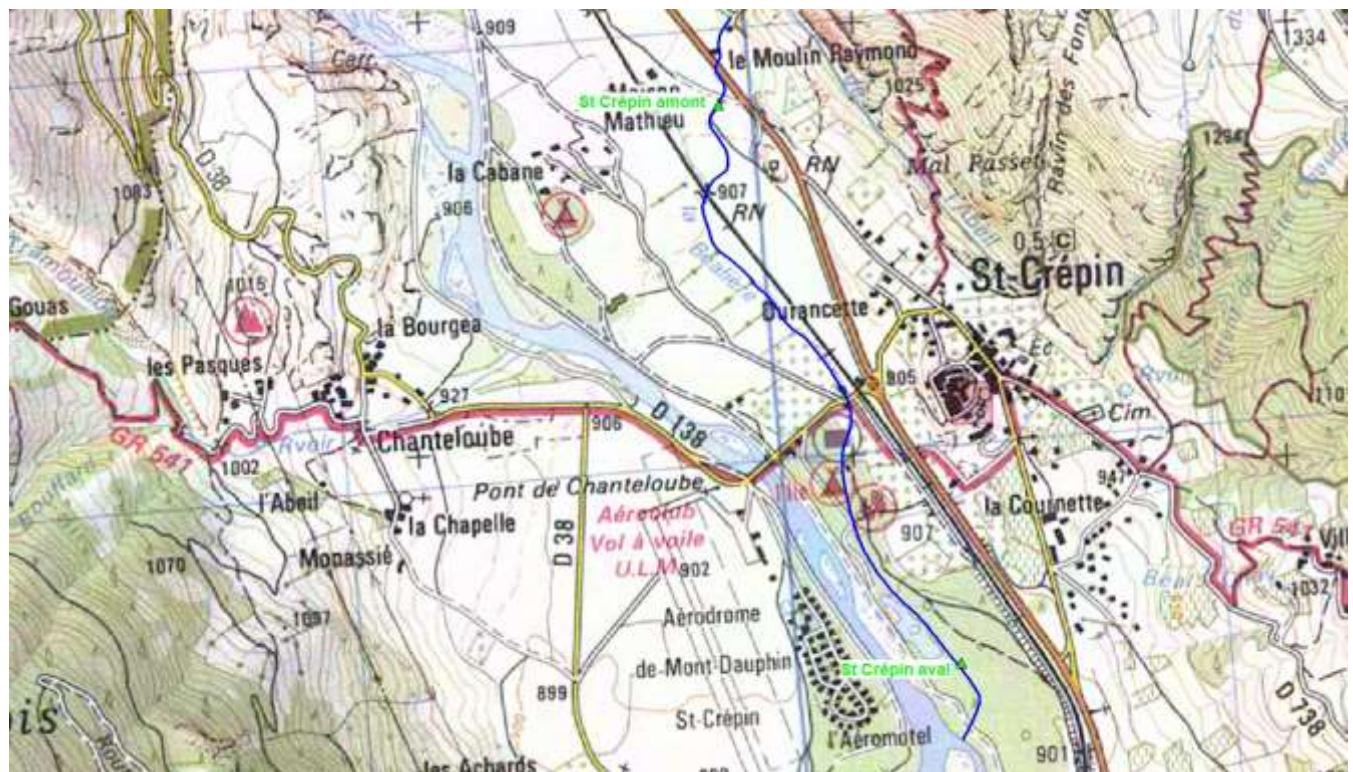
Névache aval

Bassin versant : La Durance (Haute Durance)

Commune de : Saint-Crépin (05)

Adou de St Crépin

Localisation : entre le village et la Durance



Dates campagnes de mesures : 28/06/17 ; 12/09/17 ; 20/03/2018 ; 29/05/2018 ; 22/08/2018



- Adoux du Buëch

Bassin versant	Buëch						
Sous bassin-versant	Petit Buëch			Grand Buëch		Buëch	
Adoux	Fontenil	Baumette		Garenne		Bastidon	
Département	Hautes-Alpes						
Communes	Veynes	Oze	Oze	Oze	Aspremont	Aspremont	Val Buëch-Méouge
Code INSEE	05179	05099	05099	05099	05008	05008	05118
Stations	Fontenil amont	Fontenil aval	Baumette amont	Baumette aval	Garenne amont	Garenne aval	Bastidon amont
Coordonnées géographiques (Lambert 93) X	922200,75	921172,8	920231,47	919896,88	916418,08	916147,56	925200,27
Coordonnées géographiques (Lambert 93) Y	6383998,95	6383156,55	6382419,4	6382005,41	6379493,34	6379157,89	6355966,09
Hydro-écorégion de rang 1	Préalpes du sud						
Hydro-écorégion de rang 2	Gapençais Embrunais						
Altitude de la source (m)	788	788	760	760	704	704	530
Altitude confluence (m)	763	763	746	746	698	698	518
Longueur de l'adou (m)	2100	2100	1200	1200	600	600	1000
Pente moyenne (%)	1,19		1,17		1,00		1,20
Distance à la source (m)	250	1600	300	900	100	580	500
Distance à la station amont (m)	0	1350		600		480	
Type végétation	forestier	forestier	forestier	forestier	forestier	forestier	forestier
Prairies permanentes	non	non	non	non	non	non	non
Terres cultivées	non	non	non	non	non	non	non
Débit moyen (l/s) (moyenne 2017/2018)	51	19	17	143	23	70	9
Permanence de l'écoulement	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Apports artificiels (canaux...)	non	non	non	non	non	non	non
Connexion avec le cours principal	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Etat de la ripisylve (dense/éparse/nulle)	dense	dense	dense	dense	dense	dense	dense
Ensoleillement direct (oui/non/partiel)	non	non	non	non	non	non	non
Curages réguliers	non	non	non	non	non	non	non
Recalibrages réguliers	non	non	non	non	non	non	non
Débroussaillages réguliers	non	non	non	non	non	non	non
Prélèvements d'eau	non	non	non	non	non	non	non
Retours d'irrigation	non	non	non	non	non	non	non
Observation d'EEE aquatique	non	non	non	non	non	non	non
Risques apports d'intrants	non	non	non	non	non	non	non
Risques apports de matière organique	non	non	non	non	non	non	non
Signes visibles d'eutrophisation	non	non	non	non	non	non	non

Tableau 3 : Caractéristiques descriptives des adoux du Buëch étudiés

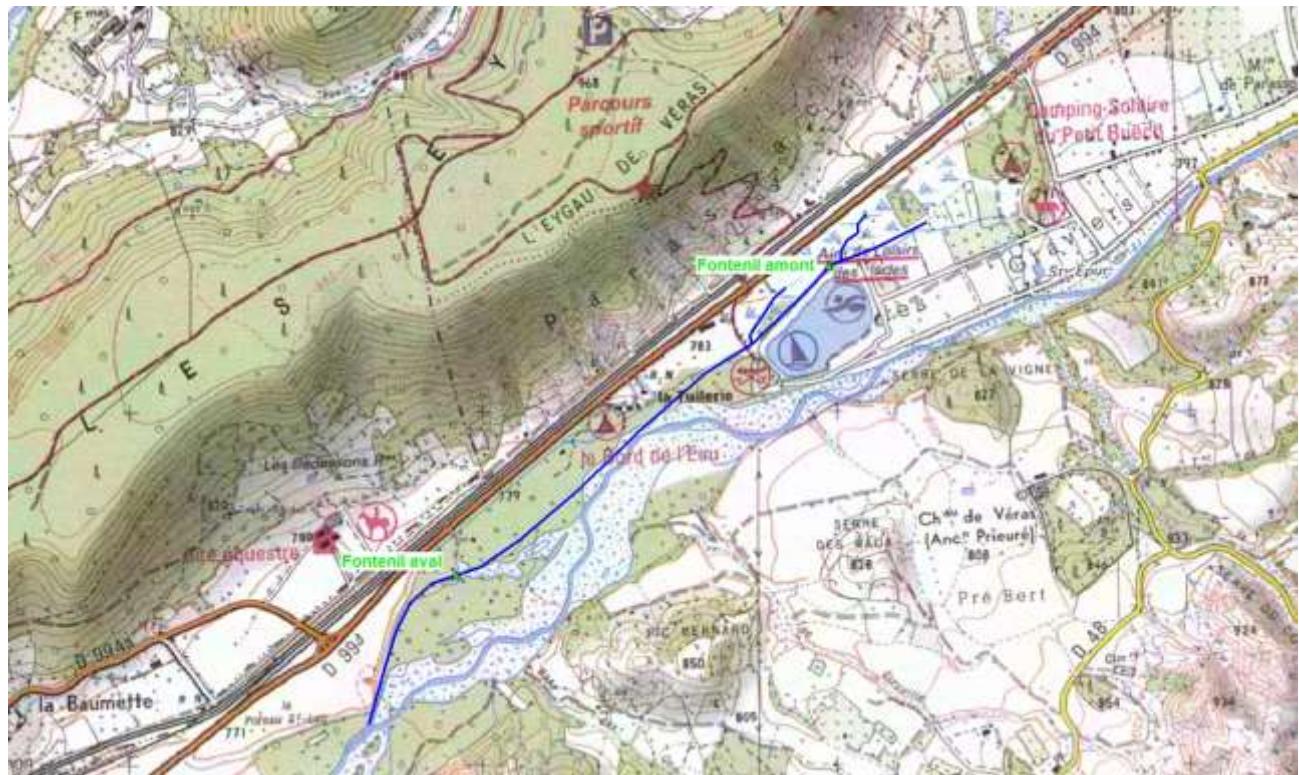
Bassin versant : **Petit Buëch**

Commune de : **Veynes (05)**

Adou de Fontenil

Localisation :

Aval Veynes (base de loisir)



Dates campagnes de mesures : 30/05/17 ; 17/07/17 ; 06/11/17 ; 07/03/18 ; 23/05/18 ; 24/07/18



Fontenil amont



Fontenil aval

Bassin versant : Petit Buëch

Adou de Baumette

Commune de : Oze (05)

Localisation :

Bord de route d994 Veynes/Serres



Dates campagnes de mesures : 30/05/17 ; 17/07/17 ; 06/11/17 ; 07/03/18 ; 23/05/18 ; 24/07/18



Baumette amont



Baumette aval

Bassin versant : Grand Buëch

Commune de : Aspremont (05)

Adou de Garenne

Localisation :

A proximité du château de la Garenne



Dates campagnes de mesures : 30/05/17 ; 17/07/17 ; 06/11/17 ; 07/03/18 ; 23/05/18 ; 24/07/18



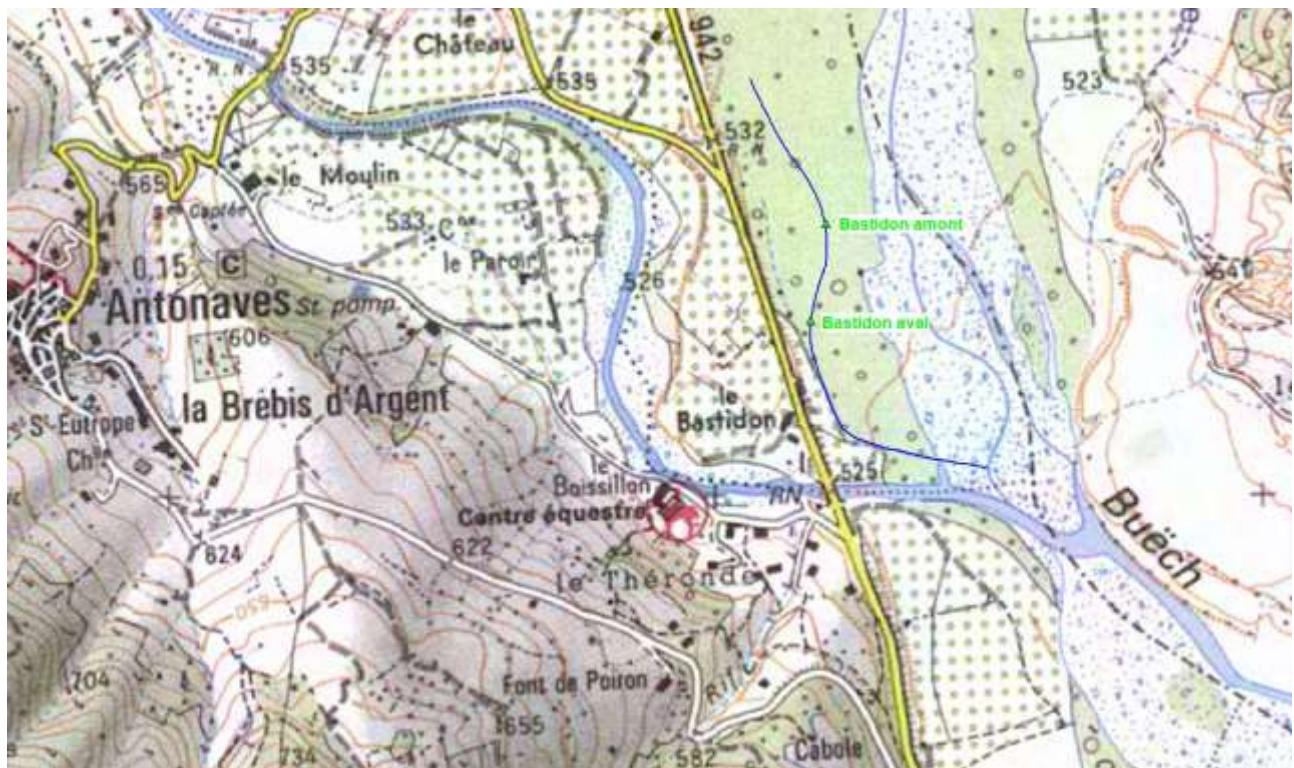
Bassin versant : Buëch

Adou de Bastidon

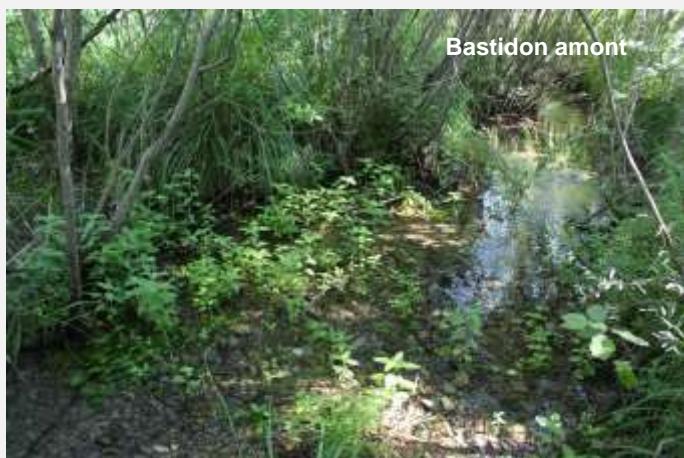
Commune de : Val Buëch-Méouges

Localisation :

Amont immédiat confluence
Méouges/Buëch



Dates campagnes de mesures : 30/05/17 ; 17/07/17 ; 06/11/17 ; 07/03/18 ; 23/05/18 ; 24/07/18



Bastidon amont



Bastidon aval

- Adoux du Verdon

Bassin versant	Verdon					
Sous bassin-versant	Issole					Verdon
Adoux	La Batie		Villars		Neigeas	Pont du Moulin
Département	Alpes-de-Haute-Provence					
Communes	Thorame-Basse	Thorame-Basse	Thorame-Basse	Thorame-Basse	Thorame-Basse	Thorame-Haute
Code INSEE	04218	04219	04220	04220	04220	04219
Stations	Batie amont RD	Batie amont RG	Batie aval	Villars amont	Villars aval	Pont du Moulin
Coordonnées géographiques (Lambert 93) X	978677,95	978759,21	978677,73	981183,63	981206,12	981172,7
Coordonnées géographiques (Lambert 93) Y	6336518,81	6336385,84	6335593,52	6342195,46	6342106,36	6340152,33
Hydro-écorégion de rang 1	Préalpes du sud			Alpes internes		
Hydro-écorégion de rang 2	Préalpes Digne haute Vallée du Var			Alpes internes du sud		
Altitude de la source (m)	1075	1066	1075	1226	1226	1210
Altitude confluence (m)	1056	1056	1056	1223	1223	1199
Longueur de l'adou (m)	1350	1350	1350	450	450	450
Pente moyenne (%)	1,41	0,74	1,41	0,67	0,67	2,44
Distance à la source (m)		400	1250	230	320	250
Distance à la station amont (m)			850	210	90	
Type végétation	forestier	forestier	forestier	forestier	forestier	forestier
Prairies permanentes	oui	oui	non	non	non	non
Terres cultivées	non	non	non	non	non	non
Débit moyen (l/s)	78	31	310	16	41	<5
Permanence de l'écoulement	non	oui	oui	oui	oui	oui
Apports artificiels (canaux...)	non	non	non	non	non	non
Connexion avec le cours principal	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Etat de la ripisylve (dense/éparse/nulle)	éparse	dense	dense	dense	dense	dense
Ensoleillement direct (oui/non/partiel)	non	non	non	non	non	non
Curages réguliers	non	non	non	non	non	non
Recalibrages réguliers	non	non	non	non	non	non
Débroussaillages réguliers	non	non	non	non	non	non
Prélèvements d'eau	non	non	non	non	non	non
Retours d'irrigation	non	non	non	non	non	non
Observation d'EEE aquatique	non	non	non	non	non	non
Risques apports d'intrants	non	non	non	non	non	non
Risques apports de matière organique	oui	non	oui	non	non	non
Signes visibles d'eutrophisation	non	non	non	non	non	non

Tableau 4 : Caractéristiques descriptives des adoux du Verdon étudiés

Bassin versant : Issole

Adou de La Batie

Commune de : Thorame-Basse (04)

Localisation :

Aval hameau de La Batie



Dates campagnes de mesures : 31/05/17 ; 19/07/17 ; 08/11/17 ; 05/03/18 ; 30/07/18



La Batie amont RG



La Batie aval

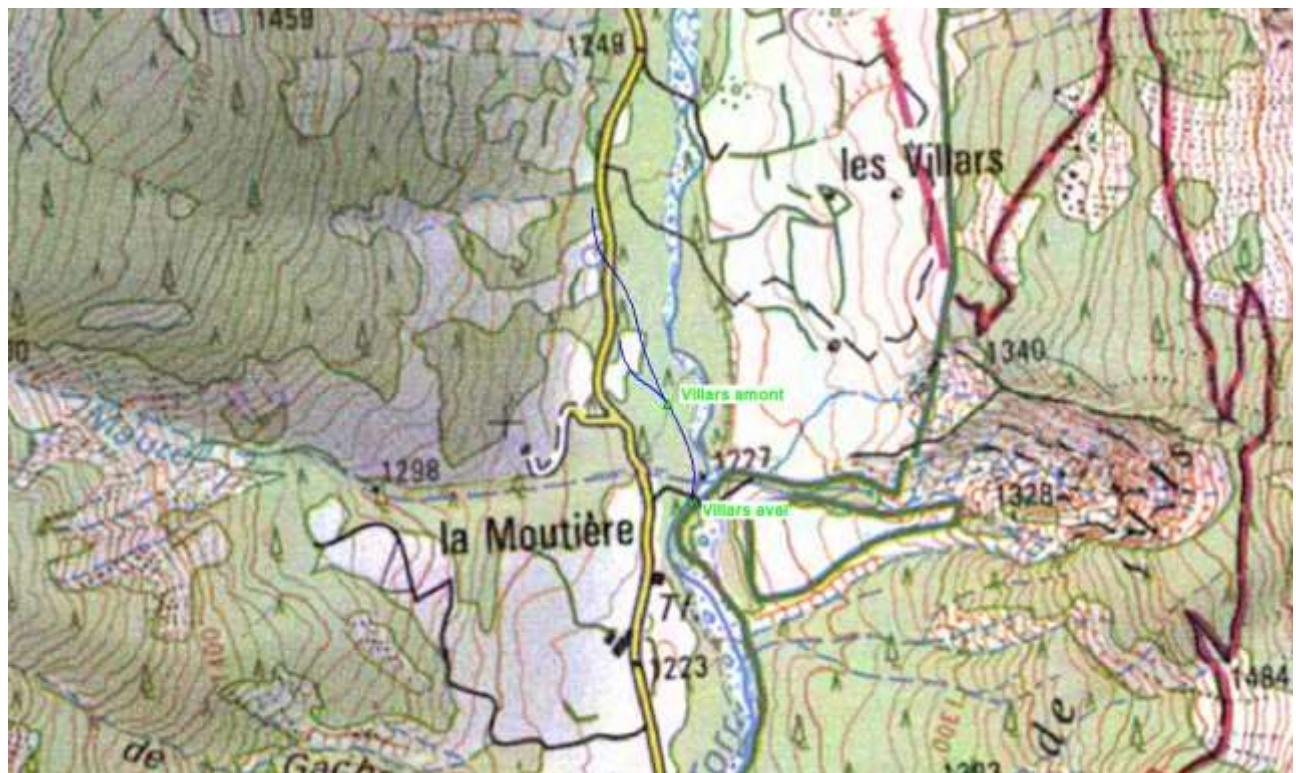
Bassin versant : Issole

Adou de Villars

Commune de : Thorame-Basse (04)

Localisation :

Amont la Moutière route de La Valette



Dates campagnes de mesures : 31/05/17 ; 19/07/17 ; 08/11/17 ; 05/03/18 ; 30/07/18



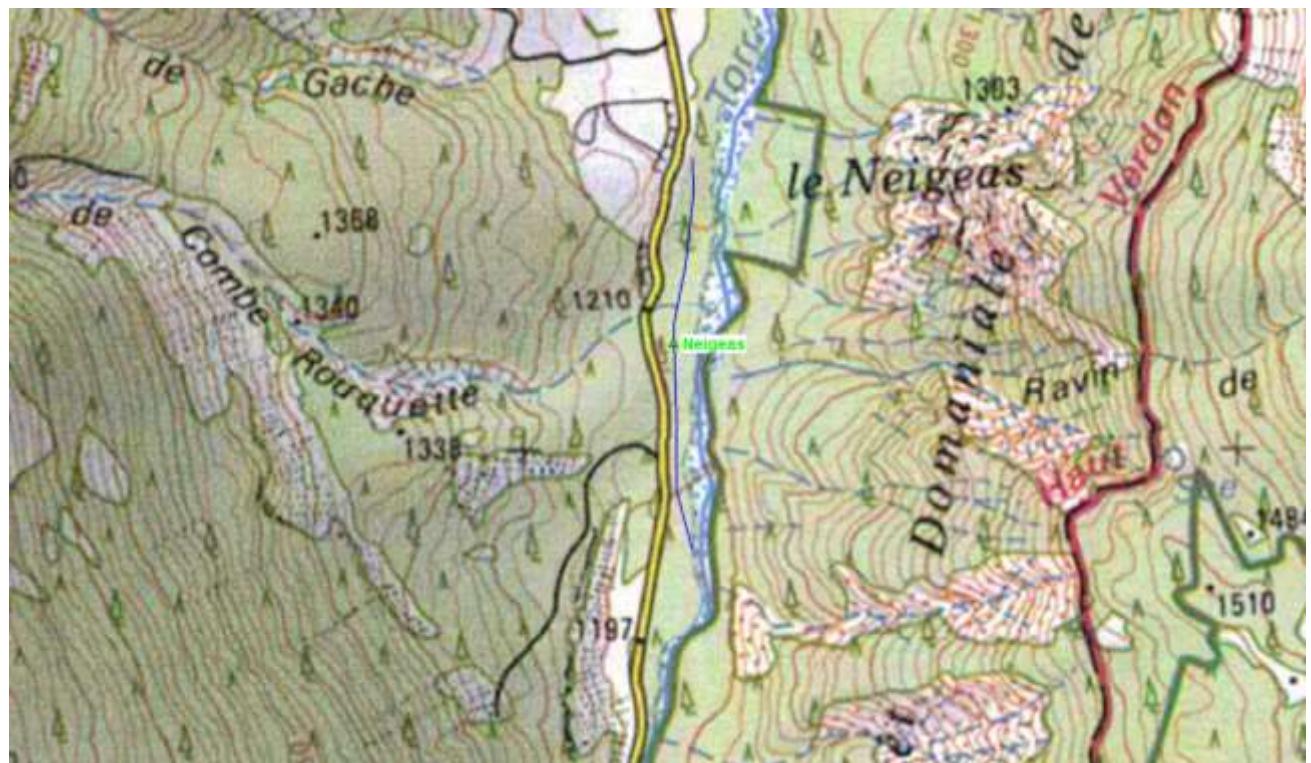
Bassin versant : Issole

Adou de Neigeas

Commune de : Thorame-Basse (04)

Localisation :

Aval La Moutière



Dates campagnes de mesures : 31/05/17 ; 19/07/17 ; 08/11/17 (sec)



Bassin versant : Verdon

Adou du Pont du Moulin

Commune de : Thorame-Haute (04)

Localisation :

Amont Pont du Moulin (Verdon)



Dates campagnes de mesures : 31/05/17 ; 19/07/17 ; 08/11/17 ; 05/03/18 ; 30/07/18



- Adoux de la Bléone

Bassin versant	Bléone				
Sous bassin-versant	Bléone				
Adoux	Chaussegros	Faysses	Marine		
Département					
Communes	Le Brusquet	Mallemoisson	Mallemoisson	Le Chaffaut-Saint-Jurson	
Code INSEE	04036	04110	04110	04046	
Stations	Chaussegros	Faysses amont/source Lavoir	Faysses aval	Marine amont	Marine aval
Coordonnées géographiques (Lambert 93) X	964277,11	950128,03	949679,07	948789,11	947810,43
Coordonnées géographiques (Lambert 93) Y	6347121,55	6331497,65	6331266,12	6330455,58	6330111,79
Hydro-écorégion de rang 1	Préalpes du sud	Méditerranée			
Hydro-écorégion de rang 2	Préalpes Digne haute Vallée du Var	Colline de Basse Provence			
Altitude de la source (m)	750	491	491	483	483
Altitude confluence (m)	745	476	476	468	468
Longueur de l'adou (m)	400	2300	2300	1700	1700
Linéaire rectiligne (m)	0		900		400
Pente moyenne (%)	1,25	0,65	0,65	0,88	0,88
Distance à la source (m)	200	100	760	90	1290
Distance à la station amont (m)	0		670		1200
Type végétation	forestier	forestier	herbacée	forestier/herbacé	forestier
Prairies permanentes	oui	non	non	oui	oui
Terres cultivées	non	non	oui	oui	oui
Débit moyen (l/s)	6	29	47	17	115
Permanence de l'écoulement	oui	oui	oui	oui	oui
Apports artificiels (canaux...)	non	non	oui	non	non
Connexion avec le cours principal	oui	oui	oui	oui	oui
Etat de la ripisylve (dense/éparse/nulle)	dense	éparse	nulle	éparse	dense
Ensoleillement direct (oui/non/partiel)	non	partiel	oui	partiel	non
Curages réguliers	non	oui	oui	non	non
Recalibrages réguliers	non	non	?	non	non
Débroussaillages réguliers	non	oui	oui	non	non
Prélèvements d'eau	non	oui	oui	non	non
Retours d'irrigation	non	non	oui	non	non
Observation d'EEE aquatique	non	non	non	non	non
Risques apports d'intrants	non	oui	oui	non	non
Risques apports de matière organique	non	oui	non	non	non
Signes visibles d'eutrophisation	non	non	non	non	non

Tableau 5 : Caractéristiques descriptives des **adoux de la Bléone** étudiés

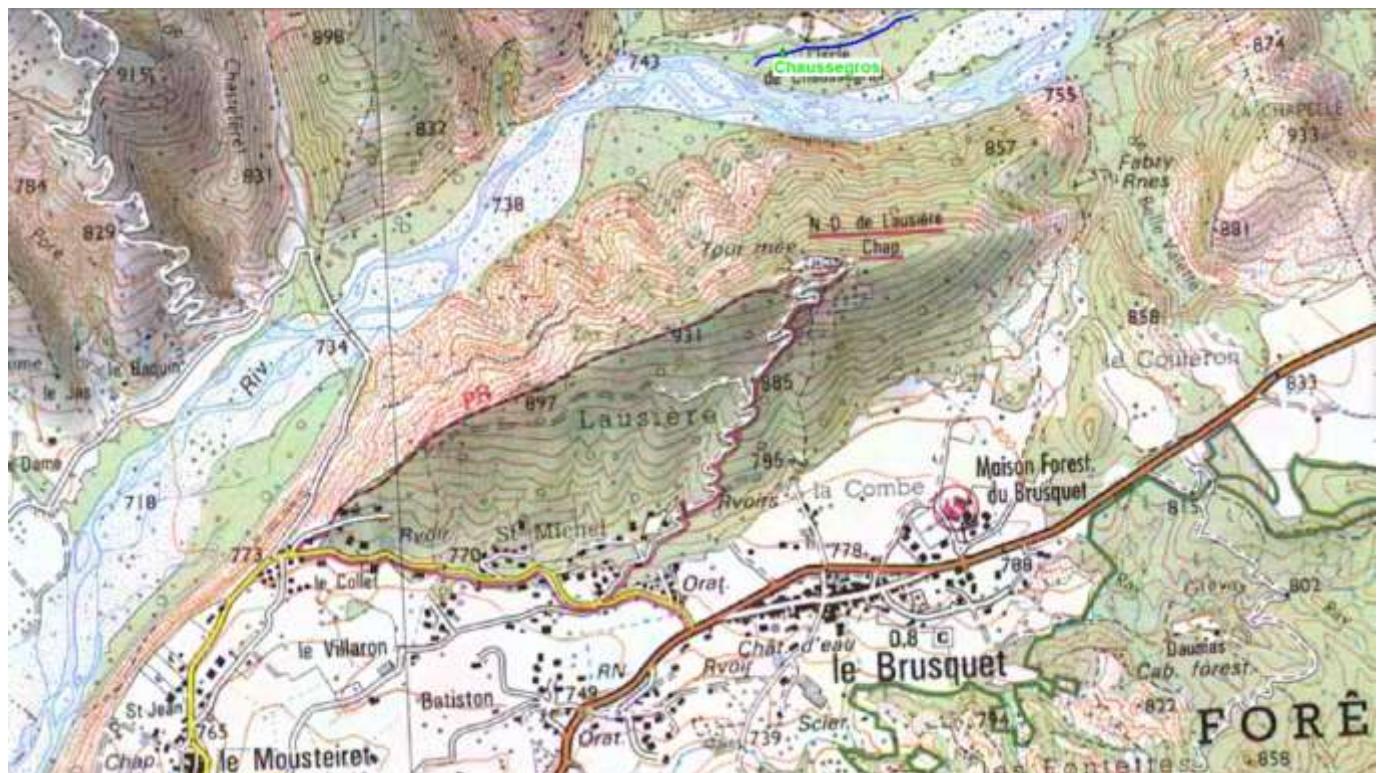
Bassin versant : Bléone

Adou de Chaussegros

Commune de : Le Brusquet (04)

Localisation :

Rive droite Bléone, pont de Moustéiret



Dates campagnes de mesures : 30/05/17 ; 18/07/17 ; 07/11/17 ; 28/03/18



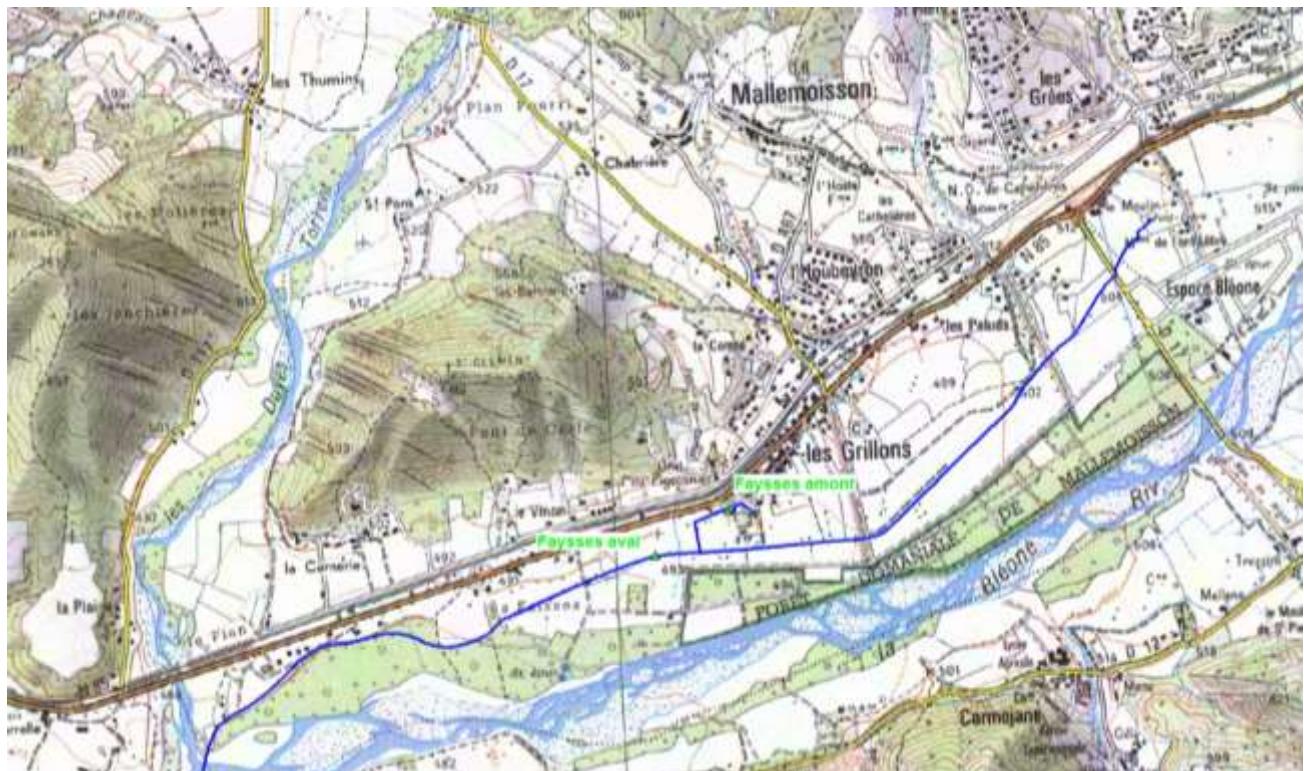
Bassin versant : Bléone

Adou des Faysses

Commune de : Mallemoisson (04)

Localisation :

Rive droite Bléone, à Mallemoisson



Dates campagnes de mesures : 04/09/18 ; 29/04/19 ; 05/06/19



Faysses amont



Faysses aval

Bassin versant : Bléone

Adou de La Marine

Commune de : Mallemoisson (04)

Localisation :

Rive gauche Bléone, au Chaffaud



Dates campagnes de mesures : 26/09/17 ; 28/03/18 ; 12/06/18 ; 04/09/18 ; 29/04/19 ; 05/06/19



Marine amont



Marine aval

- Adoux de l'Asse et de la Durance

Bassin versant	Asse		Durance	
Sous bassin-versant	Asse		Durance	
Adoux	Saint Pierre le Bas	adou d'Estoublon		adou des Chabrends
Département	Alpes-de-Haute-Provence			
Communes	Saint-Julien-d'Asse	Estoublon		Valensole
Code INSEE	04182	04084		4230
Stations	SPB	Estoublon amont	Estoublon aval	Chabrends aval
Coordonnées géographiques (Lambert 93) X	946049,1	953755,66	953062,55	929153,43
Coordonnées géographiques (Lambert 93) Y	6317274,13	6320739,77	6320071,04	6307130,82
Hydro-écorégion de rang 1	Méditerranée			
Hydro-écorégion de rang 2	Colline de Basse Provence			
Altitude de la source (m)	430	505	505	395
Altitude confluence (m)	425	490	490	319
Longueur de l'adou (m)	1000	1900	1900	6000
Linéaire rectiligne (m)	500	1200	1200	0
Pente moyenne (%)	0,50	0,79	0,79	1,27
Distance à la source (m)	250	170	1270	5200
Distance à la station amont (m)			1100	
Type végétation	herbacée	forestier/herbacé	forestier/alluvial	alluviale
Prairies permanentes	non	non	non	non
Terres cultivées	oui	oui	oui	non
Débit moyen (l/s)				
Permanence de l'écoulement	oui	oui	oui	oui
Apports artificiels (canaux...)	non	non	non	oui
Connexion avec le cours principal	non	oui	oui	oui
Etat de la ripisylve (dense/éparse/nulle)	nulle	éparse	dense	éparse
Ensoleillement direct (oui/non/partiel)	oui	partiel	non	oui
Curages réguliers	oui	non	non	non
Recalibrages réguliers	non	non	non	non
Débroussaillages réguliers	oui	non	non	non
Prélèvements d'eau	oui	?	?	?
Retours d'irrigation	non	non	non	non
Observation d'EEE aquatique	oui (Dugesia tigrina)	non	non	non
Risques apports d'intrants	oui	non	non	non
Risques apports de matière organique	non	non	oui	non
Signes visibles d'eutrophisation	oui	non	non	non

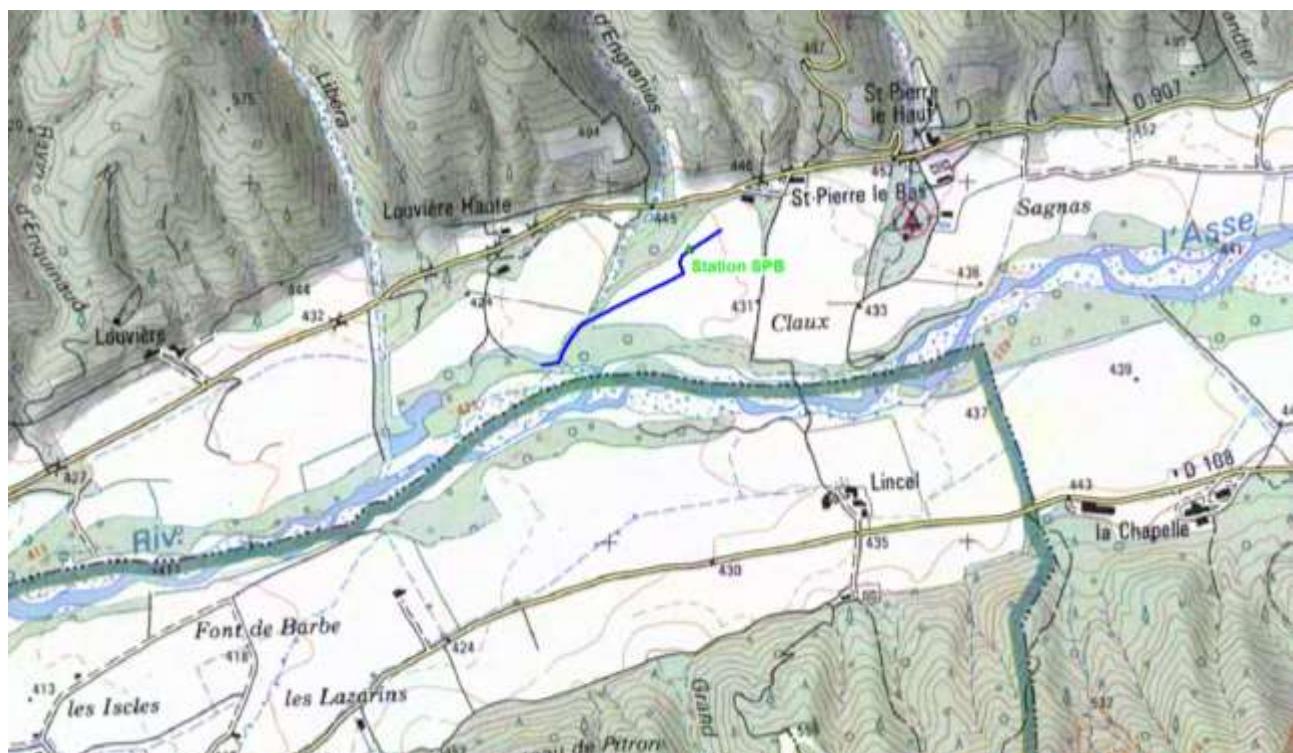
Tableau 6 : Caractéristiques descriptives des adoux de l'Asse et de la Durance étudiés

Bassin versant : Asse

Adou de St Pierre le Bas

Commune de : Saint-Julien-d'Asse (04)

Localisation :
Rive droite Asse,
hameau de St pierre le Bas



Dates campagnes de mesures : 19/06/17 ; 06/09/17 ; 15/02/18 ; 12/06/18 ; 04/09/18



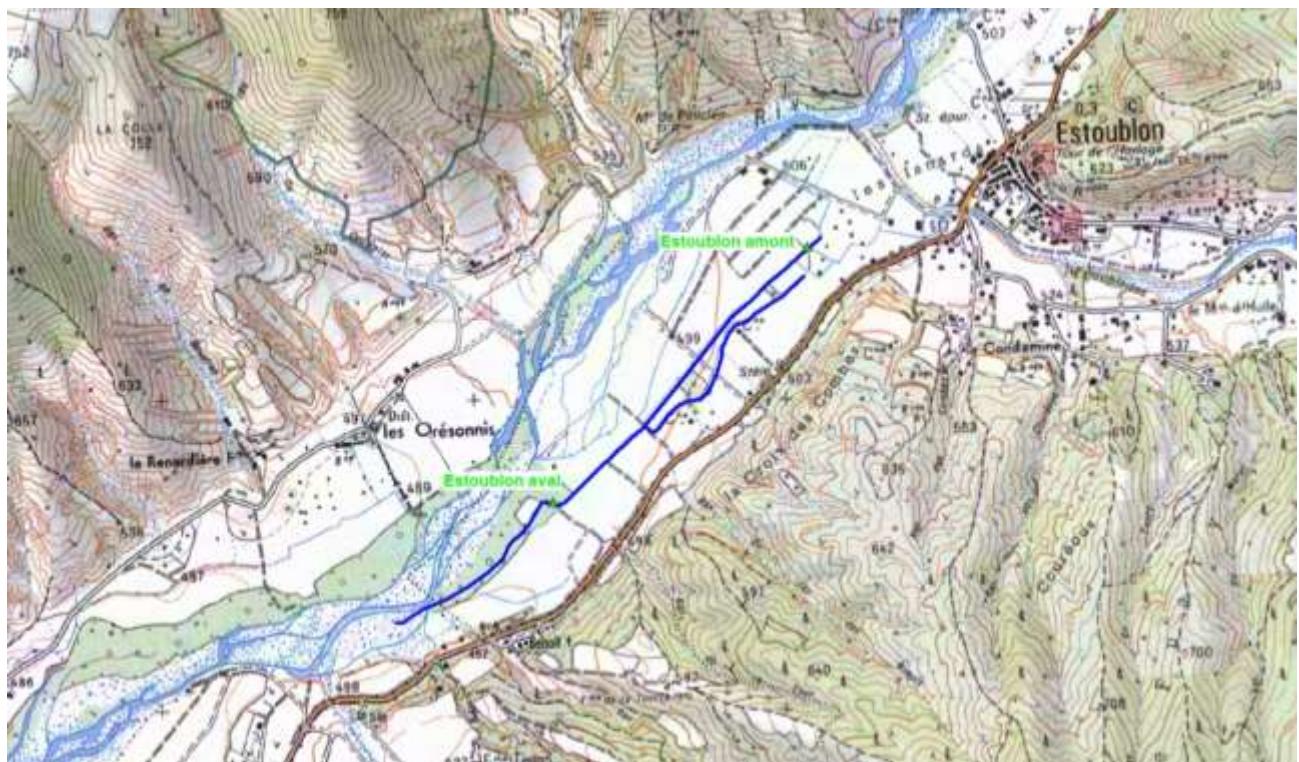
Bassin versant : Bléone

Adou d'Estoublon

Commune de : Mallemoisson (04)

Localisation :

Rive droite Bléone, à Mallemoisson



Dates campagnes de mesures : 19/06/17 ; 06/09/17 ; 15/02/18 ; 12/06/18 ; 04/09/18



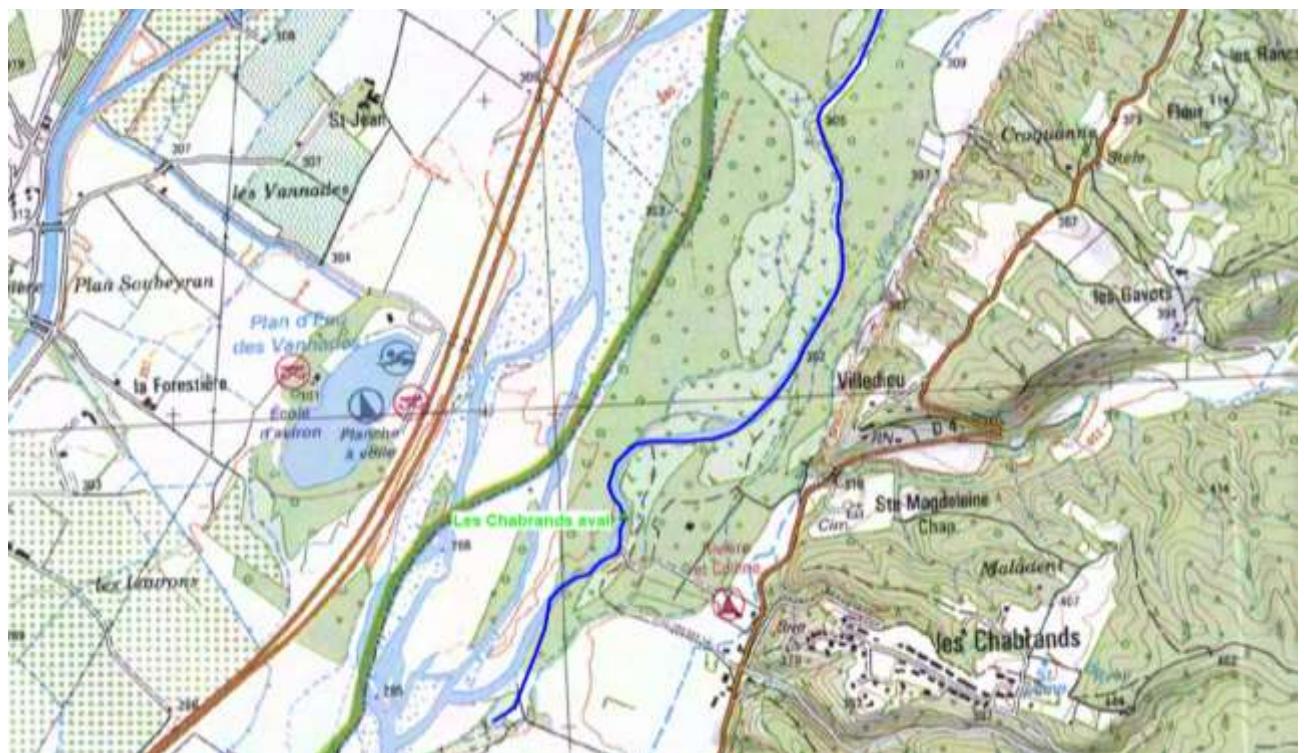
Bassin versant : Bléone

Adou des Chabrends

Commune de : Mallemoisson (04)

Localisation :

Rive gauche Bléone, au Chaffaud



Dates campagnes de mesures : 06/09/17 ; 15/02/18 ; 04/09/18



Les Chabrends



Les Chabrends aval, habitats

3. OBJECTIFS ET METHODE

3.1. Objectifs

L'étude détaillée du fonctionnement écologique des adoux des Alpes du Sud permet d'apporter des informations importantes sur ces milieux, autorisant une caractérisation des différents types existants. Basée sur des critères concrets (nature et structure des peuplements floristiques et faunistiques, température et minéralisation...), cette caractérisation pourrait être une base pour la gestion et/ou la restauration de ces milieux.

Afin de construire **une réelle évaluation « fonctionnelle » des adoux**, il est proposé d'associer aux inventaires spécifiques à réaliser, la connaissance de la variabilité annuelle des paramètres constitutifs qui régissent le cadre environnemental d'une eau courante (température, hydrologie, chimie). L'acquisition de ces données se ferait en concertation avec les Fédérations de Pêche des Alpes de Haute Provence et des Hautes-Alpes afin de ne pas être redondant avec les travaux déjà réalisés sur les adoux par ces structures.

Outre l'amélioration des connaissances sur la richesse biologique de ces milieux, et les dynamiques qui les sous-tendent, la caractérisation floristique et faunistique permettrait de dégager des **espèces cibles** dont la présence nous renseigne sur des conditions de vie propres à l'adoux. Ces espèces seront des repères permettant d'évaluer, les degrés d'évolution, de dégradation, et permettant de concevoir les principes de préservation ou de restauration de ces milieux.

Dans le cadre de l'évaluation de l'influence des changements climatiques sur les écosystèmes aquatiques, des espèces sténothermes (en particulier les invertébrés aquatiques) vivant dans ces milieux fourniront de bons indicateurs. Leur forte sensibilité pressentie face à ces changements et leur répartition réduite à l'échelle d'un bassin versant ou de la région, en font également des espèces à haute valeur patrimoniale dont la distribution mérite d'être davantage connue. La détermination à l'espèce de la flore et des groupes d'invertébrés les plus signifiants permet cette précision qu'interdit l'utilisation d'indices biologiques (type IBG DCE ou IBMR), souvent inappropriés pour évaluer l'état de milieux particuliers tels que les secteurs de sources.

3.2. Méthode pour l'étude des adoux des Alpes du sud

3.2.1. Caractérisation chimique et thermique du milieu

L'objectif est de caractériser l'environnement des espèces étudiées et de définir les cadres de variabilité de leurs habitats, qui servent de repères pour construire une base méthodologique pour d'éventuelles mesures de gestion. Ces dynamiques sont étudiées sur un cycle pluriannuel notamment pour des espèces qui ont une durée du cycle de développement biologique supérieure à une année hydrologique. La connaissance du cadre de variabilité des sites est obtenue par des **enregistrements quotidiens (au pas de temps horaire) de la hauteur d'eau (proxy du débit) et de la température.**

3.2.1.1. Physico-chimie

Plusieurs mesures sont réalisées au cours des différentes campagnes de prélèvements. Les paramètres étudiés sont le **pH, la conductivité, la salinité, la concentration en oxygène, la saturation en oxygène et la température**. Ces paramètres sont mesurés *in situ* l'aide d'une sonde multi-paramètres de type **Hach Lange**. Ces mesures visent d'abord à caractériser l'état chimique du cours d'eau au niveau des quinze adoux retenus, dans l'ensemble des stations retenues.



Photo 2 : Mesures réalisées in situ à l'aide de la sonde multi-paramètres

3.2.1.2. Protocole thermie et hydrologie

Dans le but de caractériser de manière précise le comportement thermique du cours d'eau sur l'ensemble de son linéaire, des **enregistreurs thermiques et de pression** sont placés dans les stations retenues. Afin d'intégrer dans l'interprétation des données, les évolutions de la température atmosphérique, des thermographes mesurent à pas de temps horaires la température de l'air. Ils sont placés à environ 1,20 mètres du niveau du sol, à quelques mètres du lit mineur et dans une situation constamment ombragée.

Le matériel utilisé est le thermographe de marque *NKE Instrumentation*. Les mesures de température sont prises et enregistrées à **pas de temps horaires**. Les thermographes sont positionnés dans le cours d'eau à environ 50 cm de la surface, à l'abri du l'ensoleillement direct. Ils sont fixés dans un tube de protection en PVC ou aluminium, vissés dans un support solide de type rocher ou attachés à l'aide de fil de fer épais (pour les supports de type racine). Pour éviter le vol ou les détériorations volontaires, les thermographes sont camouflés et placés dans des secteurs peu ou pas fréquentés. Les relevés des enregistrements sont réalisés tous les quatre mois, dans la mesure où les conditions hydrologiques le permettent.

En parallèle à ces enregistrements de la température horaire, une **mesure de la hauteur d'eau** est réalisée par l'enregistreur, permettant de relier une température à un débit donné.

Ces résultats permettront d'évaluer le comportement thermique des adoux étudiés. Les paramètres pris en compte sont les températures moyennes journalières, les températures maximales et les amplitudes saisonnières et journalières. Ces résultats permettront d'interpréter la répartition de la flore et de la faune et d'en mesurer la dynamique.

Pour pouvoir relier les hauteurs d'eau enregistrée à une valeur de débit, des **mesures de débits instantanés** sont réalisées sur l'ensemble des stations retenues lors de chaque campagne de mesure. Les mesures de vitesses seront réalisées à l'aide du courantomètre *Flo-mate 2000*.

3.2.2. Caractérisation faunistique et floristique

Elle est basée sur les connaissances existantes et les inventaires à réaliser. Ces inventaires se voulant exhaustifs, permettent de dégager les dynamiques des espèces cibles (soit sensibles à la qualité physico-chimique du milieu, soit à la modification de leur habitat, soit à des modifications de l'hydrologie et de la thermie), et de définir les critères à prendre en compte dans le cadre de l'évaluation de l'état des milieux.

3.2.2.1. Etude de la flore aquatique et rivulaire

Deux types de contextes environnementaux sont à distinguer :

- En contexte ombragée (ripisylve) où les communautés végétales sont essentiellement concernées par les mousses (principalement au niveau des sources), les characées et certaines hydrophytes peu exigeantes en lumière.
- En, contexte ensoleillé, en général lié à l'exploitation agricole (pâturage, fauche ou culture), la végétation sera beaucoup plus développée. On retrouvera des mousses et characées mais également des hydrophytes et héliophytes.

Le protocole qui est mis en place a été élaboré dans la première phase du projet sur la base d'une analyse bibliographique. Il est basé sur des relevés des espèces présentes et de leur recouvrement (placettes, transects linéaires...) ainsi qu'une analyse de leurs traits de vie (type biologique, exigences trophiques, pH...) permettant d'apporter une diagnose du milieu.

La relative facilité à déterminer les plantes vasculaires et le caractère diagnostic assez bien connu peut en effet permettre, en milieu ensoleillé essentiellement, de renseigner sur l'influence de l'environnement sur la qualité de l'adoux.

En milieu ombragé, les mousses et les characées sont également susceptibles d'apporter des éléments de diagnostic intéressants. Des recherches bibliographiques et auprès de spécialistes seront conduites en ce sens.

3.2.2.2. Protocole invertébrés aquatiques (hors odonates)

Le protocole d'inventaire des invertébrés aquatiques peut être subdivisé en deux catégories en fonction des objectifs fixés. La première concerne les **prélèvements quantitatifs** qui visent à rendre compte des richesses et des densités dans les différents adoux. La seconde concerne les **prélèvements qualitatifs**. Ils ont pour but de rendre compte de la richesse faunistique la plus exhaustive possible par une prospection ciblée et par la capture d'adultes ailés.

- **Prélèvements quantitatifs**

Ces prélèvements sont réalisés à l'aide d'un filet Surber (utilisé couramment dans les protocoles de bioindication par les invertébrés aquatiques de type IBGN). La surface de prélèvements est normalisée (1/20ème de m²) et la maille du filet est de 0,5 mm. Ce type de prélèvements permet de **considérer la richesse et la densité faunistique pour une surface connue**. Les stations concernées sont réparties sur les quinze adoux identifiés au préalable, en tenant compte de deux stations par adoux si ce nombre est jugé utile pour caractériser l'adou.



Photos 3 : Prélèvements quantitatifs à l'aide du filet Surber

Au total, **quatre habitats sont retenus par station**. Pour permettre une comparaison fiable entre stations et entre campagnes, les substrats prélevés sont définis au préalable. Considérant que les adoux sont des milieux d'eau courantes, il s'agit, pour au minimum deux d'entre eux, de prélever un **substrat de type pierre/galet dans des gammes de vitesse rapides**. Ces derniers sont donc réalisés préférentiellement dans **les zones de radier**. Les deux autres prélèvements sont ensuite effectués dans les habitats les plus biogènes possibles présents sur la station (bryophytes, spermaphytes, litières, racines).

- **Prélèvements qualitatifs**

Les prélèvements qualitatifs sont plus ciblés que ceux décrits précédemment. Ils consistent à rechercher des larves, des nymphes ou des adultes, qui peuvent être déterminés à l'espèce et ainsi, renseigner de manière fiable sur l'écologie du peuplement. Il s'agit par exemple des nymphes mûres de Trichoptères ou de Diptères Simuliidae. L'ensemble des habitats présents dans la station est prospecté pour obtenir une richesse la plus exhaustive possible.

Pour la **phase aquatique**, la prospection se fait en soulevant les éléments du substrat et en recherchant à vue les invertébrés aquatiques qui sont alors précautionneusement capturés à l'aide d'une pince et fixés aussitôt à l'alcool à 80°.

Pour la **phase terrestre** qui concerne uniquement les formes adultes de certains ordres d'insectes (Trichoptères, Plécoptères, Ephéméroptères), les prélèvements se font à vue ou en fauchant la végétation rivulaire à l'aide d'un filet à papillons.



Photos 4 : Prélèvements qualitatifs à l'aide du filet à papillons (phase terrestre) et de la pince (phase aquatique)

Dans un souci d'être le plus représentatif possible et de rendre les résultats comparables d'une station à l'autre, ces deux phases précédemment décrites sont effectuées en suivant un protocole précis. **Deux opérateurs expérimentés travaillent sur le terrain en un temps limité (une heure par station)**, le premier se concentrant sur la phase aquatique et le second sur la phase terrestre.

L'ensemble des stations ont fait l'objet de chasses de nuit au piège lumineux, afin de capturer des adultes nocturnes de Trichoptères, Plécoptères ou Ephéméroptères.



Photos 5 : Réalisation de chasses de nuit à l'aide d'un piège lumineux

Dans l'ensemble des stations prédéfinies qui font l'objet de prélèvements quantitatifs comme décrits au paragraphe précédent, les prélèvements qualitatifs ont pour objectifs de compléter et préciser la liste faunistique afin de la rendre la plus exhaustive possible.

Les invertébrés aquatiques capturés par ces diverses méthodes sont ensuite conservés dans l'alcool à 80°. Le tri et la détermination se font au laboratoire. Actuellement, il n'existe pas en France de guide complet sur cette faune aquatique. De nombreuses publications en langues étrangères et d'ouvrages spécialisés doivent donc être consultés pour permettre une détermination fiable des organismes étudiés, dans la mesure où les clefs de déterminations existent.

Ces identifications réalisées à la Maison Régionale de l'Eau sont ensuite validées si besoin par des scientifiques reconnus (Gennaro COPPA (OPIE), Michel BRULIN (OPIE)). Ces résultats échangés permettent aussi de compléter l'inventaire actuellement réalisé par l'OPIE sur le territoire français (site Opie Benthos : <http://www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php>).

Les données faunistiques obtenues permettent de dégager **des espèces ou cortèges d'espèces cibles**, typiques des milieux étudiés. L'étude des corrélations avec l'environnement thermique, hydrologique et physico-chimique comme décrit plus haut doit aboutir à une caractérisation des milieux et de la biocénose associée.

3.2.2.3. Protocole invertébrés aquatiques : les Odonates

Même si certaines espèces sont plutôt associées aux adoux ombragés, les Odonates sont, comme la végétation, mieux représentés dans les adoux circulant en pleine lumière et riches en végétation aquatique (hydrophytes et hélophytes).

Les odonates présentent l'intérêt d'être faciles à déterminer et, pour peu qu'ils présentent un caractère de diagnose sur des aspects fonctionnels, ils peuvent constituer des bioindicateurs intéressants.

De plus certaines espèces sont protégées, inscrites en listes rouges UICN et/ou font l'objet d'un plan d'action régional (Agrion de Mercure, Agrion bleuâtre, Cordulegastre bidenté...). Nonobstant leur éventuel caractère bioindicateur ces espèces doivent donc être prises en compte dans la gestion des adoux. Leur préférendum écologique sera alors précisé afin d'être pris en compte dans la gestion des adoux.

Des transects linéaires ont été mis en place afin de caractériser les cortèges d'espèces. La bibliographie a été consultée et les cortèges relevés sont corrélés avec les autres paramètres du milieu (thermique, hydrologique et physico-chimique, biocénoses associées...) afin de préciser le caractère « diagnostic » de ces espèces et leurs exigences écologiques.

4. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES ADOUX ETUDES

Les paramètres physico-chimiques *in situ* ont été mesurés lors de chaque campagnes de mesures dans les différentes stations d'étude. Les paramètres les plus pertinents présentés ci-dessous sont **la conductivité et l'oxygène**.

4.1. La conductivité

La conductivité renseigne sur la minéralisation des eaux. Elle est souvent en lien direct avec la géologie des terrains traversés par le cours d'eau. Rappelons que l'ensemble des adoux est situé sur des bassins versants où les **roches sédimentaires sont dominantes** (calcaires, marnes, pouddingues...). Ces roches tendent à minéraliser les eaux par dissolution de leurs composants chimiques.

Dans les adoux étudiés, la valeur moyenne par station varie de $258 \mu\text{S.cm}^{-1}$ à l'adou de Villars (vallée de l'Issole, Haut Verdon), à $712 \mu\text{S.cm}^{-1}$ à l'adou de Saint Pierre le Bas, en basse vallée de l'Asse (voir figure ci-dessous). **Ces valeurs sont typiques de cours d'eau minéralisés à très minéralisés, s'écoulant sur terrains sédimentaires.**

Entre les différentes campagnes, il existe assez peu de différences entre les valeurs, la conductivité restant relativement stable. Seule l'adou de Névache présente un écart type élevé, témoignant de variations entre les valeurs de conductivité. Pour cet adou, la campagne réalisée en mai 2018 contribue à abaisser les moyennes et à augmenter l'écart type, les eaux étant fortement diluées par la fonte des neiges.

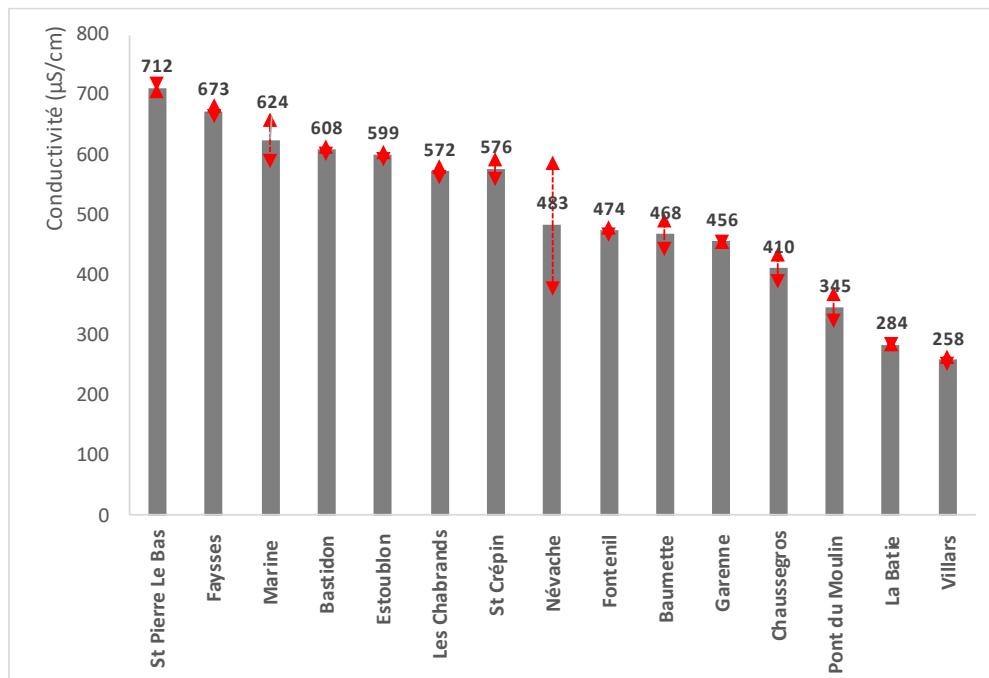


Figure 1 : Conductivités moyennes des différents adoux étudiés (stations aval)

Les conductivités mesurées dans les adoux entre 2017 et 2019 sont comparées avec les valeurs disponibles sur le site **Naïades (banque de données)**. Ce site regroupe l'ensemble des données physico-chimiques concernant les cours d'eau du territoire français, dont les producteurs sont les Agences de l'Eau. Pour les bassins versant concernés (Asse, Bléone, Verdon, Durance...), ces données permettent de calculer une

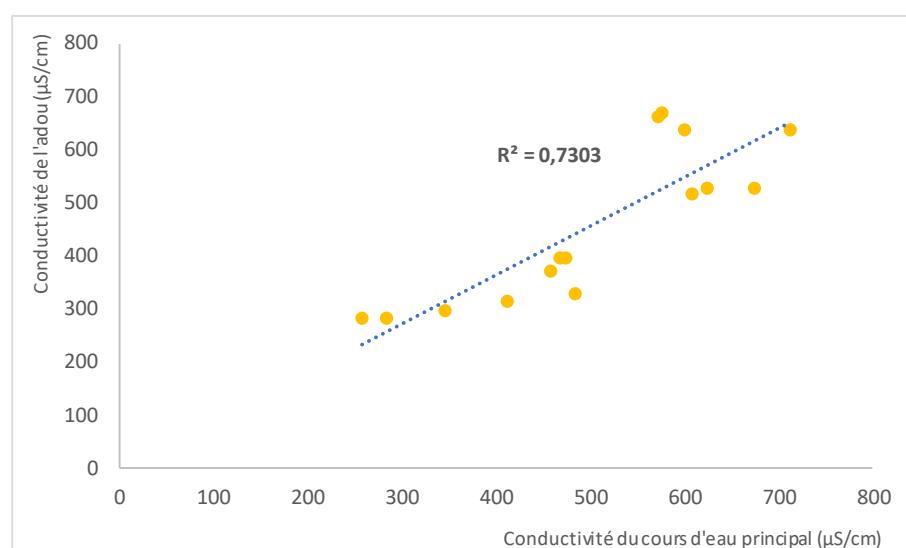
conductivité moyenne sur plusieurs années d'étude, servant de référence à la comparaison. La station est choisie pour sa proximité avec les adoux étudiés. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous

Adoux	Conductivité des adoux		Conductivité du cours d'eau principal (station la plus proche)			
	Mesures MRE	Ecart type	Données Naïades	Ecart type	Cours d'eau	lieu station
St Pierre Le Bas	712	6	640	68	Asse	Oraison
Faysses	673	20	530	141	Bléone	Mallemoisson
Marine	624	45	530	141	Bléone	Mallemoisson
Bastidon	608	17	518	75	Buëch	Chateauneuf de Chabre
Estoublon	599	19	640	68	Asse	Oraison
Les Chabrandis	572	21	662	201	Durance	Les Méés
St Crépin	576	29	672	192	Durance	St Martin de Quérières
Névache	483	117	330	155	La Clarée	Névache
Fontenil	474	18	398	42	Petit Buëch	Veynes
Baumette	468	36	398	42	Petit Buëch	Veynes
Garenne	456	12	373	42	Buëch	Aspres
Chaussegros	410	35	315	39	Bléone	La Javie
Pont du Moulin	345	35	296	51	Verdon	Colmars
La Batie	284	12	282	20	Issole	Thorame
Villars	258	18	282	20	Issole	Thorame

Tableau 7 : Conductivités des adoux étudiés rangées par ordre décroissant et du cours d'eau principal s'écoulant à proximité (données Naïades)

Malgré un écart type assez élevé pour certains cours d'eau qui limite la pertinence de la comparaison, il apparaît par la simple observation des valeurs moyennes, une similitude entre les valeurs mesurées sur les adoux et celles mesurées dans le cours d'eau principal. Cette relation est illustrée sur la figure 2, présentée ci-dessous. Avec un coefficient de détermination élevé ($R^2 : 0.73$), il est permis de voir **un lien significatif entre la minéralisation des eaux de l'adou et celle du cours d'eau principal**. Bien que des études hydrogéologiques plus poussées répondraient plus précisément aux questions sur l'origine des eaux dans les adoux, cette proximité avec le cours d'eau principal est déjà une piste soulignant **l'influence de la nappe d'accompagnement sur l'hydrologie des adoux étudiés**.

Figure 2 :
Relation entre conductivité de l'adou et celle du cours d'eau principal



4.2. L'oxygène

Dans la majorité des stations étudiées (66%), les concentrations moyennes en oxygène sont supérieures à 8 mg.l⁻¹. Dans les autres stations, les teneurs sont inférieures à 8 mg.l⁻¹. Pour quelques-unes (14% des cas), les teneurs sont relativement faibles, comprises entre 5 et 7 mg.l⁻¹.

Teneurs en oxygène (mg/l)	Nombre de stations d'étude
> 9	11
entre 8 et 9	8
entre 7 et 8	6
entre 5 et 7	4

Tableau 8 : Nombre de stations d'étude en fonction de leur teneur moyenne en oxygène

La figure présentée ci-dessous indique les concentration moyenne des stations où les teneurs mesurées en oxygène sont inférieures à 8 mg.l⁻¹. Les stations présentant des concentrations les plus basses sont la source des Faysses et de Saint Pierre le Bas, situées respectivement sur le bassin versant de la Bléone et de l'Asse. La majorité des stations présentant des faibles teneurs sont localisées à proximité des sources de l'adou.

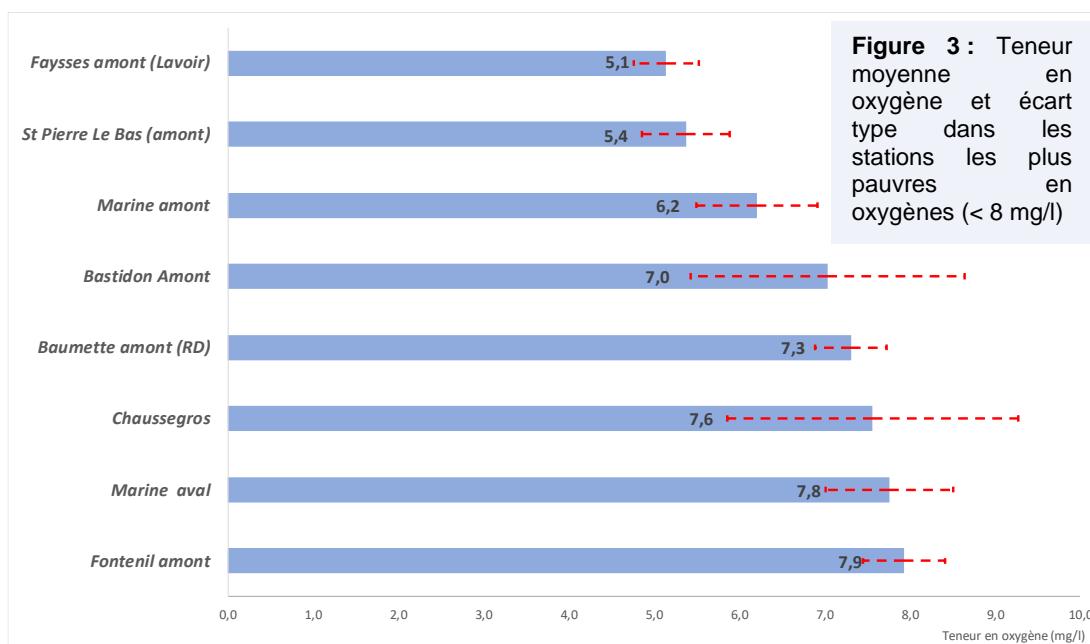


Figure 3 : Teneur moyenne en oxygène et écart type dans les stations les plus pauvres en oxygènes (< 8 mg/l)

Il est établi que les eaux souterraines présentent des teneurs en oxygène plus faibles que les eaux de surface. Dans le cas des adoux, la relation entre la distance à la source et la concentration en oxygène est significative (test de Pearson).

La figure 4 présentée ci-après illustre cette relation. La courbe de tendance est de type *logarithmique*, les teneurs en oxygène n'augmentant plus après avoir atteint le seuil de saturation. Le coefficient de détermination reste relativement faible, indiquant que cette relation n'est pas systématique. Si les teneurs les plus pauvres en oxygène ont été observée à proximité de la source, certains adoux présentent dès leur émergence, des teneurs en oxygène élevées. D'autres facteurs doivent interagir, tel que le temps de séjour de l'eau dans la nappe avant sa résurgence ou la température de la masse d'eau souterraine. L'origine des eaux et le temps de transfert auraient donc également un rôle à jouer.

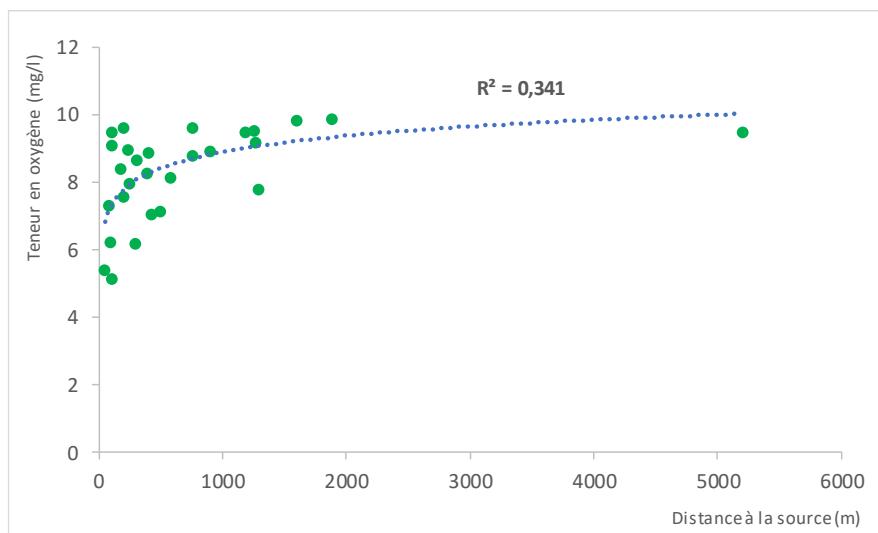


Figure 4 : Relation entre distance à la source et teneur en oxygène dans les adoux étudiés

L'analyse de l'évolution amont/aval montre que les teneurs en oxygène augmentent rapidement au cours de son transfert.

L'**adou des Faysses** présente à sa source des teneurs basses en oxygène (voir figure 5 ci-dessous). En 660 m, distance qui sépare la station amont et la station aval, les teneurs ont fortement augmenté, presque doublée. Les analyses du débit ont montré que la majorité de l'eau provenait lors des campagnes de mesures (voir chapitre « Hydrologie ») de la source du lavoir. Cette oxygénation rapide aurait pour origine le brassage de l'eau et dans une moindre mesure, l'activité photosynthétique.

Sur l'**adou de la Marine**, une différence entre l'amont et l'aval est également observée. Cependant, les teneurs en aval restent relativement faibles, malgré une distance plus importante séparant les deux stations (1200 m). Dans cet adou, les multiples apports de sources le long du linéaire (17 au total) participeraient à influencer les concentrations en oxygène de l'adou.

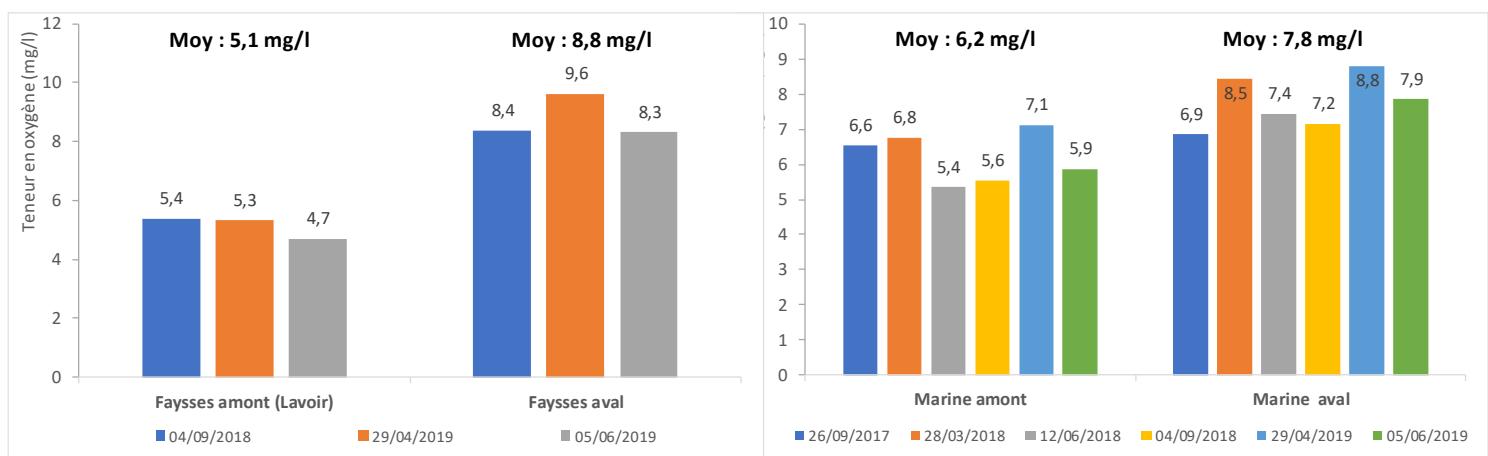


Figure 5 : Teneurs en oxygène dans les deux stations de l'adou des Faysses (à gauche) et de la Marine (à droite) lors des différentes campagnes de mesures

Synthèse « caractéristiques physico-chimiques »

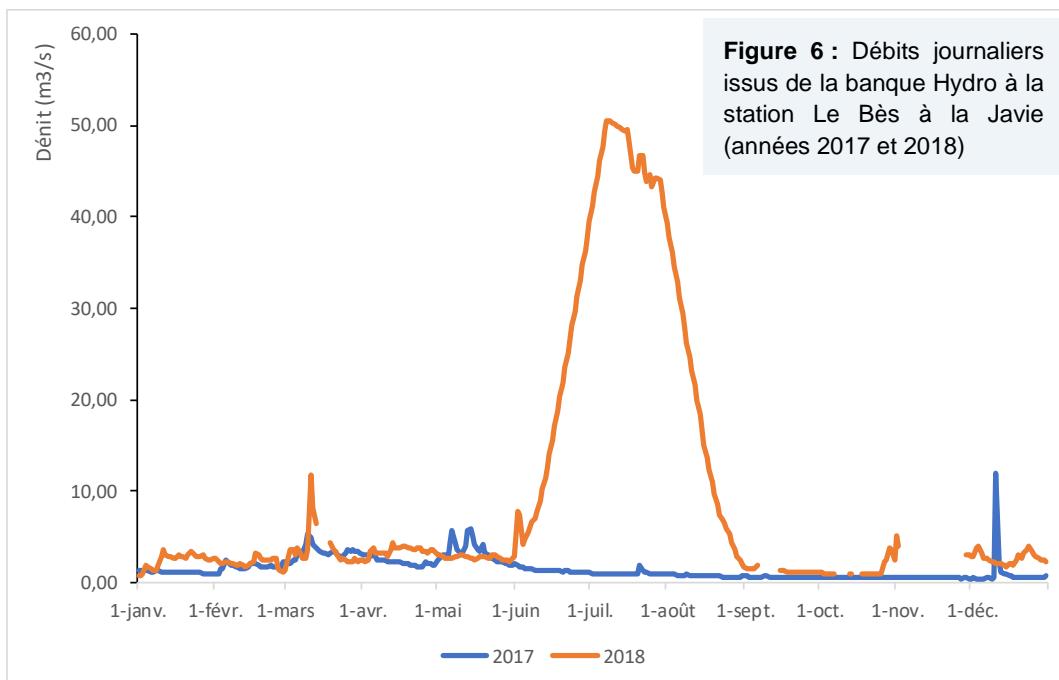
- Minéralisation : les comparaisons des valeurs de conductivité indiquent un lien entre la nature des eaux dans le cours d'eau principal et dans l'adou ;
- Oxygène : Dans la majorité des cas, teneur en oxygène > à 8 mg/l ; Dans un tiers de stations, oxygène < 8 mg/l (ponctuellement, teneurs proches de 5 mg/l) : influence des apports souterrains, du temps de transfert et de l'origine des eaux ;
- Augmentation des taux d'oxygène au court du transfert amont/aval, sauf dans le cas des adoux soumis à des apports de sources réguliers (cas de la Marine).

5. ETUDE DE L'HYDROLOGIE DES ADOUX

5.1. Contexte hydrologique des années d'étude (2017 et 2018)

Les seules données de références disponibles sur les territoires concernés sont issues des suivis de la banque Hydro (DREAL PACA). Il a été choisi les stations les plus proches des adoux étudiés afin d'avoir une image représentative de la situation hydrologique au cours des deux années de suivi.

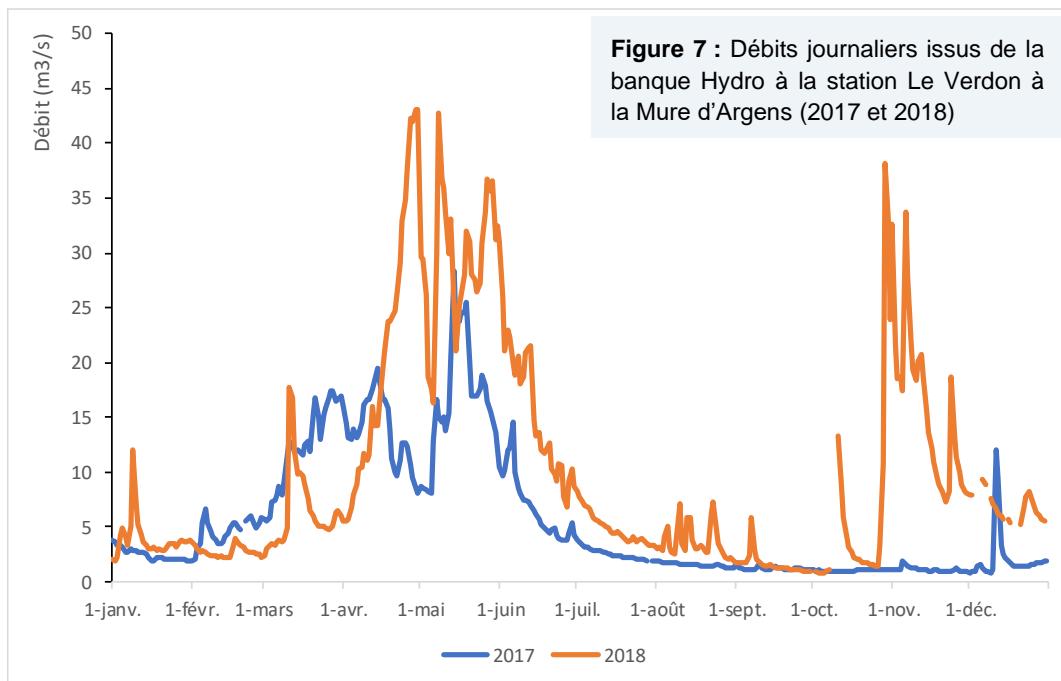
- **Secteur des Collines de basse Provence : le Bès à la Javie (bassin de la Bléone, Alpes-de-Haute-Provence)**



La figure ci-dessus illustre l'évolution des débits au cours des années 2017 et 2018 sur le Bès (principal affluent de la Bléone), à la Javie. Elle montre **une grande disparité entre les deux années d'étude**. L'année 2017 est caractérisée par des débits très faible (débit moyen pour 2017 : $1,48 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$). Les débits de printemps sont faibles et suivis d'une période d'étiage estival sévère, qui se prolonge jusqu'au mois de décembre 2017.

L'année 2018 présente un profil très différent. Les débits moyens (calculés à partir des données disponibles de la banque Hydro) sont sur l'année 2018 très supérieurs à ceux observé l'année précédente (débit moyen pour 2018 : $11,78 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$). La période estivale est caractérisée par des orages quotidiens qui fournissent un débit très important au cours d'eau.

- **Secteur des Préalpes du sud : le Verdon à la Mure d'Argens (Haut Verdon, Alpes-de-Haute-Provence)**



Sur le Haut-Verdon, les débits en 2018 sont bien supérieurs à ceux observés l'année précédente : $5,89 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en 2017 contre $11,78 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en moyenne en 2018.

En 2017, la fonte des neiges relativement précoce alimente le cours d'eau d'avril à juin puis l'étiage se met en place d'août à décembre 2017. En 2018, l'enneigement dans les Alpes du sud, la fonte plus tardive et les orages estivaux alimentent le cours d'eau, limitant la période d'étiage au mois d'octobre 2018.

- **Secteur des Alpes internes du sud : la Durance à Val des Prés (Hautes-Alpes)**

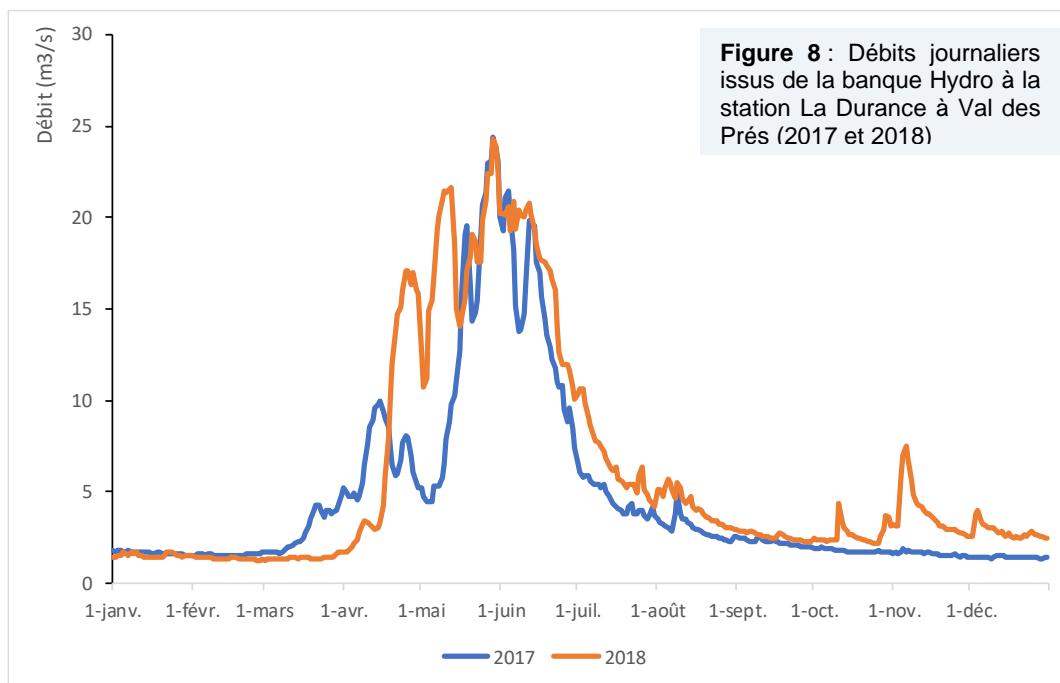


Figure 8 : Débits journaliers issus de la banque Hydro à la station La Durance à Val des Prés (2017 et 2018)

Comme pour le Haut Verdon, la fonte des neiges plus précoce en 2017 alimente le cours d'eau dès le mois d'avril, puis de mai à juillet. Les débits diminuent ensuite progressivement jusqu'à l'étiage hivernal. Aucune précipitation ne semble influencer le débit au cours de l'automne 2017.

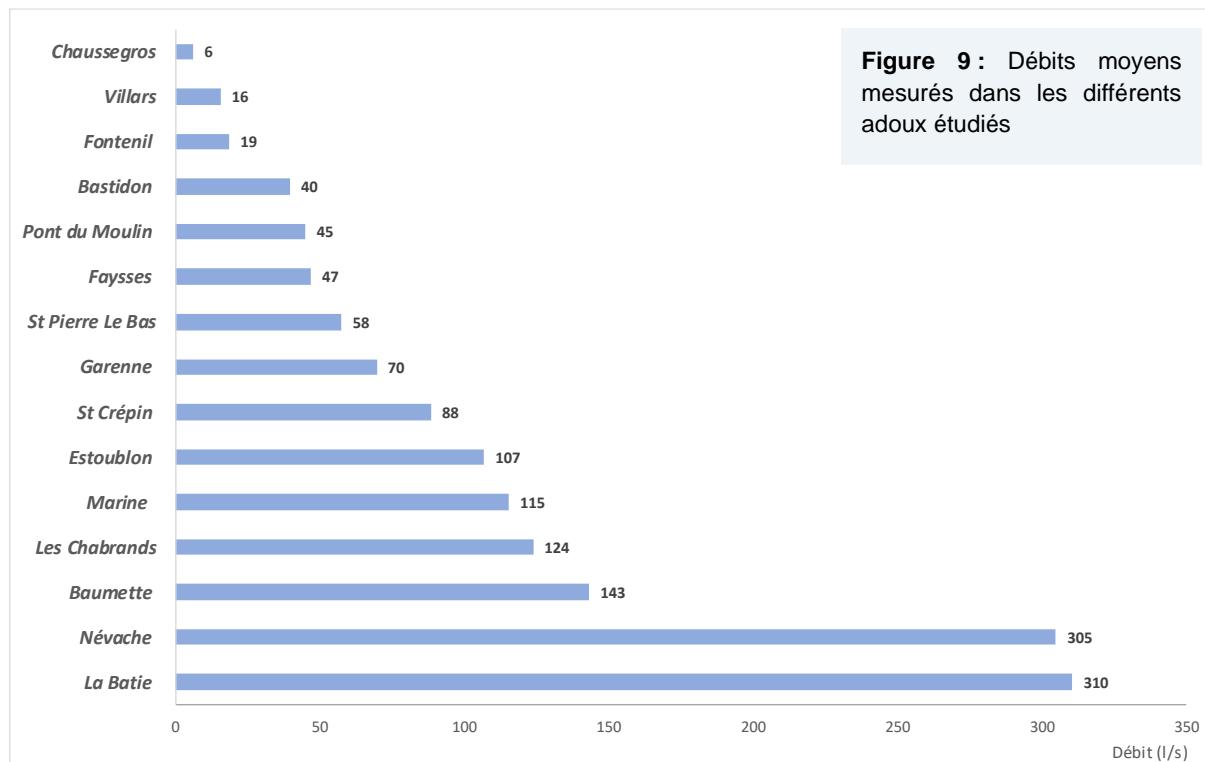
En 2018, les quantités de neige sont plus importantes mais la fonte plus tardive, s'étalant de mai à août. Au cours de l'automne, plusieurs coups d'eau sont à noter. **Les quantités d'eau sont globalement plus importantes en 2018 mais la différence entre 2017 et 2018 est moins marquée que sur les autres bassins versants.** Le débit moyen annuel de 2017 (données disponibles banque Hydro) est à cette station égal à $4,65 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ contre $5,91 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en 2018.

Ce contexte hydrologique particulier des deux années étude, caractérisé par une année particulièrement sèche (2017) et une année particulièrement humide (2018), en particulier dans les hydroécorégions Collines de Basse Provence et dans les Alpes du sud, a pu influencer l'écoulement des adoux étudiés. Outre les variations de débits observés qui seront développées plus loin, **plusieurs assecs ont été observés sur des adoux ou des tronçons étudiés.** L'adou des Neigeas et l'adou de la Batie (bras en rive droite) sur le bassin de l'Issole se sont asséchés au cours de l'étiage estival et automnal de 2017.

5.2. Débits moyens dans les adoux étudiés

Les mesures de débits réalisées sur chaque adoux permettent de suivre l'évolution hydrologique du milieu au cours des deux années de suivis, 2017 et 2018.

En moyenne, les valeurs sont comprises entre $6,3 \text{ l.s}^{-1}$ pour l'adou de Chaussegros (Haute Bléone) à plus de 300 l.s^{-1} pour les adoux de la Batie (Haut-Verdon) et de Névache (Haute-Durance). C'est dans ce dernier adou que la valeur instantanée la plus élevée a été mesurée avec 714 l.s^{-1} lors de la fonte des neiges, le 29 mai 2018.



En lien avec l'hydrologie particulièrement sèche de la première année de suivi, plusieurs adoux se sont entièrement asséchés au cours du suivi : l'adou de Neigeas et un bras important (en rive droite) de l'adou de la Batie. Ces deux adoux sont situés dans la vallée de l'Issole (Haut-Verdon). Les assecs ont été observés au cours du mois de novembre 2017, période à laquelle la sécheresse s'est prolongée dans la région.

5.1. Interprétation par secteur géographique

5.1.1. Adoux des collines de Basse Provence (adou de l'Asse, de la Bléone, des Chabrends)

- Adoux d'Estoublon, de St Pierre le Bas et des Chabrends (04)

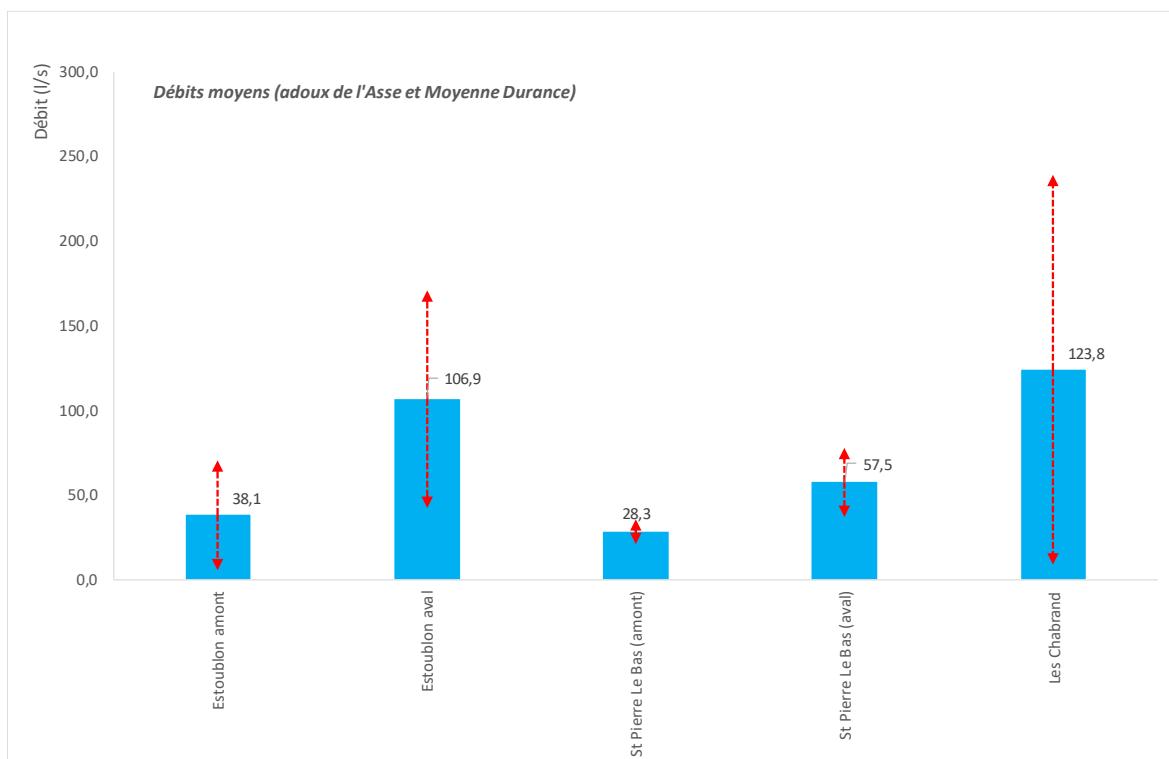


Figure 10 : Débits moyens et écart type (flèches rouges) mesurés dans les adoux de l'Asse (Estoublon et St Pierre le Bas) et de Moyenne Durance (Les Chabrends)

La station amont de l'**adou d'Estoublon** présente un débit moyen proche de 40 l.s^{-1} . L'écart type reflète des variations saisonnières du débit de la source. Le débit à la station aval est plus élevé, atteignant 107 l.s^{-1} . L'écart type également augmente, indiquant de **plus grande fluctuation saisonnière entre les campagnes**.

Dans la partie amont de l'adou de St Pierre le Bas (SPB), les débits atteignent en moyenne 28 l.s^{-1} . Le faible écart type témoigne de faible variation de débits entre les différentes campagnes de mesures. Lors des quatre campagnes de prélèvements réalisées de septembre 2017 à septembre 2018, le débit fluctue de 20 à 38 l.s^{-1} . Ces fluctuations sont faibles et dans un contexte de sécheresse lors de l'année 2017, suivie d'une année pluvieuse en 2018, elles reflètent une **stabilité hydrologique de la source de SPB**. La station localisée plus en aval sur le même adou reçoit des eaux intermédiaires et est située en aval d'une zone de pompage. Seules deux campagnes ont été réalisées à cette station. L'écart type plus grand reflète une plus grande variabilité hydrologique de cet apport.

L'adou des Chabrends présente une valeur moyenne relativement élevée mais son hydrologie est marquée par **de fortes fluctuations saisonnières** (écart type élevé). Lors des différentes campagnes de mesures, son débit mesuré passe de 27 l.s⁻¹ le 06 septembre 2017 à 251 l.s⁻¹ le 15 février 2018. L'éloignement de la source à cette station et les différents types d'apports (apport de nappes, eaux dérivées...), variables en fonction des saisons, peuvent expliquer ces écarts observés. Une étude plus complète sur l'hydrologie de cet adou permettrait de mieux comprendre son fonctionnement.



Photo 6 : Adou de Chabrends le 15 février 2018 (débit maximal de 251 l.s⁻¹)

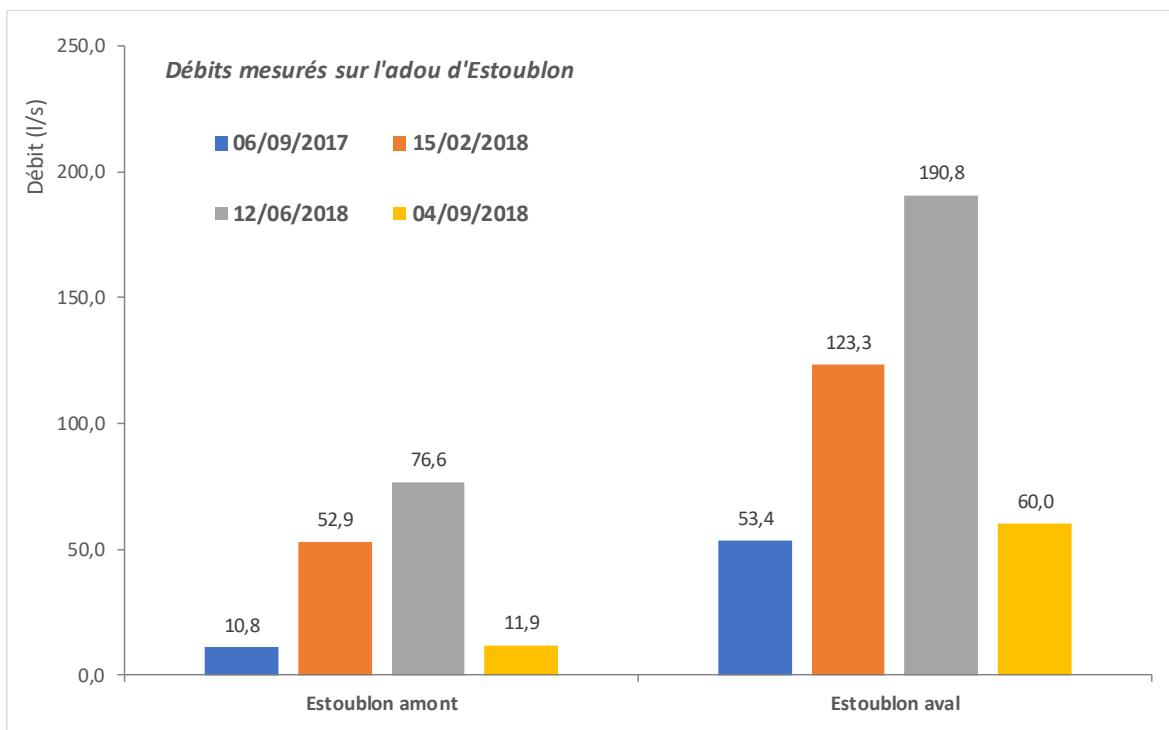


Figure 11 : Débits instantanés mesurés sur l'adou d'Estoublon en 2017 et 2018 (stations amont et aval)

L'analyse des résultats par campagne de mesures sur l'**adou d'Estoublon** (voir figure 11 ci-dessus), montre une évolution similaire du cours d'eau à la station amont et la station aval. Cette relation **exclue l'influence de prélèvements importants sur le débit** de cet adou. Quand les débits sont faibles (exemple de la période d'étiage du 06/09/17), le débit à la station amont (localisée à 170 m de la source) représente environ un cinquième du débit à la station aval localisée à 1270 m de la source. En période de moyenne eaux, ce rapport est compris entre un tiers et la moitié. Deux bras en rive gauche, issus de résurgences de la nappe, affluent dans le bras principal, expliquant l'apport entre les deux stations.



Photos 7 : Adou d'Estoublon à gauche (station amont) et adou de Saint Pierre le Bas (à droite) avec arrivée d'eau et zone de pompage.

- Adoux de la Bléone : adoux de La Marine et des Faysses

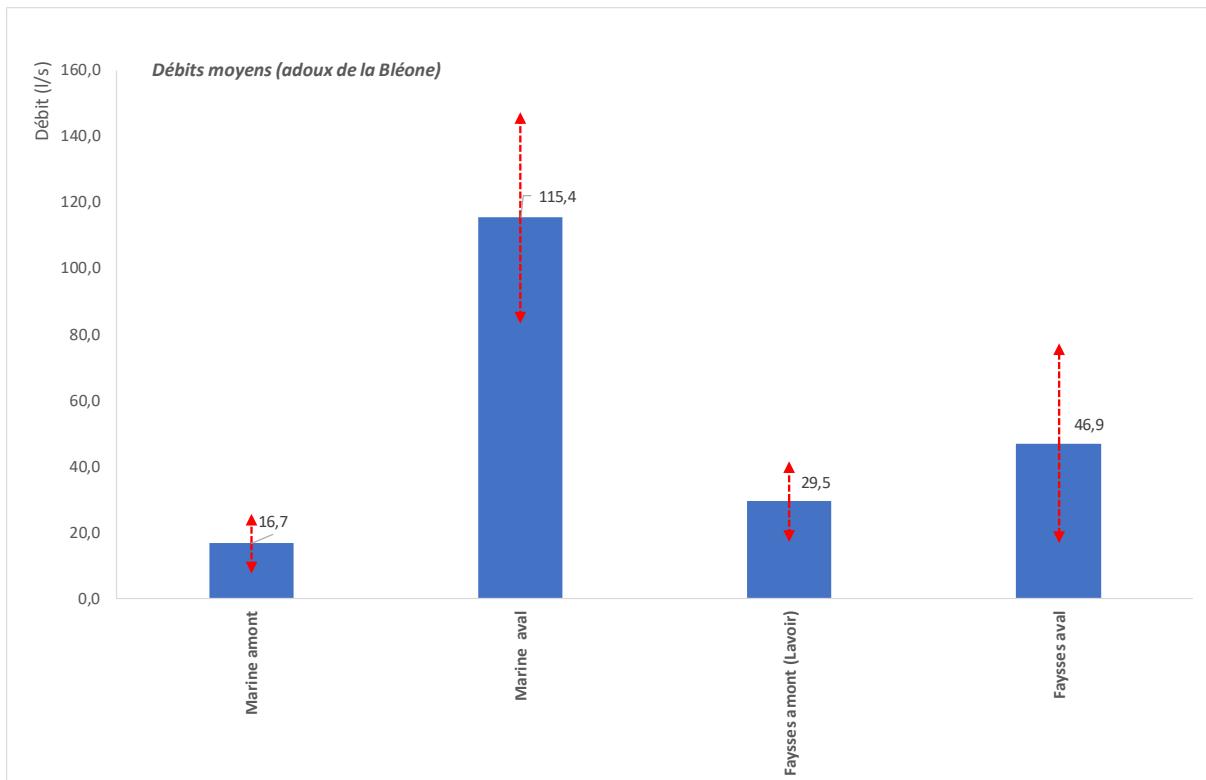


Figure 12 : Débits moyens mesurés sur l'adou des Faysses et de l'adou de la Marine et écarts types (flèche rouge)

Sur l'adou de la Marine, le débit moyen mesuré à la station amont est relativement faible, proche de 17 l.s^{-1} . L'écart type **indique une variabilité hydrologique des écoulements** à cette station, localisée à 90 m de la source. Des débits très bas (proches de 5 l. s^{-1}) ont été mesuré à cette station en période d'étiage estival et un **assec total du lit** a été observé en septembre 2019. Le débit moyen à la station aval est sept fois plus élevé et l'écart type traduit une plus grande variabilité des écoulements. A cette station, les débits les plus faibles observés sont de l'ordre de 75 l. s^{-1} en période d'étiage, soit moins de la moitié du débit observé en période de moyennes eaux (voir figure 13 ci-après). Les **apports restent donc conséquents** sur l'adou de la Marine, même en période de sécheresse remarquable comme en fin d'été 2017.

L'analyse des données par campagne de mesure montre que la **source qui alimente le bras sur lequel est située la station amont, fournit de 6 à 21% du débit mesuré en aval**. D'autres apports latéraux et de résurgences de sources fournissent la différence (17 sources sont recensées sur l'ensemble du linéaire).

Sur l'adou des Faysses, la principale alimentation provient de la Source du lavoir. Son débit moyen est proche de 30 l.s^{-1} . Plus en aval, la station Faysses aval présente un débit moyen de 47 l.s^{-1} .

L'analyse des données par campagne indique que **la Source du lavoir participe à hauteur de 51 à 91% des débits mesurés à Faysses aval**. Le complément provient des apports de l'adou de Font Lèbre, alimenté lui-même et par intermittence par les eaux dérivées de la Bléone.

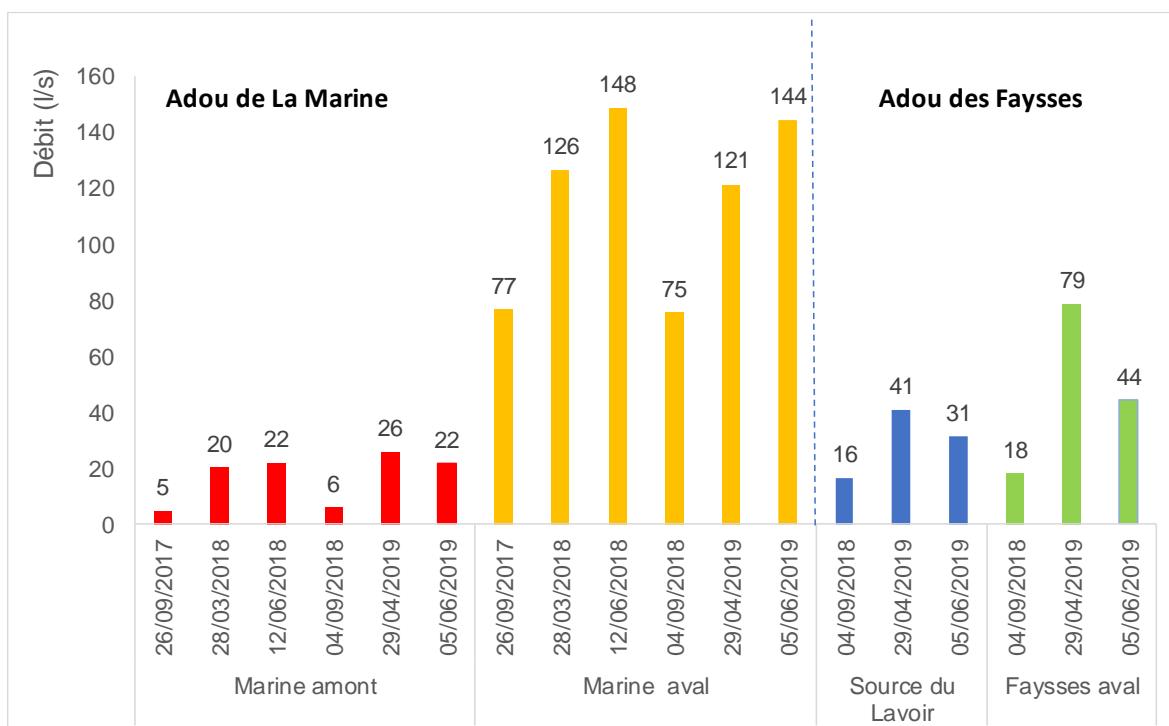


Figure 13 : Débits instantanés mesurés sur l'adou des Faysses et de l'adou de la Marine lors des différentes campagnes de mesure (de 2017 à 2019)



Photo 8 : Marine amont à gauche subissant un assec (septembre 2019) et **Marine aval** à droite (septembre 2017), où l'étiage est soutenu par des apports intermédiaires

5.1.2. Adoux des Préalpes du sud (adou de Chaussegros (Haute Bléone), adoux du Buëch et du Haut Verdon)

- Adoux de Chaussegros (Haute Bléone)

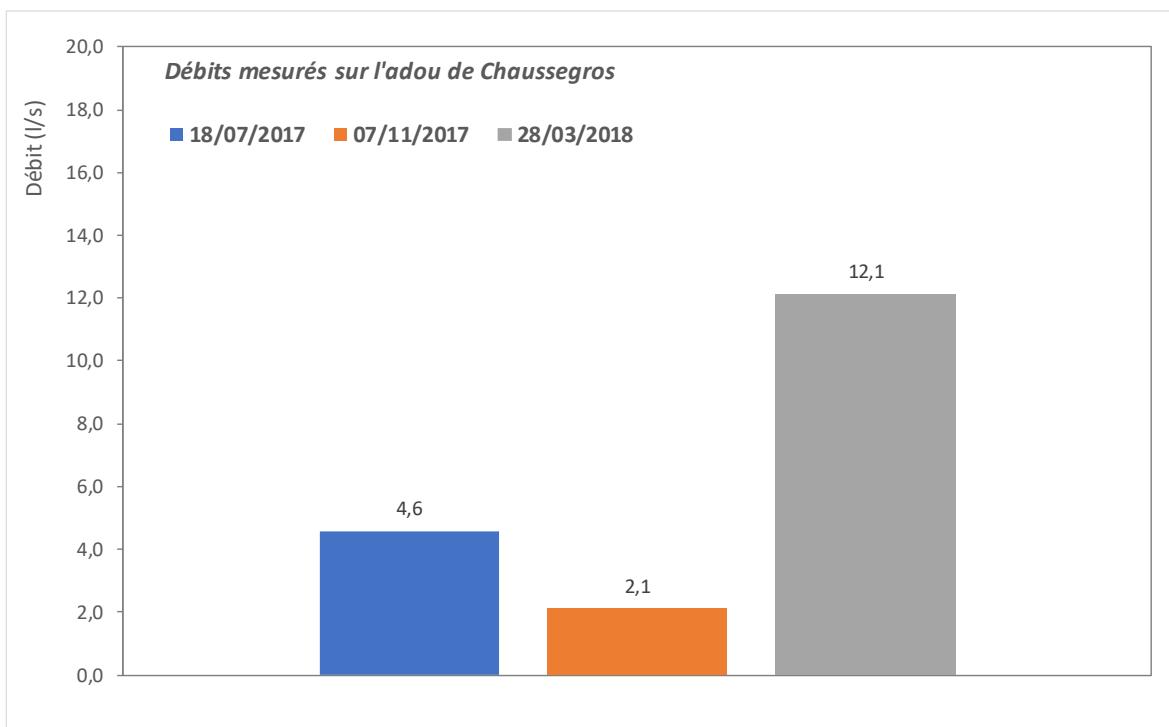


Figure 14 : Débits instantanés mesurés sur l'adou de Chaussegros lors des différentes campagnes de mesure (de 2017 à 2018)

Le débit moyen de l'adou de Chaussegros est de 6 l.s^{-1} (calculé à partir de trois campagnes de mesures). Au cours de l'année 2017, l'étiage s'est prolongé jusqu'à la fin de l'automne. La campagne du 07 novembre reflète ce manque d'eau : seul 2 l.s^{-1} ont été mesurés à cette période. Au printemps 2018, le débit remonte à 12 l.s^{-1} mais reste faible. Les variations observées et la faiblesse des débits génère une grande fragilité hydrologique à cet adou.



Photo 9 : Adou de Chaussegros le 07 novembre 2017 subissant un étiage sévère

- Adoux du Buëch

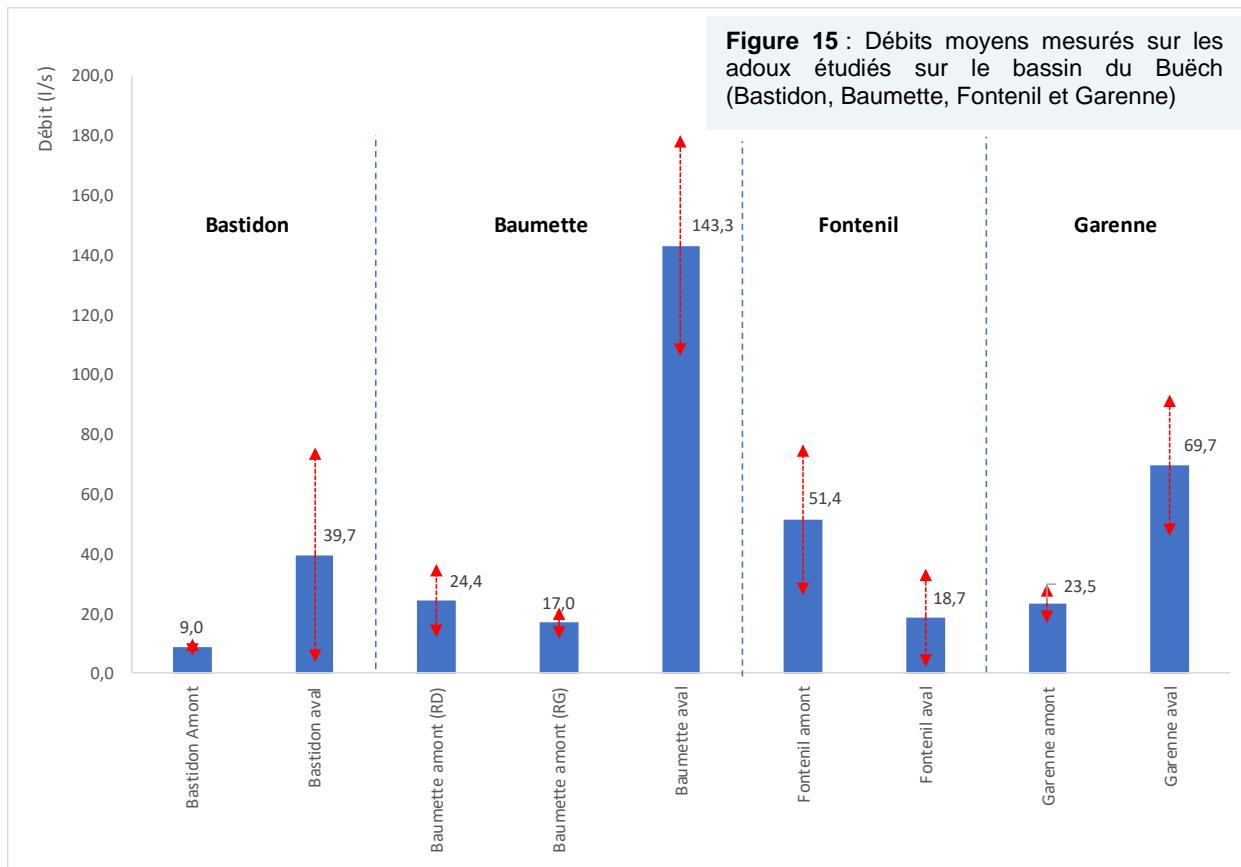


Figure 15 : Débits moyens mesurés sur les adoux étudiés sur le bassin du Buëch (Bastidon, Baumette, Fontenil et Garenne)

L'**adou du Bastidon**, situé sur le Buëch aval, présente un débit moyen faible. A la station amont, seuls 9 l.s⁻¹ ont été mesurés et environ 40 l.s⁻¹ à la station aval. A cette station, l'écart type traduit une certaine variabilité des écoulements au cours de la période d'étude. Le débit passe, par exemple, de 19 l.s⁻¹ le 06 novembre 2017 à 102 l.s⁻¹ le 07 mars 2018. Cependant, aucun assec n'a été constaté sur cet adou, même au cours de la sécheresse de 2017.

Sur l'**adou de Baumette**, les deux bras alimentant l'adou en amont ont été mesurés. Le bras en rive droite apporte davantage de débit (débit moyen égal 24,4 l.s⁻¹ contre 17 l.s⁻¹ pour l'autre bras). La stabilité hydrologique des deux bras est importante, comme le montre le faible écart type (calculs effectués sur 5 campagnes de mesures). A la station Baumette aval, le débit moyen est de 143 l.s⁻¹. L'**augmentation de débits entre les stations amont et la station aval est importante**, indiquant des apports latéraux et/ou diffus conséquents durant les 600 m de linéaires qui séparent les stations. En moyenne, le bras gauche et le bras droit de la partie amont de l'adou de Baumette ne contribuent qu'à hauteur de 11 et 17% à l'alimentation de la station aval.

Dates des mesures	17/07/2017	06/11/2017	06/03/2018	23/05/2018	25/07/2018	Moyenne
Bras en rive droite (%)	24,2	9,3	20,5	10,7	18,8	16,7
Bras en rive gauche (%)	NM	12,1	11,5	12,4	9,7	11,4

Tableau 9 : Contribution (en pourcentage) des deux bras en amont de l'adou de Baumette à l'alimentation de la station aval pour chaque campagne de mesures

La relative **stabilité hydrologique est notable à la station Baumette aval**. Sur cinq campagnes de mesures, incluant des contextes hydro-climatiques très différents, les débits sont compris entre 108 l.s^{-1} et 202 l.s^{-1} . A noter que durant l'étiage très sévère de l'automne 2017, qui a caractérisé la sécheresse cette année-là, le débit est resté soutenu et n'est pas descendu au-dessous de 100 l.s^{-1} .



Photo 10 : stations Baumette aval le 06 novembre 2017 (à gauche) et Fontenil aval le 7 mars 2018 (à droite)

Avec une valeur moyenne de 51 l.s^{-1} , l'**adou de Fontenil** présente un débit soutenu à la station amont. La variabilité entre les campagnes de mesures est relativement faible, excepté lors de la campagne de novembre 2017, où les débits chutent à 12 l.s^{-1} . Le débit maximal mesuré est de 81 l.s^{-1} lors de la campagne de mars 2018 (voir figure ci-dessous). La station aval présente un débit inférieur à la station amont à toutes les campagnes, sauf à celle de novembre 2017. Cette diminution du débit de 40 à 86 % du débit mesuré à la station amont ! Rappelons que 1350 m sépare les deux stations, et que plusieurs apports latéraux sont recensés. Les écoulements mesurés à la station amont sont censés n'être qu'une part du débit total mesuré en aval.

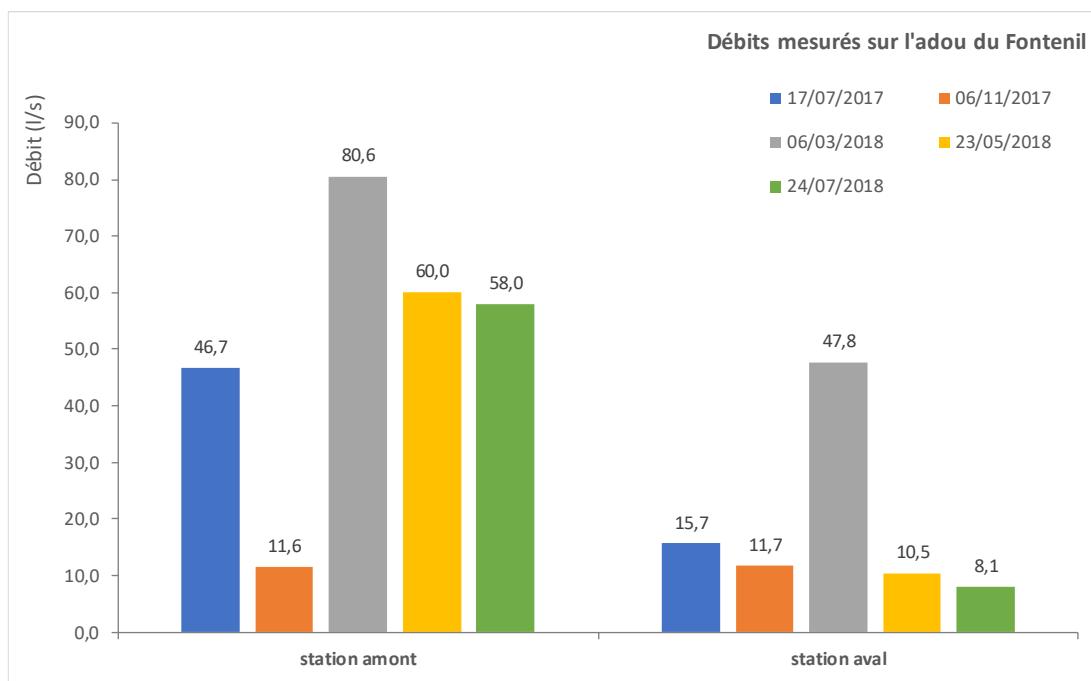


Figure 16 : Débits instantanés mesurés dans les deux stations de l'adou du Fontenil au cours des cinq campagnes de mesures

Il y a donc une **perte importante des écoulements entre la partie amont et la partie aval** de l'adou du Fontenil. Des reconnaissances de terrains de l'AFB sur le secteur ont révélé l'existence de plusieurs barrages de castor d'Europe (*Castor fiber*), dérivant une grande partie des eaux de l'adou vers le cours principal du Buëch. En l'absence de prise d'eau ou de dérivation d'origine anthropique recensée dans le secteur, les barrages de castor sont la cause la plus plausible expliquant la diminution du débit.

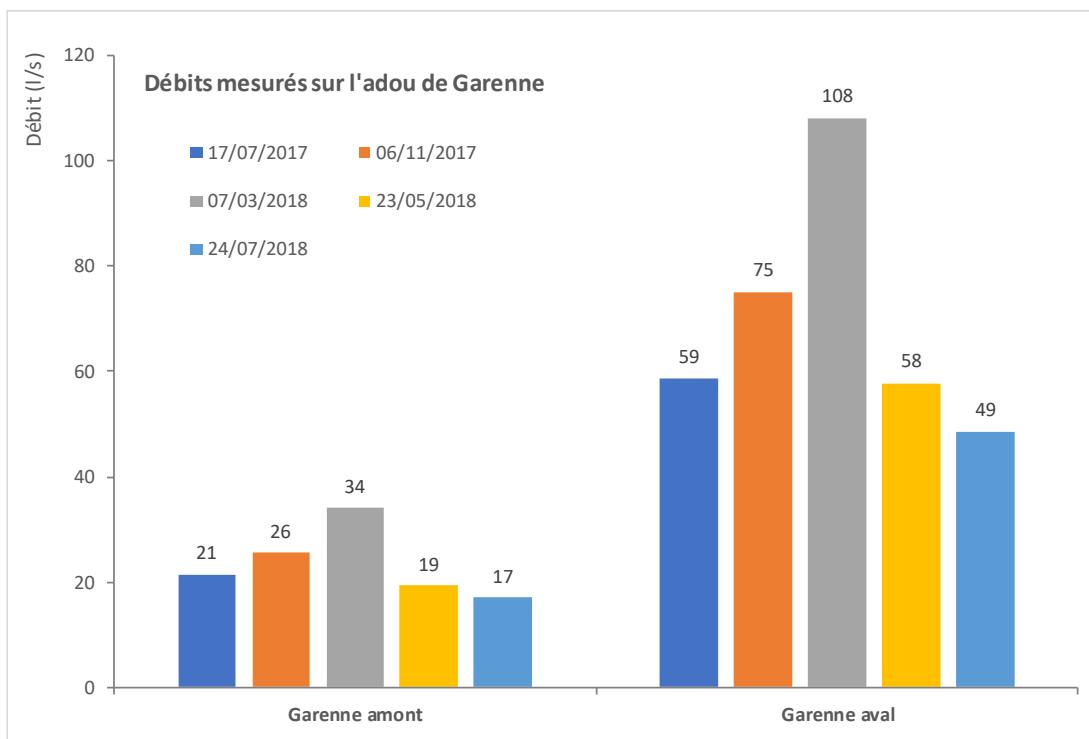


Figure 17 : Débits instantanés mesurés dans les deux stations de l'adou de Garenne au cours des cinq campagnes de mesures

L'**adou de Garenne** présente dans sa partie amont un débit moyen de 24 l.s^{-1} (voir figure 15). Ce débit est relativement régulier, variant de 17 à 34 l.s^{-1} (voir figure 12 ci-dessus). La relation entre les débits mesurés en amont et ceux mesurés à la station aval est très stable au cours des différentes campagnes (débit amont = 34 % débit aval), confirmant l'absence de prélèvements entre les deux stations. Le reste des débits observés à la station aval proviennent de plusieurs sources et ruisselets de sources alimentant l'adou entre les deux stations (voir photo 11 ci-dessous), voire de résurgences diffuses dans le lit du cours d'eau.



Photo 11 : Adou de Garenne et confluence avec un ruisseau de source (à gauche) ; source limnocrène localisée dans une prairie en rive droite de l'adou de Garenne, en amont de la station aval (à droite)

- Adoux du Haut-Verdon (Pont du Moulin, La Batie, Villars)

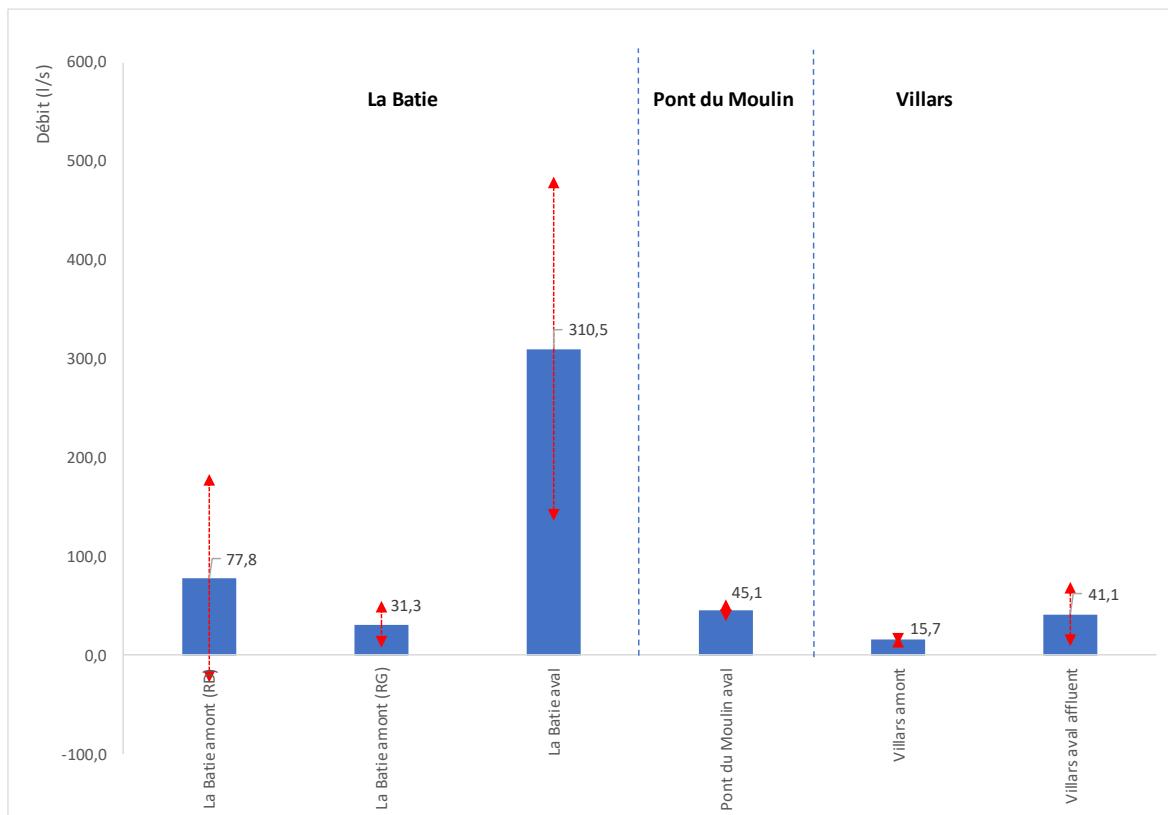


Figure 18 : Débits moyens mesurés sur les adoux étudiés sur le bassin du Haut Verdon (La Batie, Pont du Moulin et Villars)

Sur l'**adou de La Batie**, deux bras ont été mesurés. Le bras localisé en rive droite (noté La Batie amont (RD)) est caractérisé par un débit moyen plus important, approchant les 80 l.s^{-1} . En revanche, **ces débits sont variables dans le temps et de fortes variations ont été constatées**. Un assec total du lit a même été observé au cours de la campagne de novembre 2017. Le bras localisé en rive gauche (noté La Batie amont (RG) n'a pas le même comportement hydrologique. Son débit moyen est plus faible mais il est caractérisé par une plus grande stabilité au cours de la période d'étude. A la station Batie aval, le débit moyen est élevé, classant cet adou en tête des adoux suivis en termes de débit (avec l'adou de Névache en Haute Durance). Un écart notable existe entre la valeur minimale constatée de 98 l.s^{-1} et la valeur maximale de 473 l.s^{-1} . La longueur de cet adou et sa confluence avec plusieurs talwegs le rendent **plus exposé aux ruissellements, qui participent en partie à son alimentation** lors des épisodes de précipitations.



Photo 12 : Station La Batie amont (à gauche) et La Batie aval (RG) (à droite), mars 2018

L'adou de **Pont du Moulin**, situé en rive gauche du Verdon au niveau de Thorame Haute, présente un débit moyen de 45 l.s^{-1} (voir figure 18 ci-dessus) Le **débit est relativement stable au cours de la période d'étude**, les valeurs mesurées variant de 30 à 54 l.s^{-1} . Cette faible amplitude des débits peut s'expliquer par la présence de plusieurs résurgences au débit stable et par un linéaire court, limitant l'influence du ruissellement.



Photo 13 : Adou du Pont du Moulin le 19 juillet 2017
(l'arrivée d'une source est visible à gauche de l'image)

Concernant l'**adou de Villars**, l'hydrologie de deux stations a été suivie. La première, notée Villars amont, est localisée à 230 m de la première source, et n'est alimentée que par des russelets de sources. La seconde, notée Villars aval affluent, est située plus en aval (320 m des sources), après la confluence avec un petit affluent en rive droite (le Riou Maurel). Le **débit de Villars amont est faible mais stable dans le temps**, variant de $12,1 \text{ l.s}^{-1}$ lors de la période sèche de novembre 2017, à $21,6 \text{ l.s}^{-1}$ en juillet 2018. Le débit en aval de la confluence avec le Riou Maurel est en moyenne plus élevé mais **marqué par la variabilité** (voir figure 14 ci-dessous). Cette distinction entre les deux stations illustre l'influence des apports des **eaux de ruissellement qui modifient l'hydrologie à l'origine stable des adoux** alimentés par les eaux de résurgences.

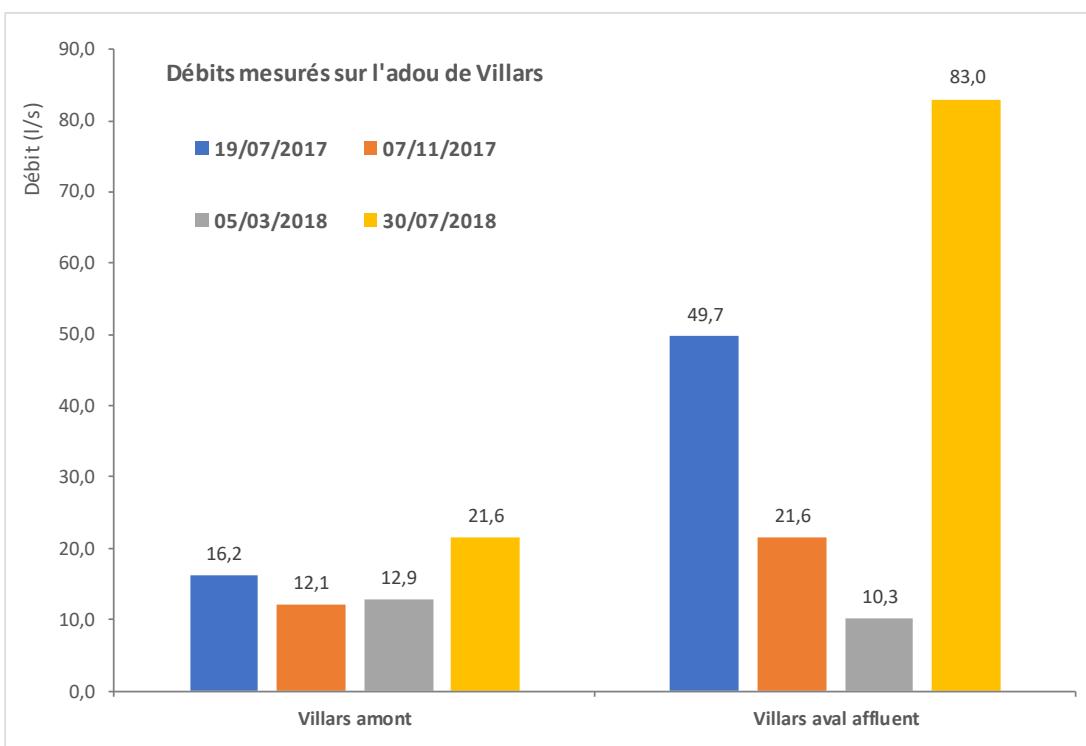


Figure 19 : Débits instantanés mesurés dans les deux stations de l'adou de Villars au cours des quatre campagnes de mesures

5.1.3. Adoux des Alpes internes du sud (Névache, St Crépin)

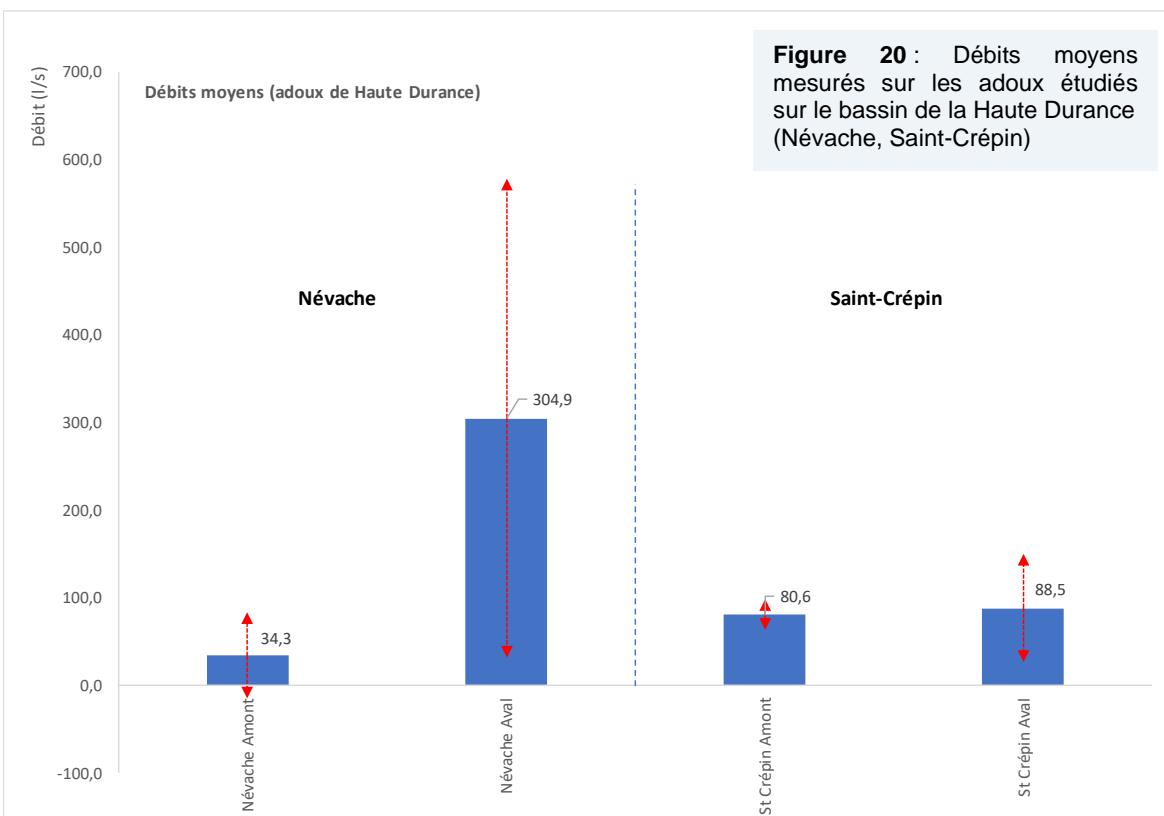


Figure 20 : Débits moyens mesurés sur les adoux étudiés sur le bassin de la Haute Durance (Névache, Saint-Crépin)

- Adou de Névache

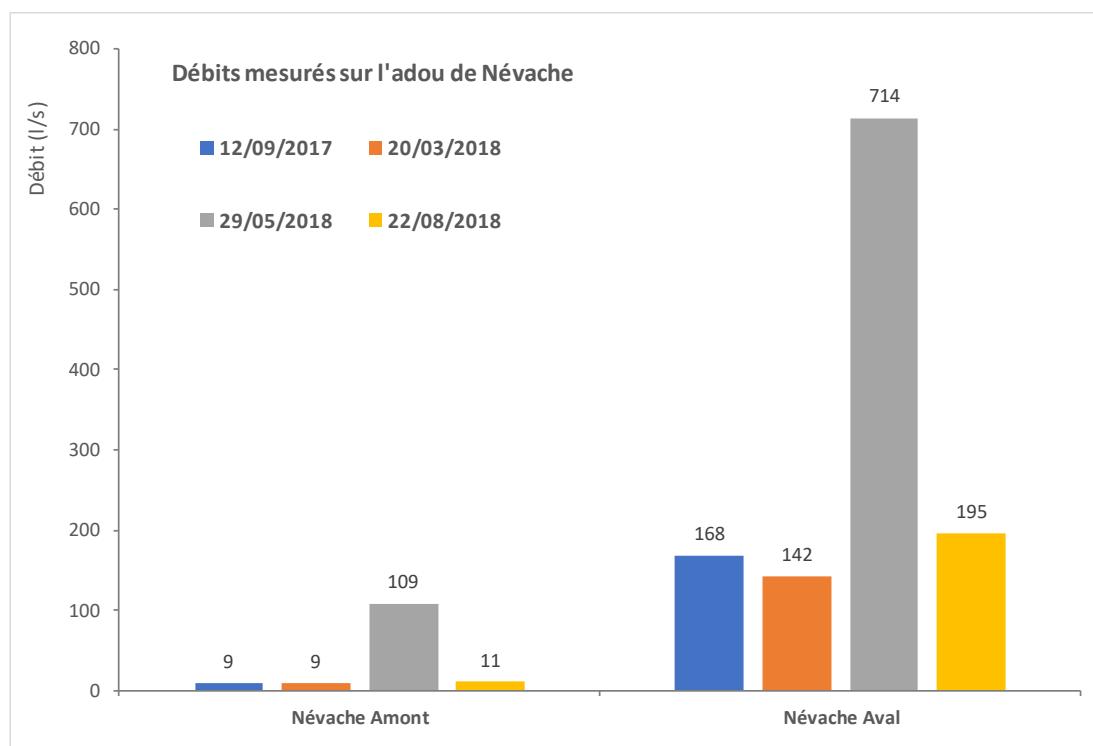


Figure 21 : Débits instantanés mesurés dans les deux stations de l'adou de Névache au cours des quatre campagnes de mesures

Les débits à l'adou de Névache sont **très différents** entre la station amont (moyenne de 34 l.s⁻¹) et la station aval (moyenne de 305 l.s⁻¹). Le débit de Névache amont représente entre 5 et 15% du débit observé à Névache aval. La **station amont ne représente donc qu'une petite part des écoulements** de l'adou de Névache. Plusieurs ruisselets de sources confluent entre les deux stations, venant grossir le débit de la station aval.

Lors de la campagne de mai 2018 (voir figure 21 ci-dessus), les débits sont exceptionnellement élevés par rapport aux autres campagnes de mesures. L'hiver 2017/2018 a été caractérisé dans les Alpes du Sud par un enneigement excédentaire, souvent supérieur aux valeurs maximales connues dans la région (données Météo-France). **Fin mai**, période à laquelle la campagne de mesure a été réalisée, **la fonte des neiges est à son maximum**, gonflant les eaux par ruissellement de l'ensemble de l'adou.

Les **débits mesurés lors des trois autres campagnes sont très stables** d'une période à l'autre. La mesure de 142 l.s⁻¹ réalisée à Névache aval peut être considérée comme le débit d'étiage hivernal.

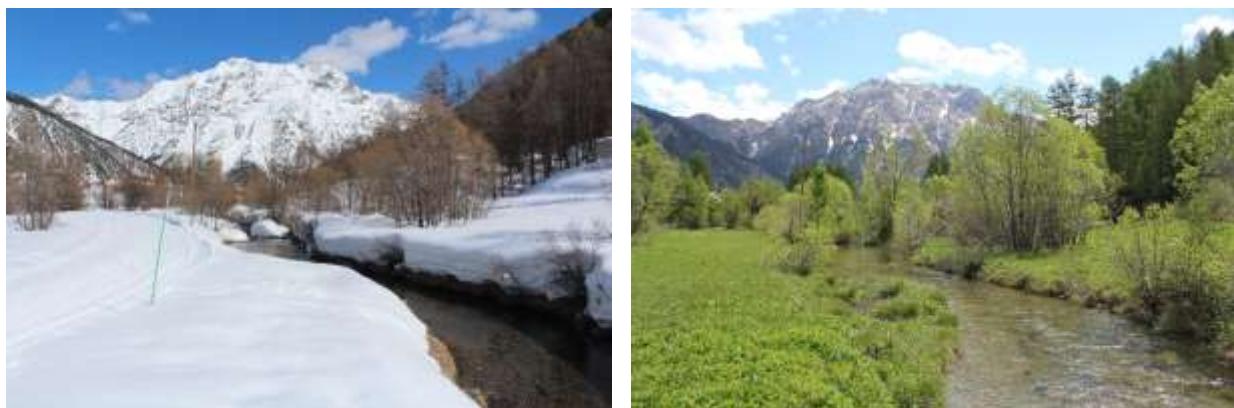


Photo 14 : Adou de Névache en période d'étiage hivernal en mars 2018 (à gauche) et après la fonte des neiges en mai 2018 (à droite)

- Adou de Saint-Crépin

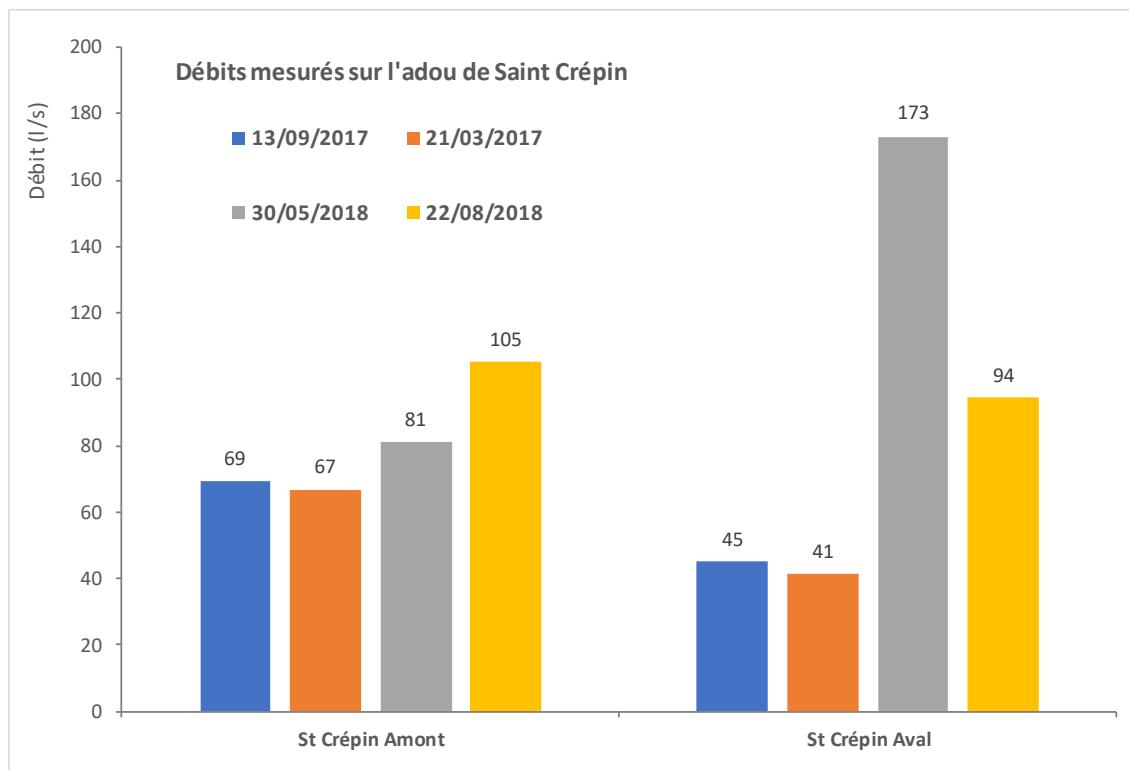


Figure 22 : Débits instantanés mesurés dans les deux stations de l'adou de Saint Crépin au cours des quatre campagnes de mesures en 2017 et 2018

Avec un débit moyen de 81 l.s^{-1} (voir figure 20), la station St Crépin amont présente à première vue un débit proche de celui mesuré à la station St Crépin aval (89 l.s^{-1}). Cependant, l'écart type est dans cette dernière station plus important, traduisant **une plus grande variabilité saisonnière des écoulements**. L'analyse des débits instantanés mesurés lors des quatre campagnes de mesures indique en effet **une stabilité hydrologique de la station amont et une plus grande variabilité des débits en aval**. A cette station, les débits sont les plus souvent inférieurs à ceux mesurés en amont, à l'exception de la campagne de mai 2018.

Cette baisse des débits entre les deux stations, comprises entre 10 et 38 % du débit mesuré en amont, **est la conséquence d'une dérivation des eaux pour l'alimentation d'un plan d'eau** en bordure de Durance. Une partie des eaux du lac sont ensuite redirigée vers l'adou (FDPPMA 05). L'hydrologie de l'adou s'en trouve perturbée.



Photo 15 : Adou de Saint Crépin (aval) en mars 2018 (à gauche) et plan d'eau alimenté par les eaux dérivées de l'adou (à droite)

Synthèse « hydrologie des adoux »

- Deux années de suivi hydrologiquement différentes : 2017 marquée par la sécheresse et 2018 plus arrosée ;
- Débit des adoux étudiés variant en **moyenne entre 6 et 310 l/s** ;
- **Stabilité hydrologique observée dans plusieurs adoux** mais pas un cas général ;
- Amplitude hydrologique augmente avec la distance à la source ;
- **Sensibilité marquée de certains adoux à l'assèchement du lit** lors des périodes d'étiage ;
- **Comportement hydrologique différent d'un adou à l'autre** : influence du lien avec la nappe (distance du toit de la nappe, influence des variations piézométriques) : **suivi hydrologique et hydrogéologique** des adoux les plus sensibles serait nécessaire.

6. ETUDE DU REGIME THERMIQUE DES ADOUX

6.1. Analyse globale du régime thermique

Sur la période d'étude allant de 2017 à 2019, **15 adoux** ont fait l'objet d'un suivi thermique. Ces 15 adoux ont été équipés d'un ou plusieurs thermographes enregistreurs à pas de temps 15 mn). Leur nombre dépendait leur linéaire étudié : un seul thermographe a été placé par exemple sur l'adou de Saint Pierre le Bas (SPB) qui est relativement court, contre deux sur les adoux plus long (type Fontenil ou Névache) afin de mesurer l'évolution amont aval du régime thermique. Au total, **24 stations ont donc été suivies.**

Remarques : en cours d'étude, il a été jugé opportun d'étudier un 16^{ème} adoux a priori influencé par l'activité agricole, l'adou des Faysses dans la vallée de la Bléone. L'analyse des résultats fera l'objet d'un chapitre.

Afin de pouvoir comparer le fonctionnement thermique des adoux, une période de mesures en simultané dans l'ensemble des sites étudiés a été sélectionnée. Il a été choisi dans un premier temps de s'intéresser à **la période juin/juillet 2018**, période durant laquelle un maximum de stations ont fait l'objet de mesures.

Rappel : la zonation d'Illies et Botosaneanu (1963)

Cette zonation formulée par ces auteurs en 1963 est fondée sur les facteurs morphodynamiques (débit, largeur, profondeur...), la température et les invertébrés benthiques. Elle met en exergue **les discontinuités dans le peuplement amont-aval**, lors de modifications rapides de facteurs tel que le débit, en particulier au niveau des confluences de cours d'eau d'égale importance (ordre de drainage équivalent).

Trois zones se succèdent de la source à l'embouchure : le **crénal**, le **rhithral** et le **potamal**.

La première est la zone des sources, caractérisée par des faibles variations de températures. La deuxième est la zone des ruisseaux et petites rivières caractérisées par un écoulement turbulent, des températures relativement fraîches et stables. Enfin, la troisième correspond à la zone des grandes rivières, caractérisé par un écoulement plus lent, moins limitant pour le développement de la végétation aquatique et surtout, par des températures variables pouvant être chaudes en été.

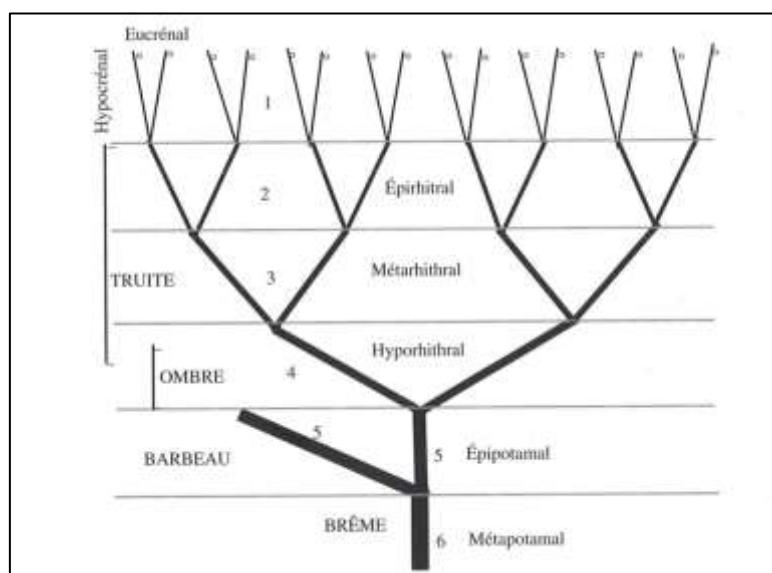


Figure 23 : Schéma de la zonation des cours d'eau d'Illies et Botosaneanu (1963)

Cette zonation servira de référence permettant d'expliquer la signification typologique des espèces d'invertébrés aquatiques rencontrées et leur affinité avec le régime thermique décrit dans ce chapitre.

- Températures moyennes et maximales**

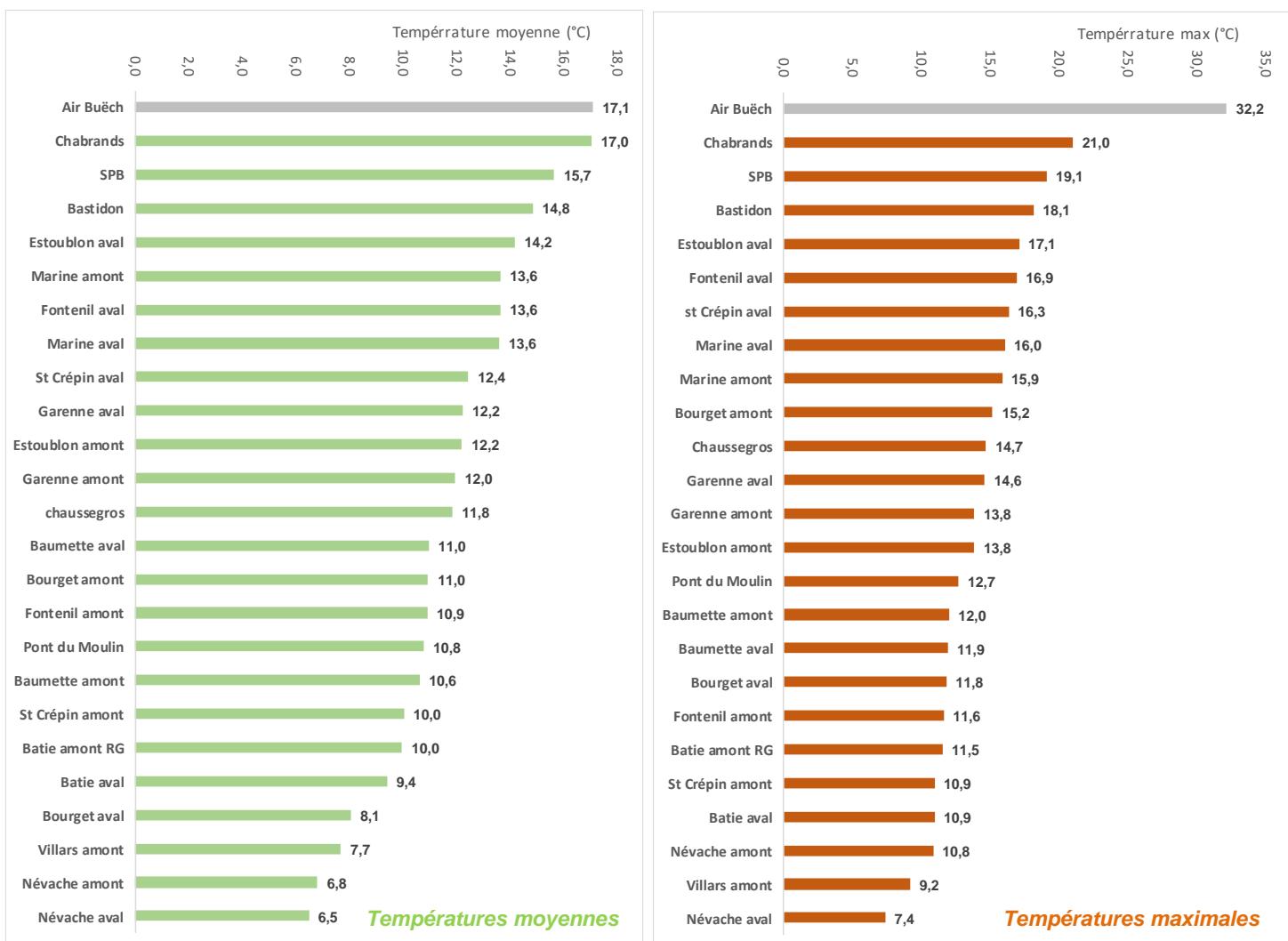


Figure 24 : Températures moyennes enregistrées dans les 24 stations suivies et de l'air dans la vallée du Buëch (à gauche) et températures maximales (à droite) (période considérée : juin et juillet 2018)

La température moyenne de l'**air** (vallée du Buëch à Veynes) pour la période considérée est de 17,1°C, avec une valeur maximale de 32,2°C. Les températures moyennes enregistrées **varient dans les adoux de 17°C à 6,5°C** durant la période de juin et juillet 2018.

La station qui présente les **températures les plus chaudes** est située sur l'**adou des Chabrends**, situé en Moyenne-Durance à 319 m d'altitude (commune de Valensole). Sa température moyenne est de 17°C, avec une valeur maximale de 21°C. Elle est suivie par l'**adou de Saint Pierre le Bas (SPB)** localisé dans la vallée de l'Asse, à 430 m d'altitude. L'**adou de Bastidon** vient en troisième position avec une température moyenne pour la période considérée de 14,8°C. Cet adou est localisé dans la basse vallée du Buëch à une altitude de 530 m.

A l'inverse, les températures moyennes les plus froides sont situées sur **l'adou de Névache**, avec 6,5°C à la station aval et 6,8°C en amont. L'altitude de la source est à cette station de 1585 m. Cet adou est suivi de celui de Villars (vallée de l'Issole dans le Haut Verdon), avec une température moyenne de 7,7°C et une maximale de 9,2°C. La source de cet adou est localisée à 1226 m d'altitude.

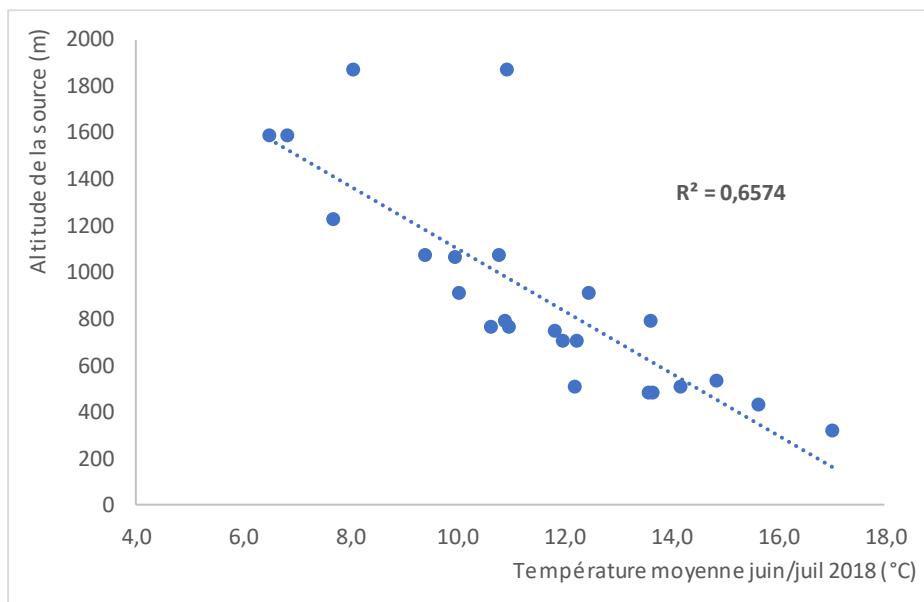


Figure 25 : Relation entre températures moyennes (juin/jUIL 2018) et altitude de la source des adoux étudiés

Ces résultats indiquent clairement **l'influence de l'altitude sur le régime thermique des adoux**. La figure 25 illustre cette relation très significative. Ceci justifie le regroupement des adoux en zones biogéographiques distinctes, dont l'altitude joue un rôle primordial dans le découpage, pour la présentation ultérieure des résultats.

Néanmoins, l'examen plus détaillé des données laisse apercevoir que certaines stations se détachent de cette relation altitude/température moyenne. Ainsi, **les stations les plus hautes situées sur l'adou du Bourget (1870 m) sont plus chaudes** que des stations plus basses en altitude comme celle de Névache ou du Villars. L'influence d'apports latéraux (exutoire de lac d'altitude dans la partie aval) limite l'influence de résurgences de la nappe alluviale. Il apparaît, par les mesures thermiques, que cet adou sort de la définition initiale donnée à ces milieux.

D'autres stations présentent des températures moyennes plus élevées que des adoux localisés à plus basse altitude. Ainsi la **station Fontenil aval** (source à 788 m d'altitude) et **St Crépin aval** (source à 911 m d'altitude) présentent des températures moyennes relativement chaudes pour l'altitude. Les particularités locales telles que les dérivations d'eau peuvent ici jouer un rôle primordial (voir chapitre suivant).

- Amplitudes thermiques journalières**

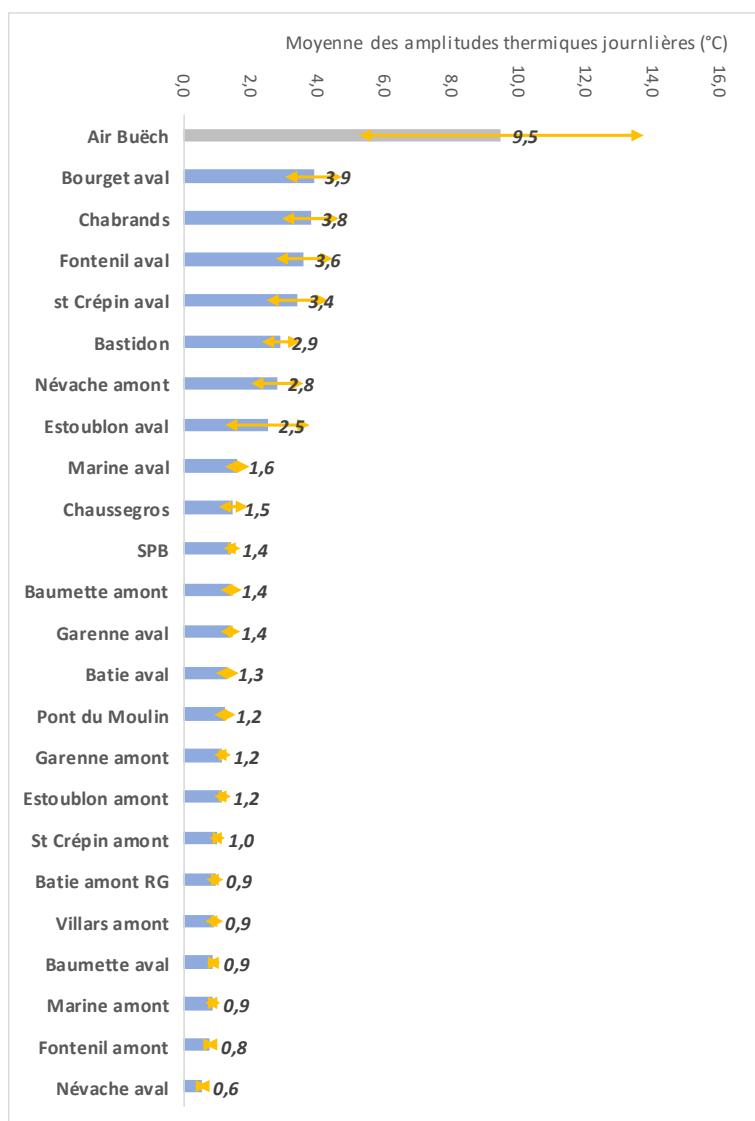


Figure 26 : Moyennes des amplitudes journalières et écart-type (flèche orange) par stations d'étude (période considérée : juin et juillet 2018)

Les valeurs moyennes des amplitudes journalières (représentées par des barres bleues sur le graphique ci-dessus) et les faibles écart-types (flèches orange) indiquent que les **températures sont relativement stables au cours de la période considérée dans l'ensemble des adoux**, avec cependant quelques nuances. Les amplitudes les plus faibles sont observées à **Névache aval** (0,6°C pour altitude de la source de 1585 m), suivi par la station **Fontenil amont** (source à 788 m), **Marine amont** (source à 483 m), **Baumette aval** (760 m), **Villars amont** (1226 m) ...

Les amplitudes les plus importantes sont observées sur la station **Bourget aval** (3,9°C à 1870 m), adou des **Chabrends** (3,8°C à 319 m), la station **Fontenil aval** (3,6°C, 788 m), **St Crépin aval** (3,4°C à 911 m), **Bastidon** (2,9°C à 530 m) et **Névache amont** (2,8°C à 1585 m).

Ces observations montrent que **l'amplitude journalière dans les adoux n'a aucun lien avec l'altitude**. Des stations avec de grands écarts altitudinaux présentent des amplitudes thermiques proches.

La présence, parmi les sites où l'amplitude est la plus forte, d'une majorité de stations localisées dans la partie aval des adoux étudiés (adou des Chabrends, Bourget aval, Fontenil aval, St Crépin aval...), laisse supposer que l'augmentation de l'amplitude journalière est en lien avec la distance à la source de l'adou. Cette relation a été testée : elle est significative (test de Pearson : 0.615). Le graphique présenté ci-dessous illustre cette relation, mais aussi sa fragilité (coefficient de détermination faible, R^2 : 0.379).

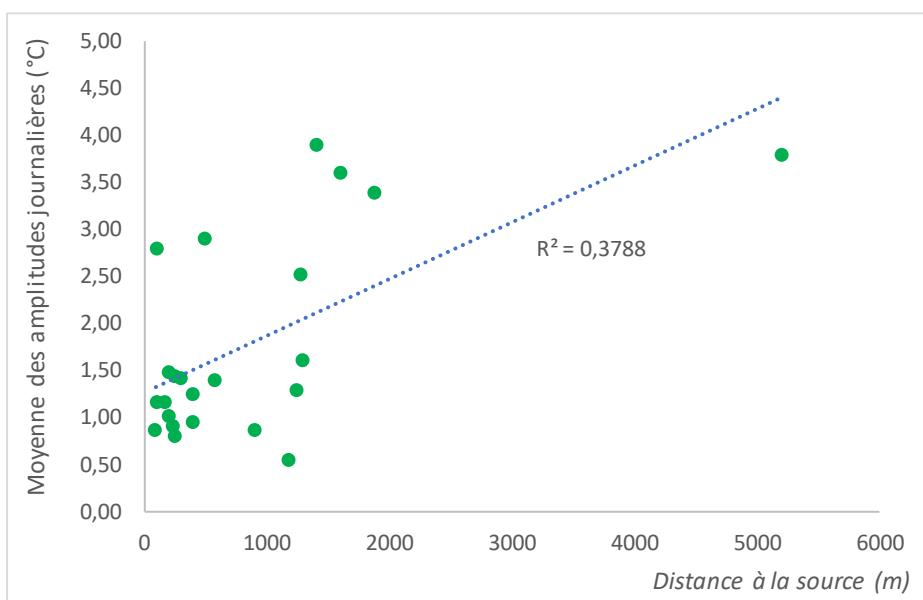


Figure 27 : Relation entre amplitudes journalières (juin/juil 2018) et la distance à la source des adoux étudiés

Si une relation entre l'amplitude journalière et la distance à la source peut être mise en évidence, la dispersion des points sur le graphique indique des situations locales qu'il est nécessaire de préciser.

Certaines stations situées sur un linéaire relativement long (Névache aval à 1180 m, la Batie aval à 1250 m) présentent une grande stabilité thermique (moyennes de l'amplitude respectivement de 0,6°C et de 1,3°C). En comparant avec des stations situées sur une longueur de linéaire proche (Estoublon aval 1270 m ou Bourget aval à 1400 m de la source) mais avec des amplitudes thermiques plus élevées (respectivement 2,52°C et 3,89°C), une caractéristique importante de certains adoux peut être mis en évidence. **Certains de ces ruisselets de source ne dépendent pas d'une seule source mais sont alimentés le long de leur cours par des apports latéraux.** Ainsi, des adoux comme l'adou de Baumette (Buëch), de Garenne (Buëch), de Névache (Haute Durance) ou de la Marine (Bléone), sont sous influence continue d'apports de source de l'amont vers l'aval.

A l'inverse, des stations avec un linéaire très court en amont, comme l'adou de **Bastidon** ou la station **Névache amont**, présentent des amplitudes relativement élevées. Ces stations, entre les zones de sources et le point étudié, présentent un écoulement très faible et fortement ralenti (eaux stagnantes) influençant leur réactivité aux évolutions de la température atmosphérique.

6.2. Interprétation par secteur géographique

6.2.1. Adoux des collines de Basse Provence (adou de l'Asse, de la Bléone, des Chabrends)

- L'adou d'Estoublon

Les principales caractéristiques thermiques de l'adou sont mentionnées dans le tableau ci-dessous. La température moyenne sur la période considérée varie de 11,9°C à la station amont (éloignée de la source de 170 m) à 12,7°C à la station aval (éloignée de la source de 1270 m). Les maximales (respectivement de 16 et 18,1°C) et les amplitudes journalières (respectivement 1,1°C et 2,5°C) sont plus accentuées à la station aval. Cette dernière présente donc **un réchauffement et une réactivité thermique plus importants**.

	Estoublon amont	Estoublon aval
Altitude source (m)	505	505
Distance source (m)	170	1270
Moyenne (°C)	11,9	12,7
Maximale (°C)	16,0	18,1
Minimale (°C)	10,6	8,5
Moy Amplitude jour (°C)	1,1	2,5

Tableau 10 : Caractéristiques thermiques de l'adou d'Estoublon (Estoublon, 04) du 15 avril 2018 au 24 mars 2019

Ce comportement thermique différent des deux stations d'étude s'exprime également sur les graphiques ci-après qui illustrent l'évolution des températures moyennes et maximales journalières durant la période considérée, ainsi que de l'amplitude journalière. **La station aval se réchauffe plus vite au cours de la période estivale que la station amont et l'écart journalier est plus importants.** Située à 1270 m de la source amont, l'Estoublon aval présente des caractéristiques thermiques de partie haute de rhithron avec des températures maximales dépassant légèrement 18°C. La station amont est typique d'une zone de « ruisseau de source » (hypocrénal).

Le débit est en moyenne quatre fois supérieure à la station aval qu'à la station amont. Les caractéristiques thermiques de la station aval, laisse supposer que **l'origine des eaux entre les deux stations n'est pas en lien direct avec des apports de sources dans le lit mineur du cours d'eau.**

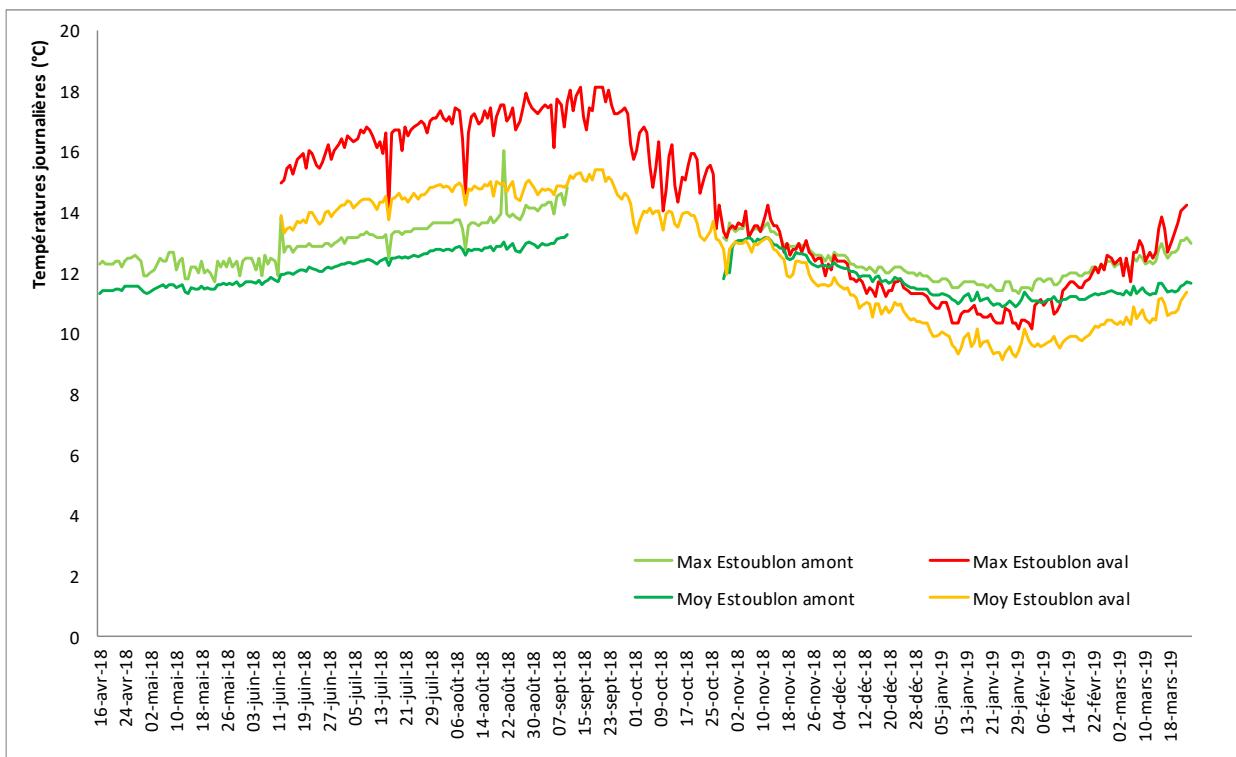


Figure 28 : Evolution des températures moyennes et maximales journalières dans les deux stations de l'Estoublon (amont et aval) du 15 avril 2018 au 24 mars 2019

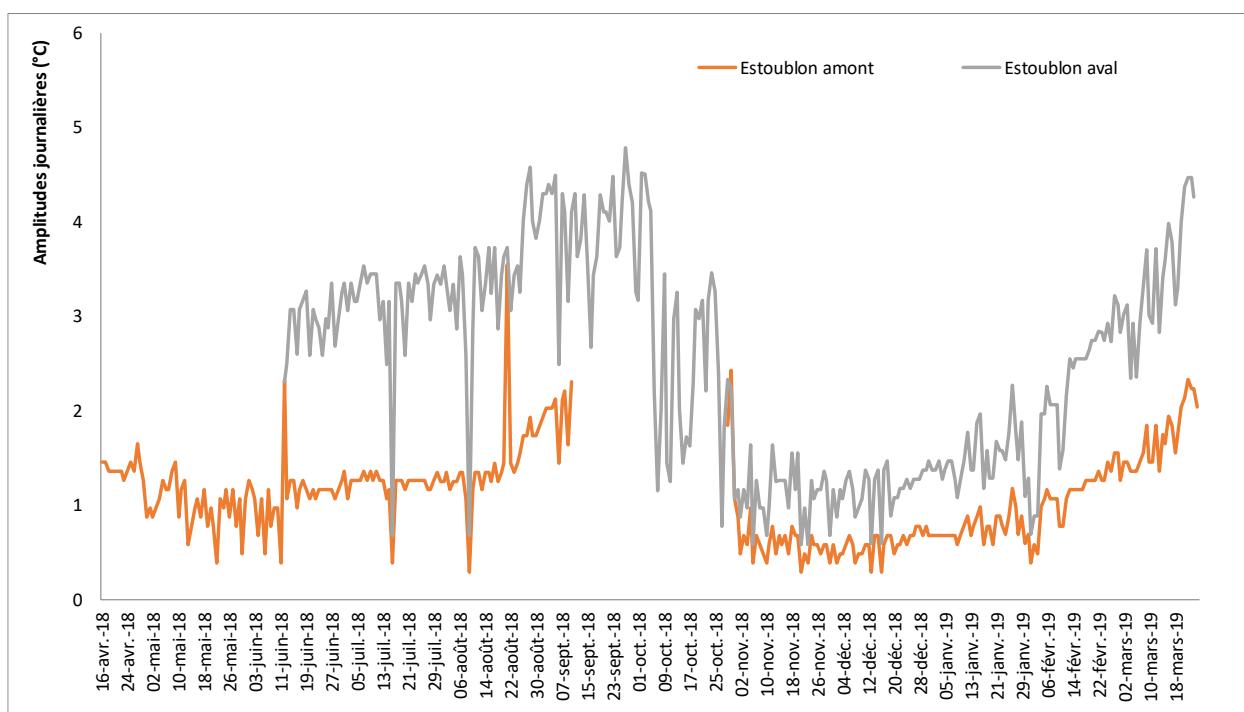


Figure 29 : Evolution des amplitudes journalières dans les deux stations de l'Estoublon (amont et aval) du 15 avril 2018 au 24 mars 2019

- L'adou de Saint Pierre le Bas (SPB) et de Chabrends**

	SPB	Chabrends
Altitude source (m)	430	319
Distance source (m)	250	5200
Moyenne (°C)	12,8	12,3
Maximale (°C)	15,4	19,5
Minimale (°C)	11,1	7,5
Moy Amplitude jour (°C)	0,9	2,6

Tableau 11 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Saint Pierre le Bas (SPB) et de l'adou de Chabrends du 15 septembre 2017 au 29 juin 2018

Les températures moyennes sont proches pour les deux adoux (environ 12°C pour la période considérée) mais l'examen des températures maximales, minimales et de l'amplitude journalières indique deux comportements thermiques distincts. **L'adou de SPB (station localisée à 250 m de la source) est caractérisé par des températures fraîches et une relative stabilité thermique**, l'évolution des températures pour la période considérée étant comprise entre 11,1°C et 15,4°C. La moyenne des amplitudes journalière est faible (0,9°C). Cette évolution est assez proche de celle observée sur la station Estoublon amont.

L'adou des Chabrends (station localisée à 5,2 km de la source) présente des températures plus réactives aux évolutions de la température atmosphérique, avec une plus grande instabilité, la gamme de température pour la période considérée étant comprise entre 7,5°C et 19,5°C. La moyenne des amplitudes journalières est plus élevée (2,6°C).

Ces résultats indiquent que **l'adou de SPB présente les caractéristiques d'un ruisseaulet de source (hypocrénal)**, avec des températures relativement fraîches et stables, sous influence directe des apports de la source. La faible distance de cette dernière et son débit expliquent l'influence de la source sur la thermie de l'ensemble du court linéaire de cet adou.

Le fonctionnement thermique de **l'adou de Chabrends** est plus complexe. Il est marqué par une plus forte variabilité, due à la **réactivité du cours d'eau face aux évolutions journalières ou saisonnières de la température atmosphérique** (voir figures 30 et 31 ci-après). Par comparaison aux autres stations, la température maximale est la plus forte enregistrée dans les adoux. Elle reste cependant sous les 20°C, inférieure aussi à celles pouvant être observées sur la Durance voisine. La distance à la source (5,2 km), l'inexistence de ripisylve et l'apport de canaux de dérivation contrarient l'influence des apports de nappe. **Du point de vue thermique, la station étudiée sur cet adou se rapprocherait davantage d'un épi/métarhithral que d'un ruisseaulet de source (hypocrénal)**.

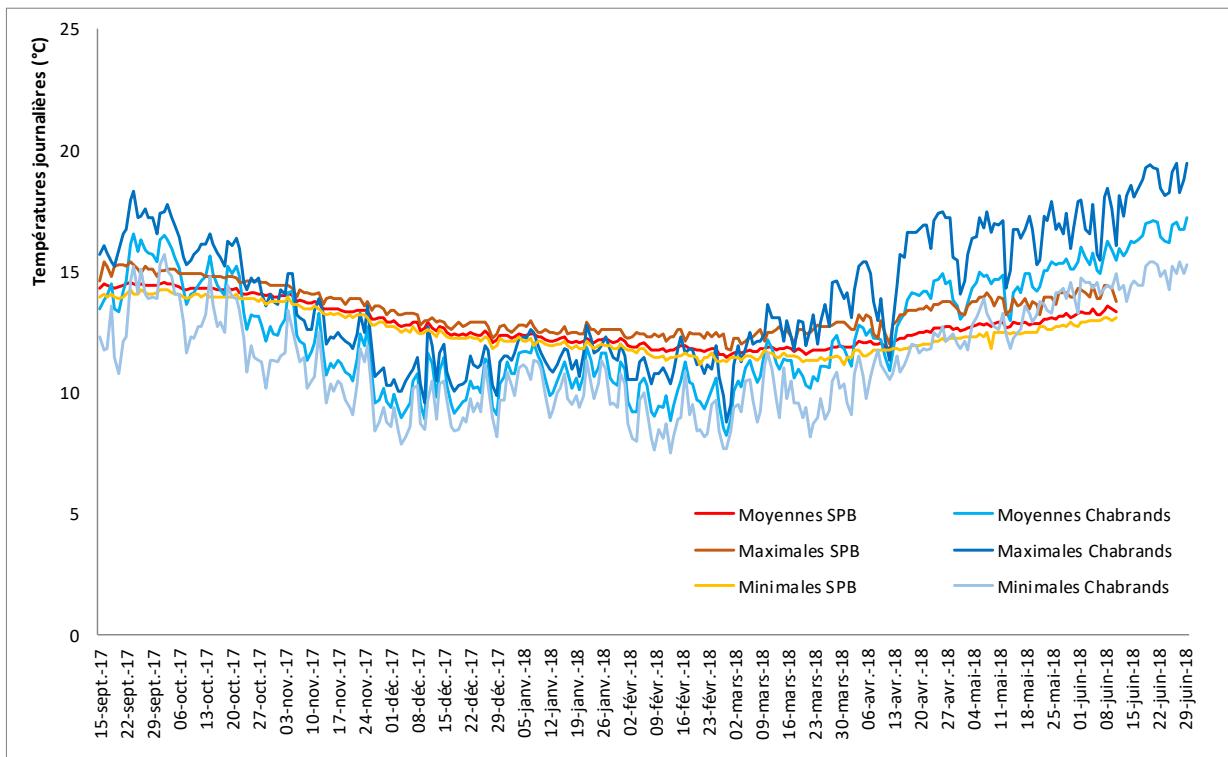


Figure 30 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans les adoux de Chabrends et de Saint Pierre le Bas (SPB) du 15 septembre 2017 au 29 juin 2018

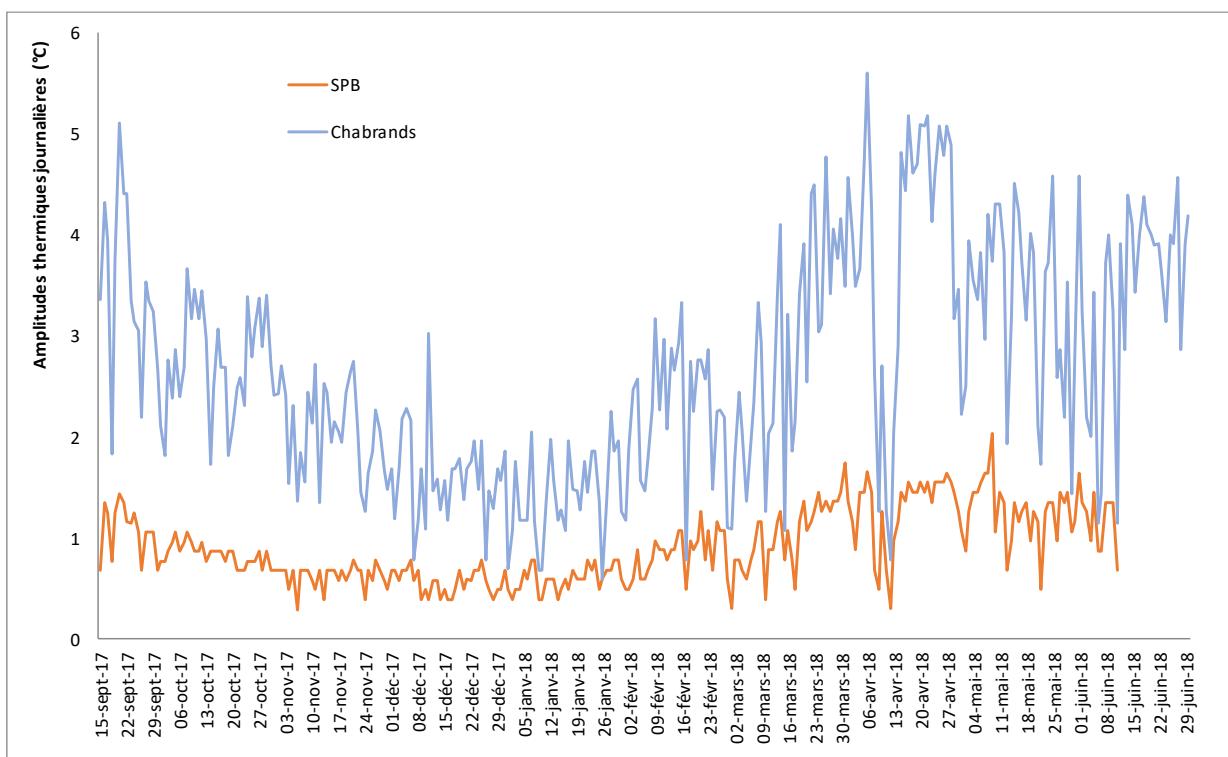


Figure 31 : Evolution des amplitudes journalières dans les adoux de Chabrends et de Saint Pierre le Bas (SPB) du 15 septembre 2017 au 29 juin 2018

- Adoux de La Marine et des Faysses**

Les adoux de La Marine et des Faysses sont situés tous les deux en bordure de Bléone. Très proches géographiquement, mais avec une gestion hydraulique différente, ils sont présentés ensemble pour faciliter la comparaison.

	Marine amont	Marine aval	Faysses amont	Faysses aval	Air
Altitude source (m)	483	483	491	491	480
Distance source (m)	90	1290	100	750	
Débit moyen (l/s)	17	115	29	47	
Moyenne (°C)	13,1	12,1	13,0	12,7	10,8
Maximale (°C)	17,6	16,6	15,6	22,9	31,8
Minimale (°C)	9,3	7,7	10,2	7,0	-5,0
Moy Amplitude jour (°C)	0,9	1,7	0,9	3,2	10,5

Tableau 12 : Caractéristiques thermiques de l'adou de La Marine et de l'adou des Faysses du 5 septembre 2018 au 31 août 2019

La période d'étude concerne une année hydrologique entière, du 04 septembre 2018 au 31 août 2019.

A la station **Marine amont**, situé à 90 m de la source mais avec un très faible débit, la température moyenne est 13,1°C, avec une valeur maximale de 17,6°C. La moyenne des amplitudes journalières (voir tableau ci-dessus et figure 33) est faible et l'évolution au cours de l'année montre une grande stabilité thermique. Les faibles débits estivaux à cette station peuvent entraîner des pics ponctuels mais les **amplitudes témoignent d'un milieu sténotherme, typique des ruisselets de sources**.

Plus en aval (station **Marine aval**), la température moyenne est faible (12,1°C) et **l'amplitude saisonnière relativement peu marquée** (températures comprises entre 7,7°C et 16,6°C). L'amplitude journalière augmentent de 0,8°C en moyenne, mais reste conforme aux observations réalisées dans les milieux analogues. Le **comportement thermique relativement sténotherme du cours d'eau**, près de 1,3 km de la source, et ce, après plusieurs ralentissements des écoulements (barrages de castor, diminution de la pente...), indique que les eaux qui soutiennent les débits observés à cette station (voir chapitre sur les débits) sont issus **d'apports de source latéraux** entre les deux points étudiés.

A la station **Faysses amont**, les températures moyennes et l'amplitude saisonnière (températures situées entre 10,2 et 15,6°C) sont plus faibles qu'à la station Marine amont. L'influence de la Source du lavoir est donc importante sur cette station au **comportement thermique sténotherme**. La station Faysses aval est située en aval de la Source du lavoir, mais aussi en aval de la confluence avec l'adou dit de Font Lèbre. Cet affluent intermittent reçoit les eaux d'un canal d'irrigation (eaux issues de la Bléone). L'analyse des données montrent une **influence directe de cet apport sur le comportement thermique** des eaux à cette station : **les amplitudes journalières et saisonnières, ainsi que les valeurs maximales, sont marquées**. L'examen des figures 32 et 33 semble indiquer que ce comportement thermique eurytherme s'accentue à partir du mois de mars 2019 et jusqu'à la fin de la période estivale. Cette observation serait à mettre en relation avec l'apport des eaux dérivées de la Bléone au cours de cette période.

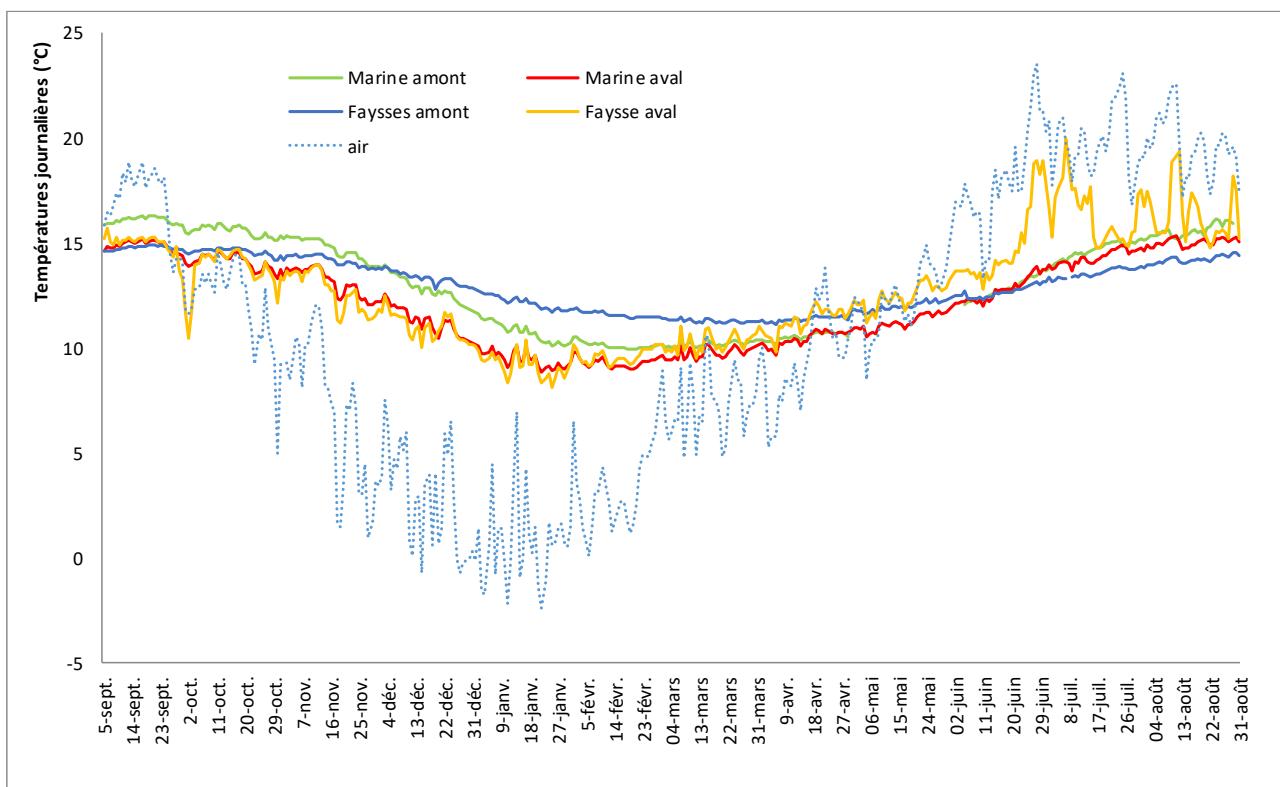


Figure 32 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'air (riparisylve ombragée de La Marine), dans l'adou de La Marine et dans l'adou des Faysses du 5 septembre 2018 au 31 août 2019

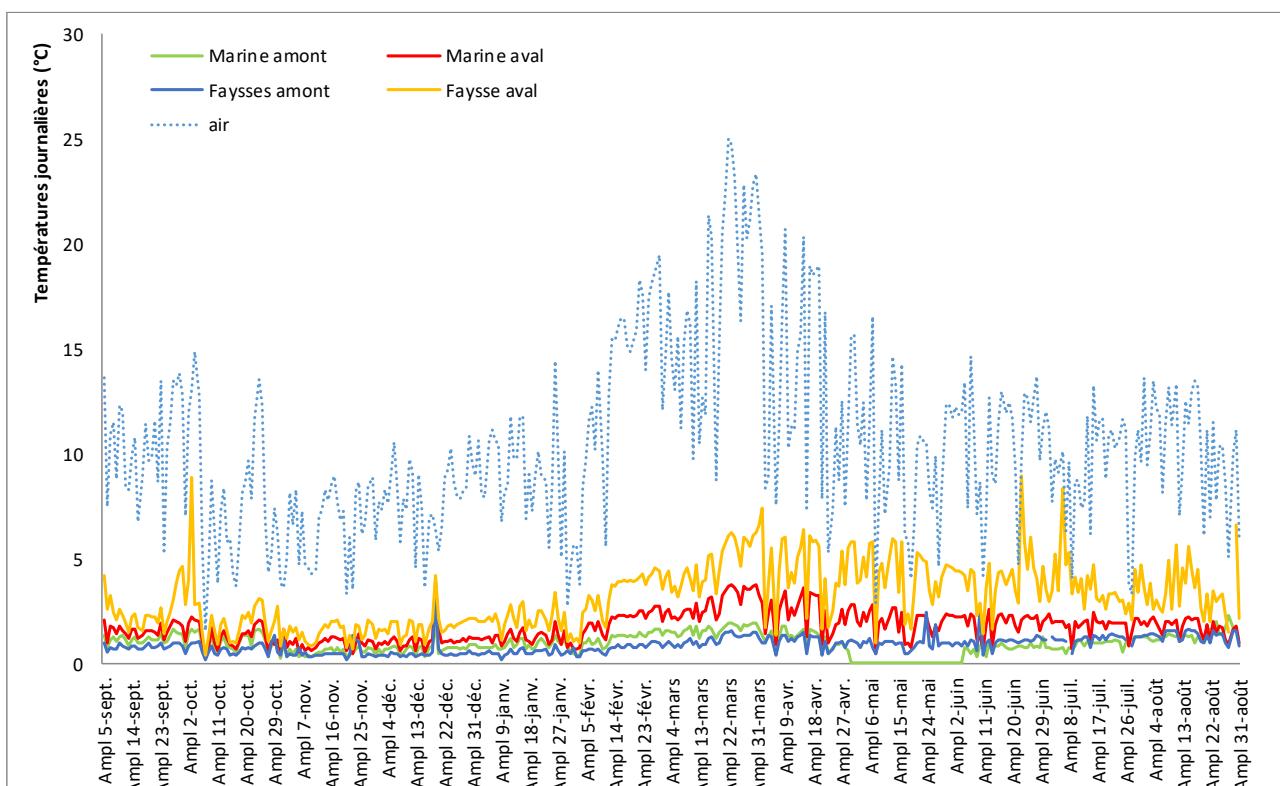


Figure 33 : Evolution des amplitudes journalières dans l'air (riparisylve ombragée de La Marine), dans l'adou de La Marine et dans l'adou des Faysses du 5 septembre 2018 au 31 août 2019

6.2.2. Adoux des Préalpes du Sud (Buëch)

- L'adou de Fontenil (05)

	Fontenil amont	Fontenil aval
Altitude source (m)	788	788
Distance source (m)	250	1600
Débit moyen (l/s)	51	19
Moyenne (°C)	10,5	10,1
Maximale (°C)	12,5	17,3
Minimale (°C)	6,2	0,8
Moy Amplitude jour (°C)	0,8	2,7

Tableau 13 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Fontenil du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

Les températures moyennes sont, aux deux stations suivies sur l'adou de Fontenil, légèrement supérieures à 10°C. Les températures minimales et maximales révèlent deux comportement thermiques différents. Les températures à la **station amont** restent très fraîches, comprises entre 6,2°C et 12,5°C. L'amplitude journalière est faible (0,8°C en moyenne), indiquant des **conditions de sténothermie typiques des milieux de sources (crénal)**.

A la **station aval**, l'écart entre la valeur minimale (0,8°C) et la température maximale (17,3°C) est beaucoup plus important, indiquant une **amplitude saisonnière marquée**. Les amplitudes journalières (2,7°C en moyenne) sont plus élevées en aval, témoignant d'un **fonctionnement plus eurytherme (voir figure 35)**.

La principale raison qui peut expliquer cette différence entre les deux stations est la baisse de débit observée entre la station amont et la station aval. Les faibles écoulements observés, liés à la dérivation de l'eau par des constructions de castors, la stagnation de l'eau dans certains tronçons et l'absence d'apports latéraux suffisants, concourent à rendre la station aval plus réactives aux évolutions de la température atmosphérique (accentuation de l'eurythermie).



Photo 16 : Barrage de castor sur l'adou de Fontenil dérivant une partie de l'écoulement vers le lit du Buëch (photo AFB)

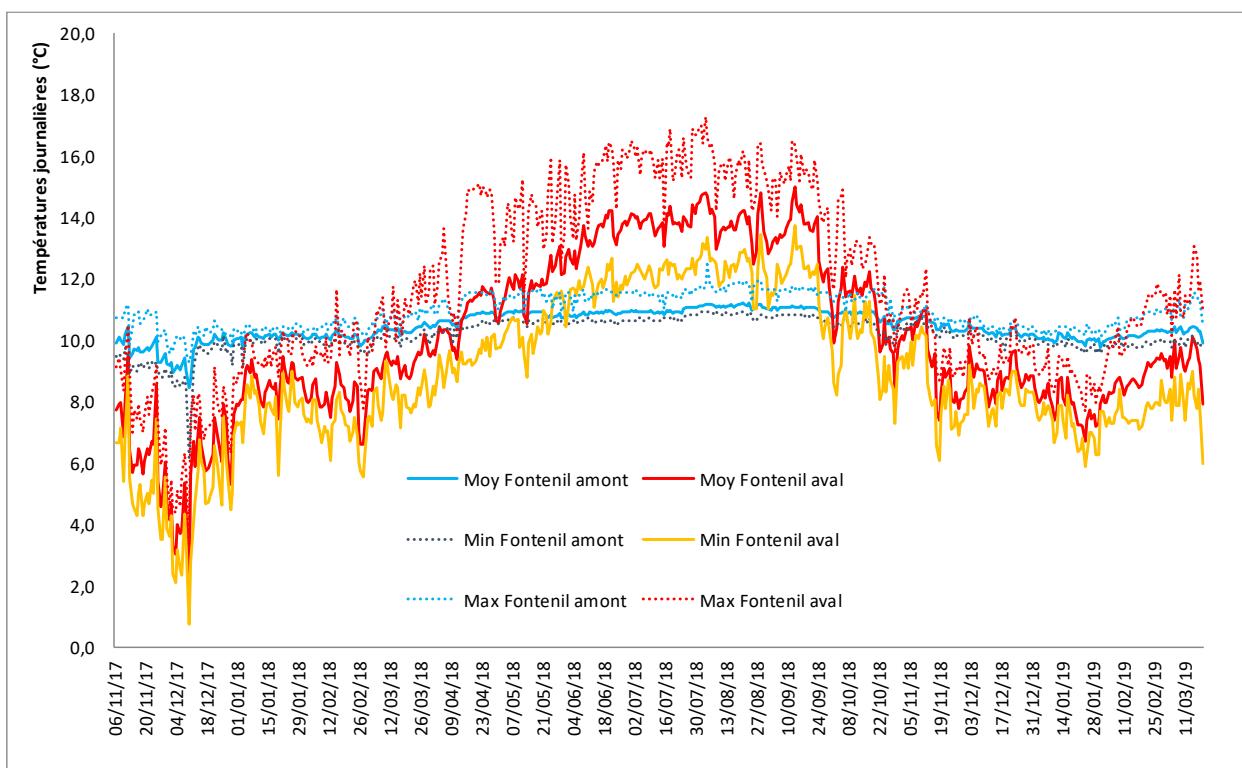


Figure 34 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou du Fontenil (station amont et aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

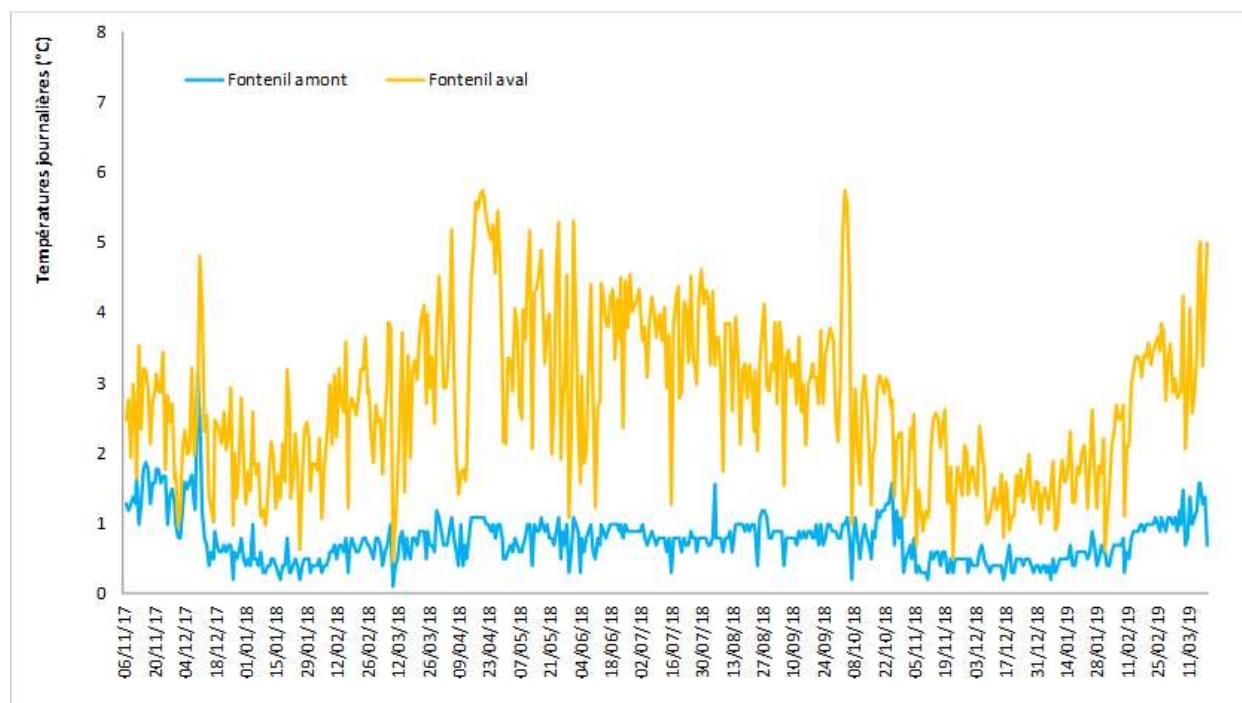


Figure 35 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou du Fontenil (stations amont et aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

- **L'adou de Baumette (05)**

	Baumette amont	Baumette aval
Altitude source (m)	760	760
Distance source (m)	300	900
Débit moyen (l/s)	17	143
Moyenne (°C)	10,3	10,3
Maximale (°C)	12,9	12,0
Minimale (°C)	6,6	7,9
Moy Amplitude jour (°C)	1,2	0,9

Tableau 14 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Baumette du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

Les températures moyennes sur la période considérée sont **fraîches**, égales à 10,3°C dans les deux stations. La comparaison des valeurs maximales, minimales et des amplitudes journalières indique **un comportement thermique très proche** dans les deux stations, caractérisé par **une sténothermie marquée** (voir figures 36).

La principale distinction entre les stations provient des amplitudes journalières qui sont légèrement plus élevées à la station amont (voir figure 37). Ceci peut s'expliquer par la différence de débit et l'épaisseur de la lame d'eau. A la station amont, les écoulements et les profondeurs sont relativement faibles (débit moyen égale 17 l/s), rendant le milieu plus réactif aux évolutions des températures atmosphériques. A la station aval, le débit est beaucoup plus important (143 l/s en moyenne).

Ces résultats renseignent sur l'influence des **d'apports latéraux de source** entre les deux stations qui gonflent le ruisseau, d'eau fraîche et à température constante. L'adou de Baumette garde donc des caractéristiques de source (hypocrénal) tout le long de son cours.

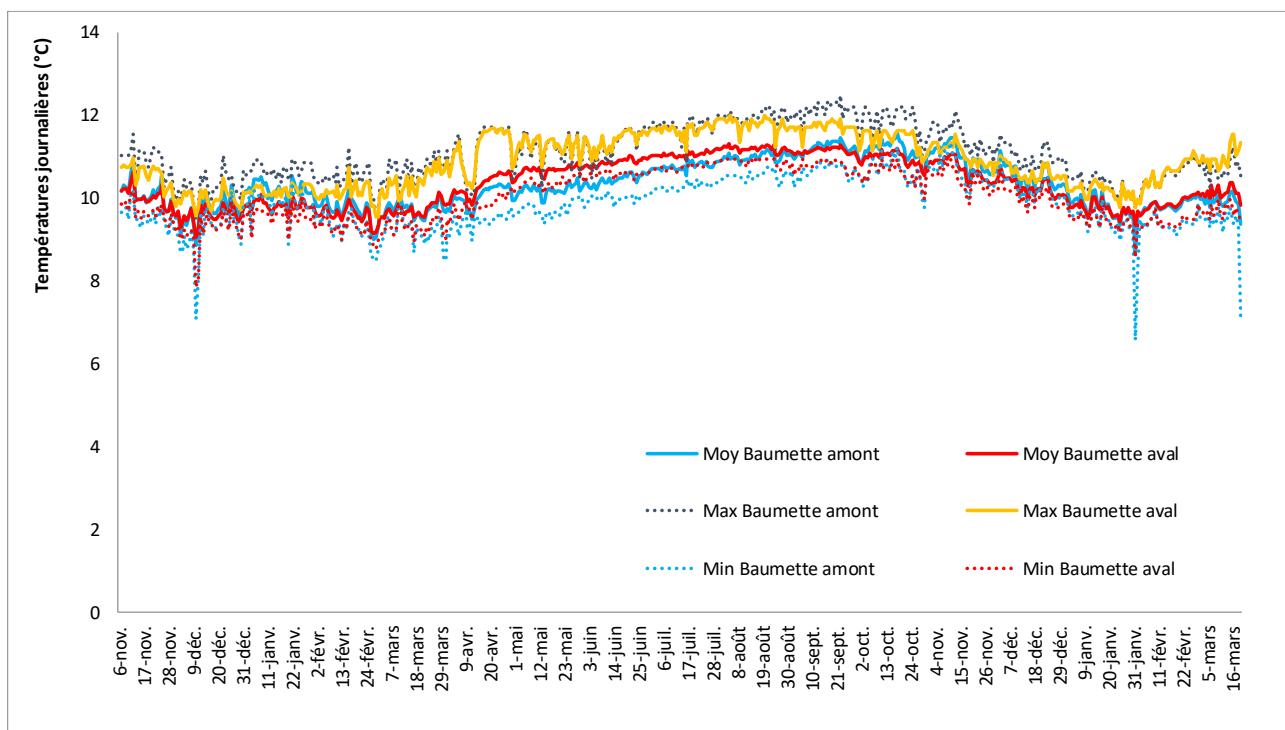


Figure 36 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou de Baumette (station amont et aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

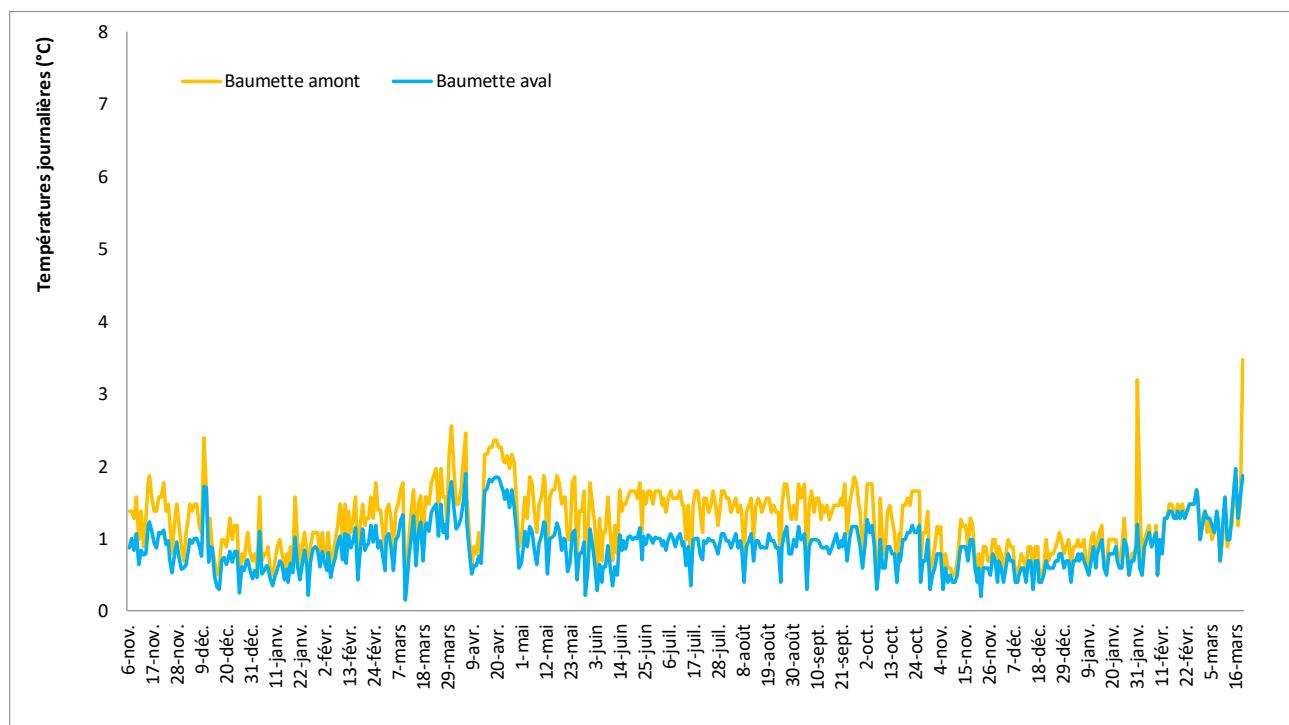


Figure 37 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou de Baumette (station amont et aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

- L'adou de Garenne (05)

	Garenne amont	Garenne aval
Altitude source (m)	704	704
Distance source (m)	100	580
Débit moyen (l/s)	24	70
Moyenne (°C)	10,1	9,9
Maximale (°C)	14,6	15,2
Minimale (°C)	6,1	5,7
Moy Amplitude jour (°C)	1,0	1,2

Tableau 15 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Garenne du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

La température moyenne est pour la période considérée proche de 10°C. Elle est légèrement plus faible à la station Garenne aval. Bien que l'amplitude journalière soit légèrement plus élevée à la station la plus en aval, le comportement thermique des deux stations est très proche. La sténothermie observée en amont s'observe également à la station aval (voir figure 39), indiquant **l'influence des apports latéraux de source entre les deux points d'études.**

Aux deux stations, les valeurs maximales, minimales et **l'amplitude saisonnière sont plus marquées qu'à la station précédente** (adou de Baumette), même pour la station la plus proche de la source (voir figure 38). Les débits des sources, la capacité de l'aquifère et/ou le temps de séjour de l'eau dans la nappe avant sa sortie, pourraient expliquer cette différence entre les deux adoux.

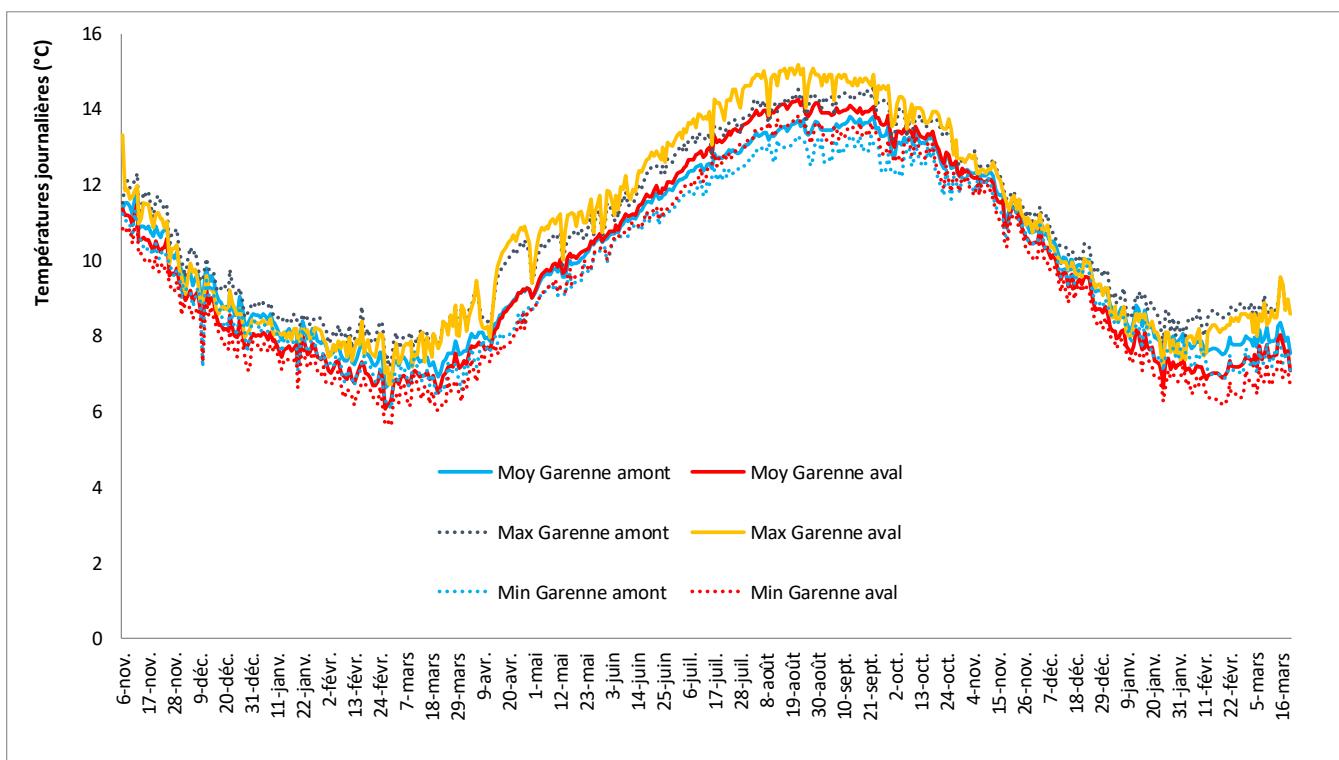


Figure 38 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou de Garenne (station amont et aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

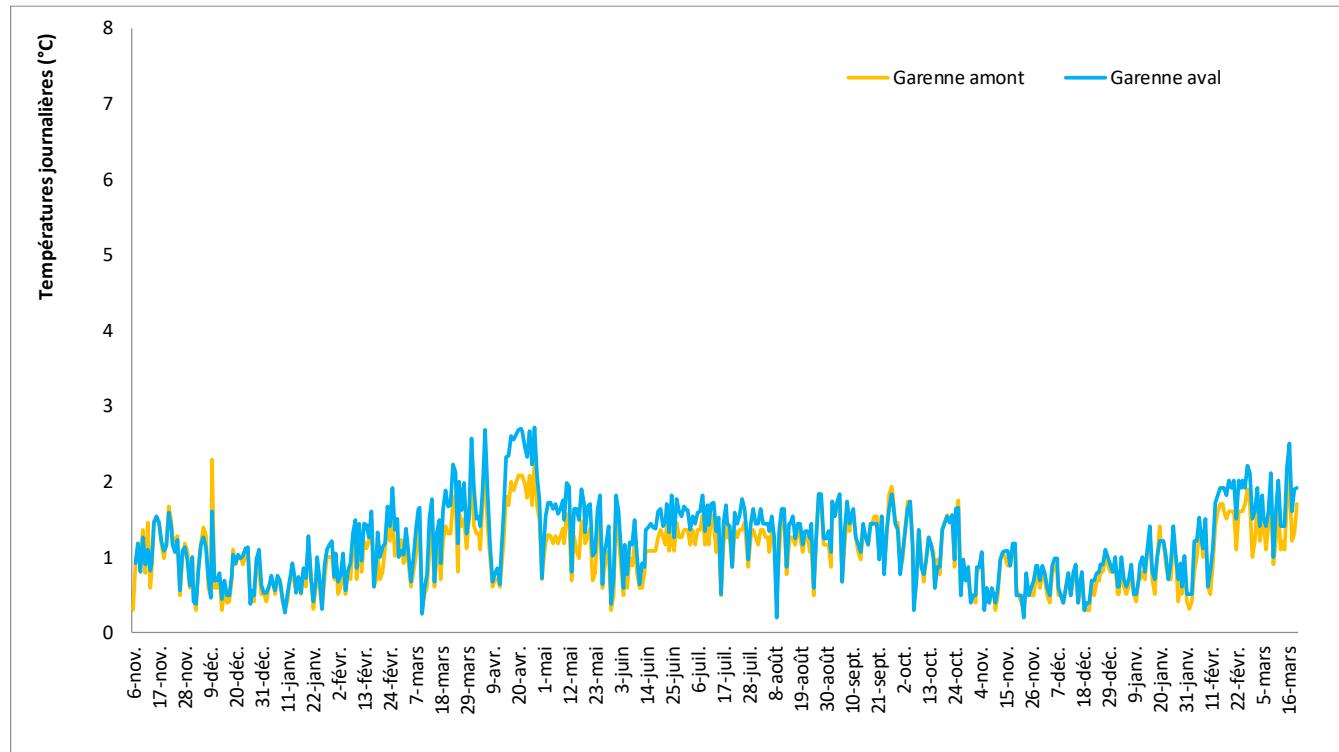


Figure 39 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou de Garenne (station amont et aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

- L'adou de Bastidon (05)

Remarques : concernant le suivi thermique de cet adou, un problème technique inhérent au matériel utilisé nous a empêché de disposer de données sur la partie amont. Les résultats présentés ici sont ceux du thermographe situé dans la station aval, sous influence du bras principal amont de l'adou, mais aussi d'un apport d'une résurgence de la nappe du Buëch de faible importance arrivant par un bras secondaire directement dans le lit mineur.

	Bastidon
Altitude source (m)	530
Distance source (m)	500
Débit moyen (l/s)	40
Moyenne (°C)	11,6
Maximale (°C)	19,8
Minimale (°C)	2,9
Moy Amplitude jour (°C)	2,2

Tableau 16 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Bastidon du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

Cette station située dans la partie aval de l'adou présente une température moyenne relativement fraîche (11,6°C). Un écart important entre la valeur minimale (2,9°C) et la valeur maximale (19,8°C) indique une amplitude saisonnière marquée. L'amplitude journalière de 2,2°C est également élevée, indiquant une relative eurythermie des eaux. Cette différence entre les minimales et les maximales journalières est accentuée durant la période estivale (voir figures 40 et 41). Cet adou, à 530 m de sa source, **ne présente pas les caractéristiques thermiques des sources**. Du point de vue thermique, la station étudiée sur cet adou se rapprocherait davantage d'un épi/métarhithral.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cette eurythermie : son faible débit, l'influence d'un bras secondaire du Buëch et surtout, la présence sur son linéaire amont, d'une pièce d'eau stagnante relativement importante, susceptible de rendre le cours d'eau plus réactif aux évolutions de la température atmosphérique.

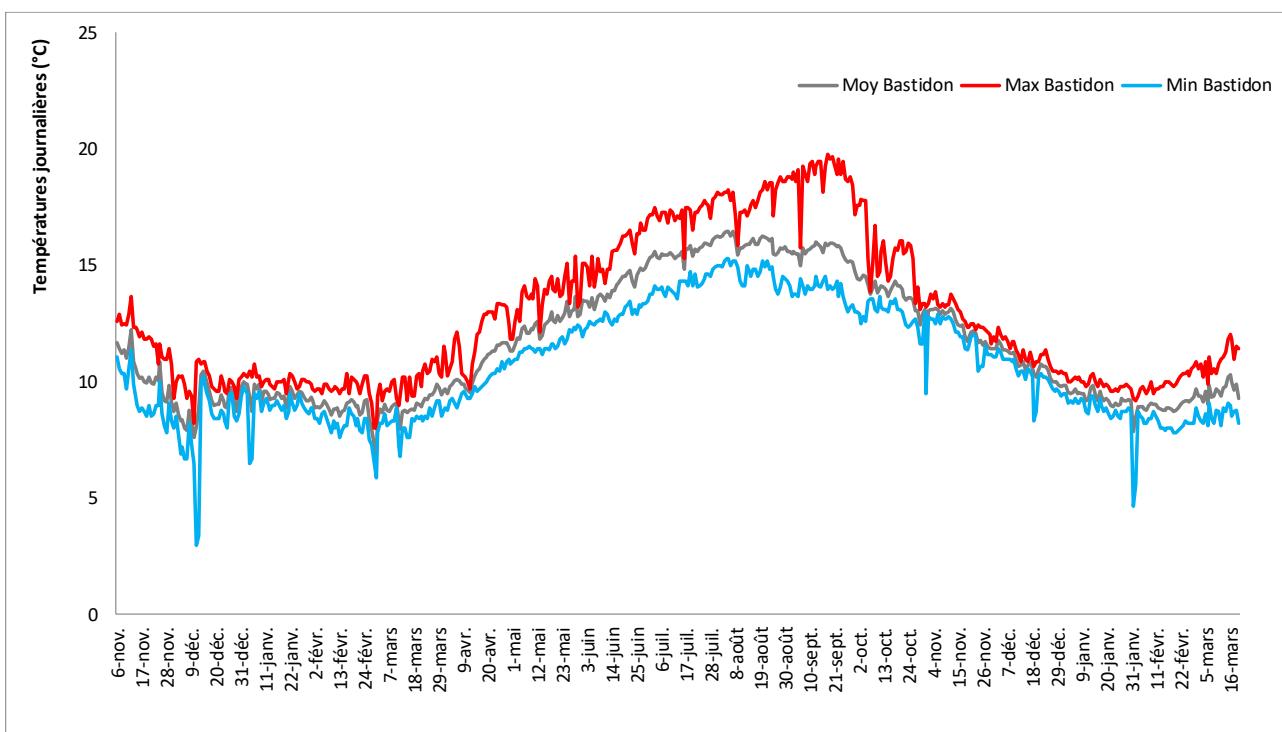


Figure 40 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou de Bastidon (station aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

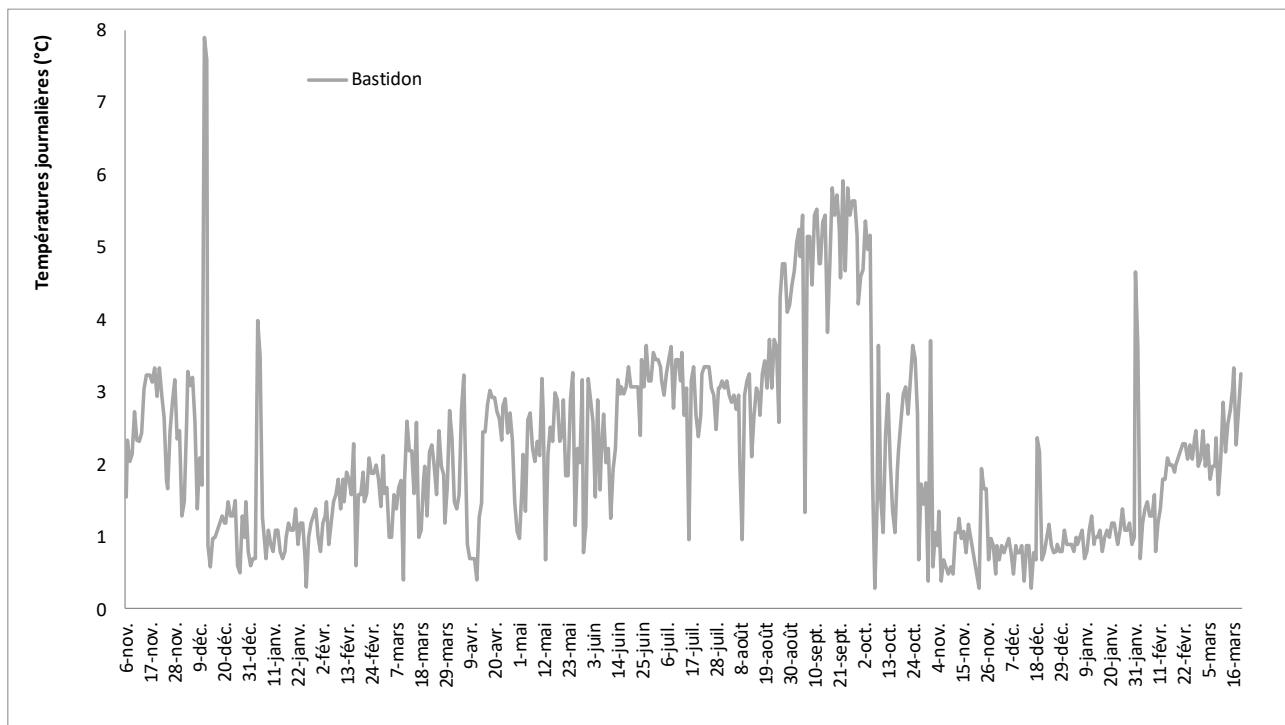


Figure 41 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou de Bastidon (station aval) du 06 novembre 2017 au 20 mars 2019

6.2.3. Adoux des Préalpes du Sud (Haut Verdon, Haute Bléone)

- L'adou de La Batie (04)

	La Batie amont	La Batie aval
Altitude source (m)	1075	1075
Distance source (m)	400	1250
Débit moyen (l/s)	31	311
Moyenne (°C)	8,2	7,8
Maximale (°C)	12,3	13,2
Minimale (°C)	4,5	2,5
Moy Amplitude jour (°C)	0,9	1,3

Tableau 17 : Caractéristiques thermiques de l'adou de La Batie du 08 novembre 2017 au 25 mars 2019

Les températures moyennes sont fraîches, proches de 8°C dans les deux stations. Les températures maximales sont basses durant la période considérée (du 08 novembre au 25 mars 2019), atteignant au maximum 13,2°C en aval.

La station aval présente un plus grand écart saisonnier entre les valeurs minimales et maximales. L'analyse de la courbe mentionnée à la figure 42 montre que la station aval est légèrement plus sensible aux refroidissements ou aux réchauffements. Mis à part ces pics ponctuels en aval, l'examen des moyennes journalières indique des **conditions de sténothermie dans les deux stations**.

Les amplitudes journalières sont faibles en amont (moyenne inférieure à 1°C), typiques des milieux de sources (hypocrénal). Elles sont légèrement plus élevées en aval, indiquant, suivant la classification d'Illies et Botosaneanu, une transition probable entre l'hypocrénal et épiphéthral.

6.2.4. Adoux des Alpes internes du sud

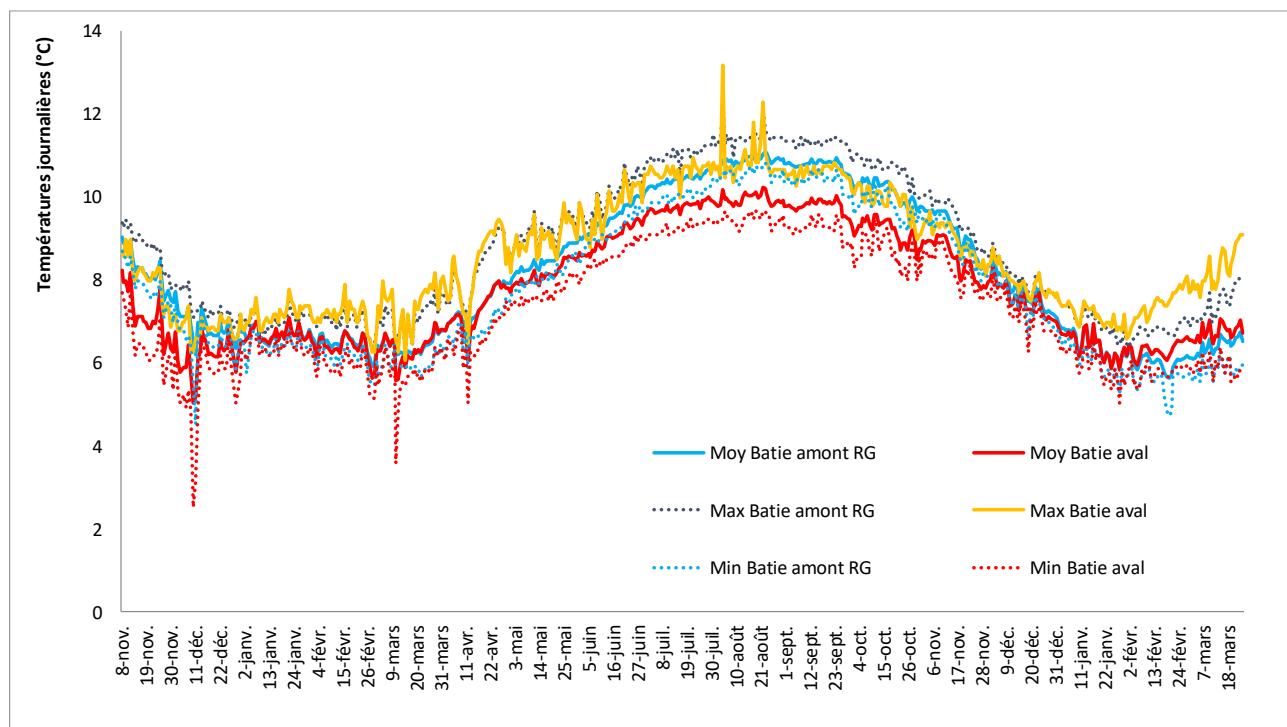


Figure 42 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou de La Batie (station amont et aval) du 08 novembre 2017 au 25 mars 2019

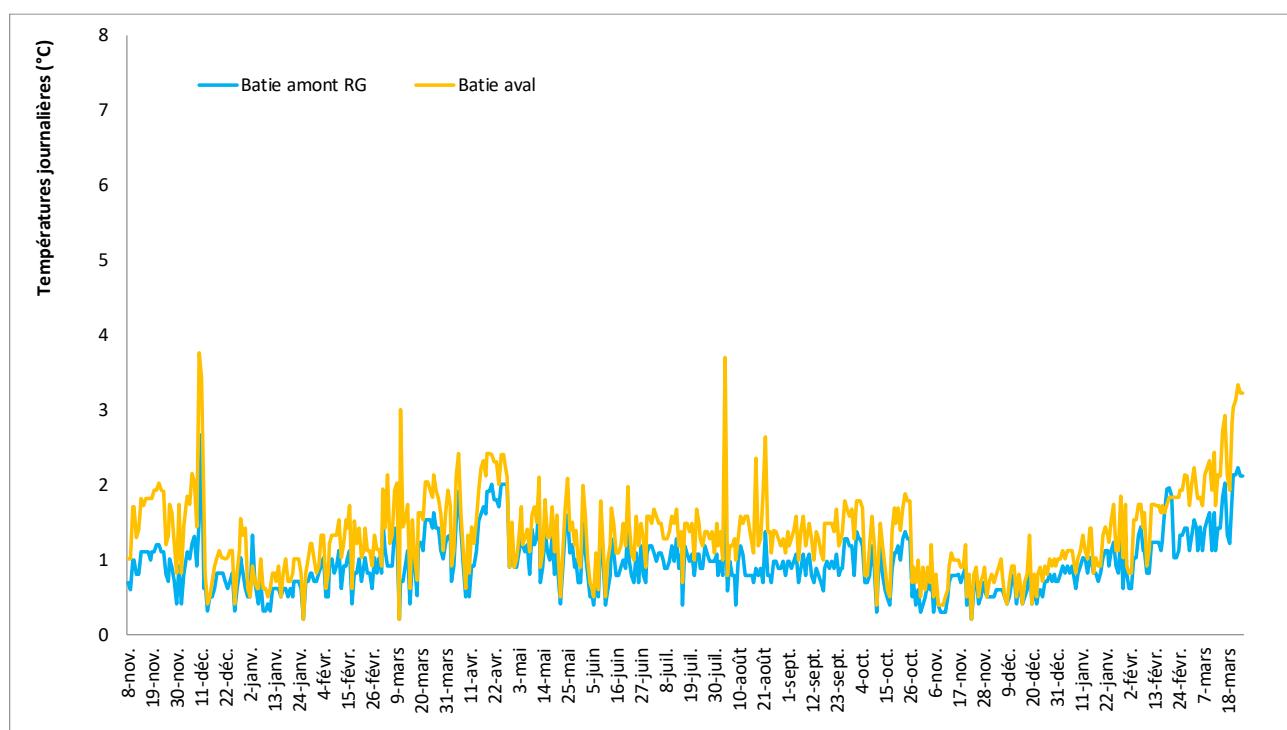


Figure 43 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou de La Batie (station amont et aval) du 08 novembre 2017 au 25 mars 2019

- Adoux de Villars et de Pont du Moulin (04)**

	Villars	Pont du Moulin
Altitude source (m)	1226	1077
Distance source (m)	230	390
Débit moyen (l/s)	16	45
Moyenne (°C)	6,8	8,7
Maximale (°C)	10,3	13,2
Minimale (°C)	3,3	4,5
Moy Amplitude jour (°C)	1,3	1,2

Tableau 18 : Caractéristiques thermiques des adoux de Villars et du Pont du Moulin du 08 novembre 2017 au 25 mars 2019

Les températures moyenne sont très fraîches dans l'adou de Villars et fraîches dans l'adou du Pont du Moulin. Pour le premier, les températures sont comprises entre 3,3°C et 10,3°C de novembre 2017 à mars 2019, indiquant une **amplitude saisonnière relativement faible**. La moyenne de l'amplitude journalière est basse, **typique d'un milieu sténotherme**.

Pour le second, les températures enregistrées sont comprises entre 4,5 et 13,2°C, indiquant une amplitude saisonnière plus marquée que précédemment. Cet adou par l'altitude et le comportement thermique se rapproche davantage de l'adou de la Batie dans sa partie aval. L'examen des amplitudes journalières indique un milieu relativement sténotherme, typique des **ruisselets de source en contexte montagnard**.

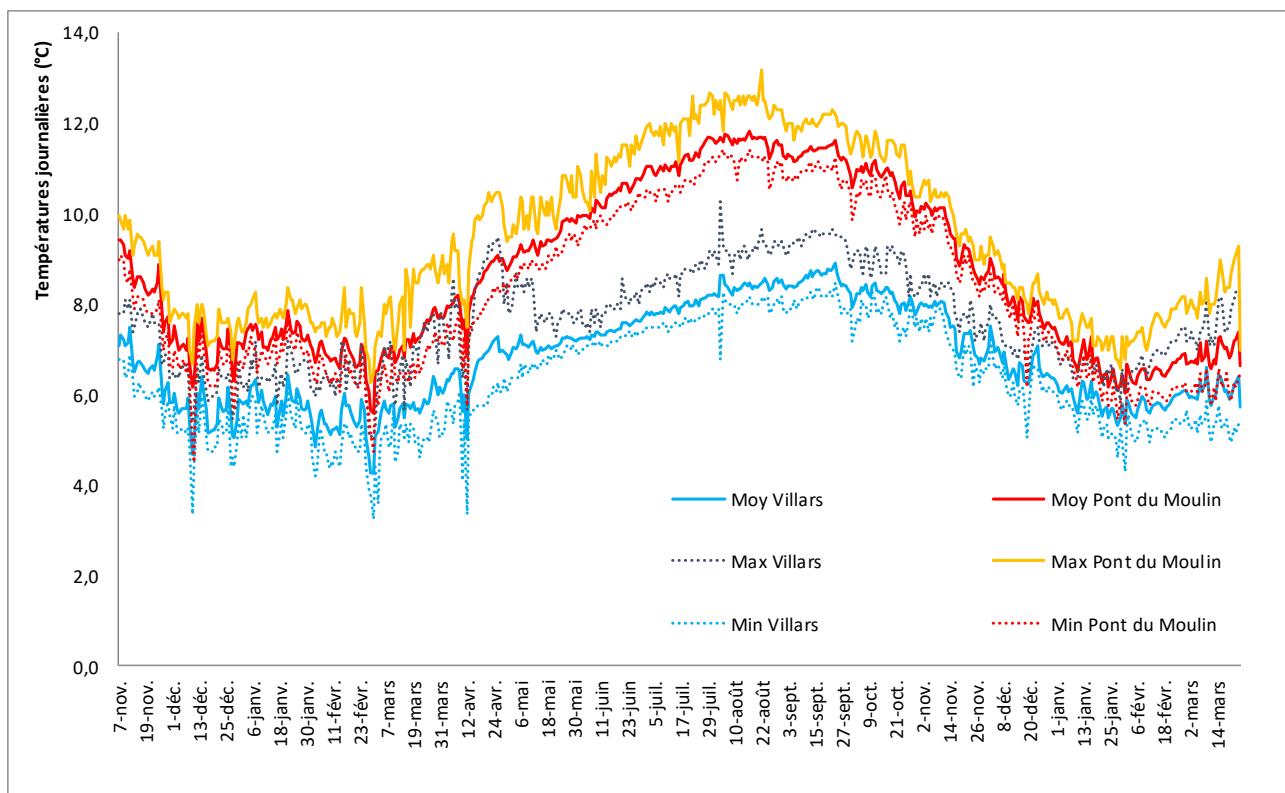


Figure 44 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans les adoux de Villars et du Pont du Moulin du 08 novembre 2017 au 25 mars 2019

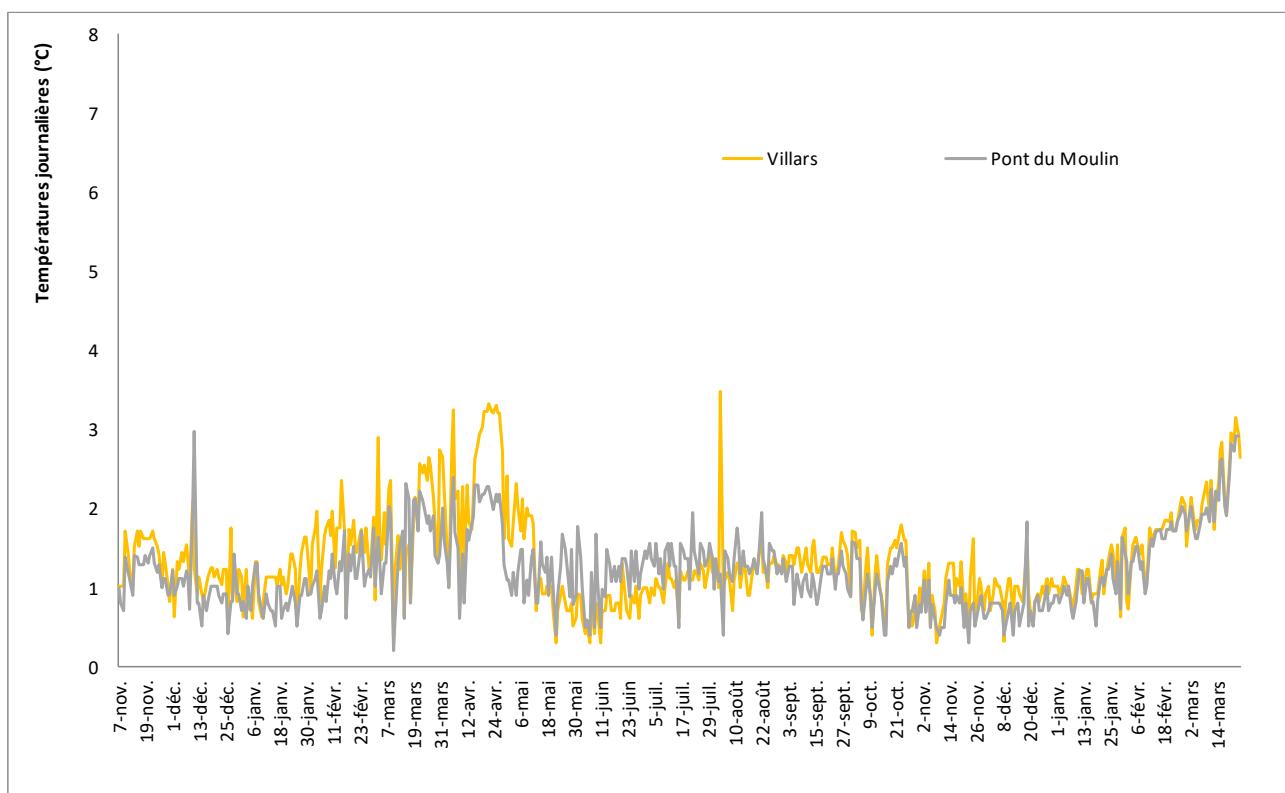


Figure 45 : Evolution des amplitudes journalières dans les adoux de Villars et du Pont du Moulin du 08 novembre 2017 au 25 mars 2019

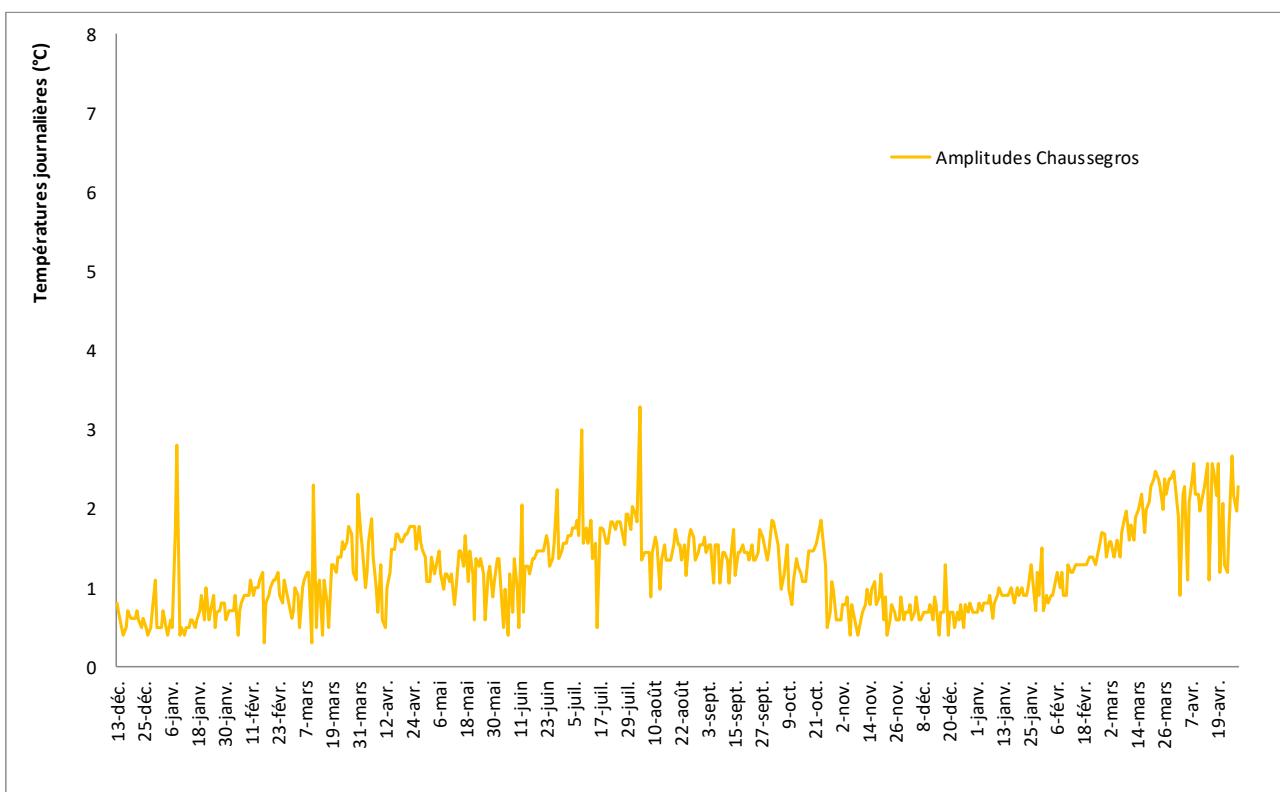
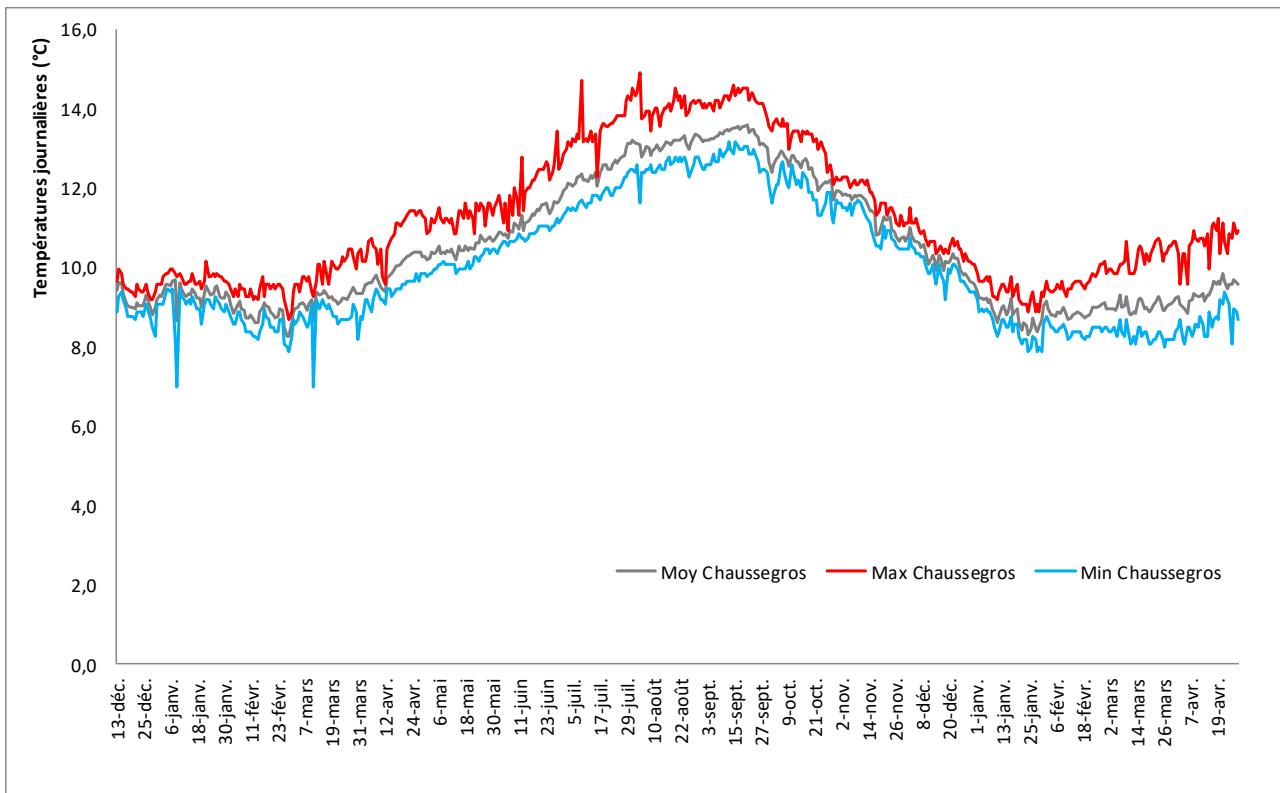
- **Adou de Chaussegros, Haute Bléone (04)**

	Chaussegros
Altitude source (m)	750
Distance source (m)	200
Débit moyen (l/s)	6
Moyenne (°C)	10,5
Maximale (°C)	14,9
Minimale (°C)	7,0
Moy Amplitude jour (°C)	1,2

Tableau 19 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Chaussegros du 13 décembre 2017 au 29 avril 2019

L'adou de Chaussegros, situé à 750 m d'altitude, présente un linéaire court et un débit très faible. La température moyenne est faible, et les températures sont comprises entre 7°C et 14,9°C au cours de la période considérée. **L'amplitude saisonnière est donc relativement peu marquée.**

La moyenne des amplitudes journalières est de 1,2°C pour l'ensemble de la période considérée. Elle témoigne d'un **caractère sténotherme** et est conforme aux écarts journaliers observés dans les ruisselets influencés par des apports de sources (hypocrénal).



6.2.5. Adoux des Alpes internes du sud (Haute Durance)

- **Adou de St Crépin (05)**

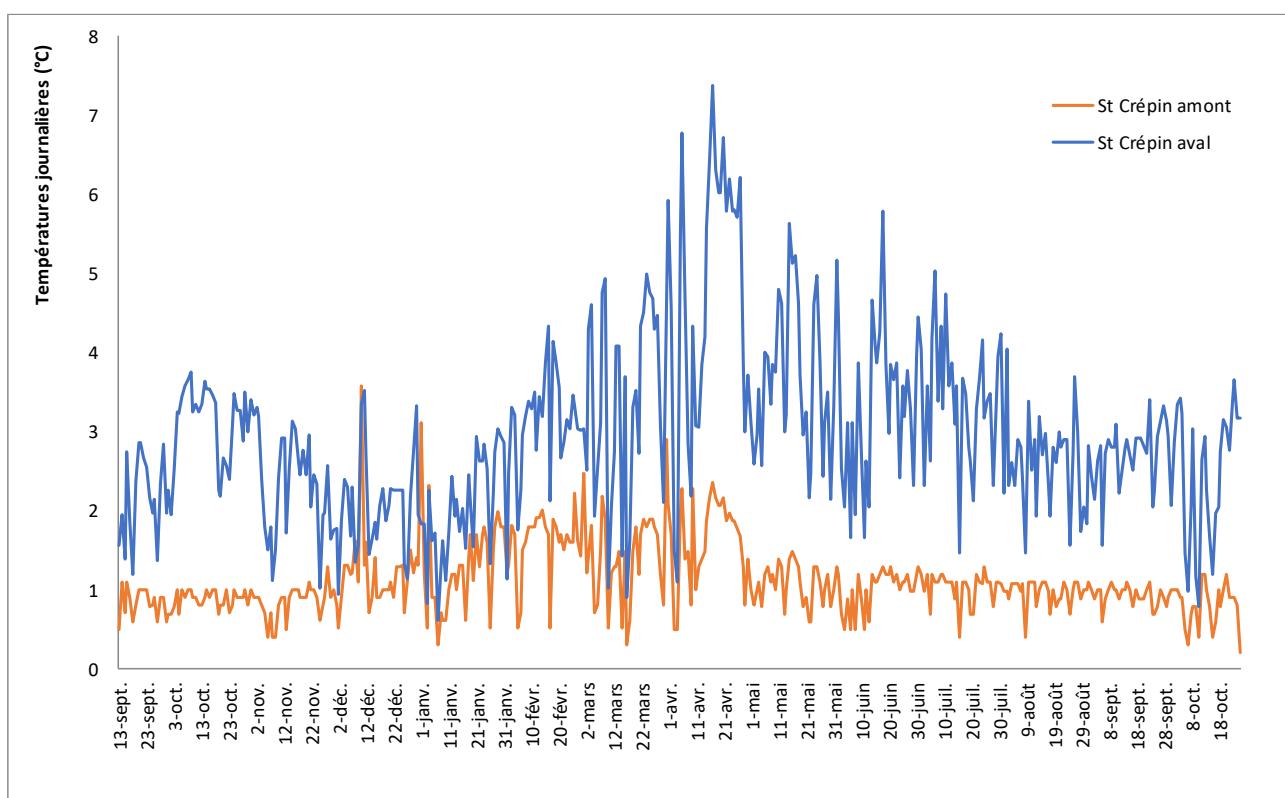
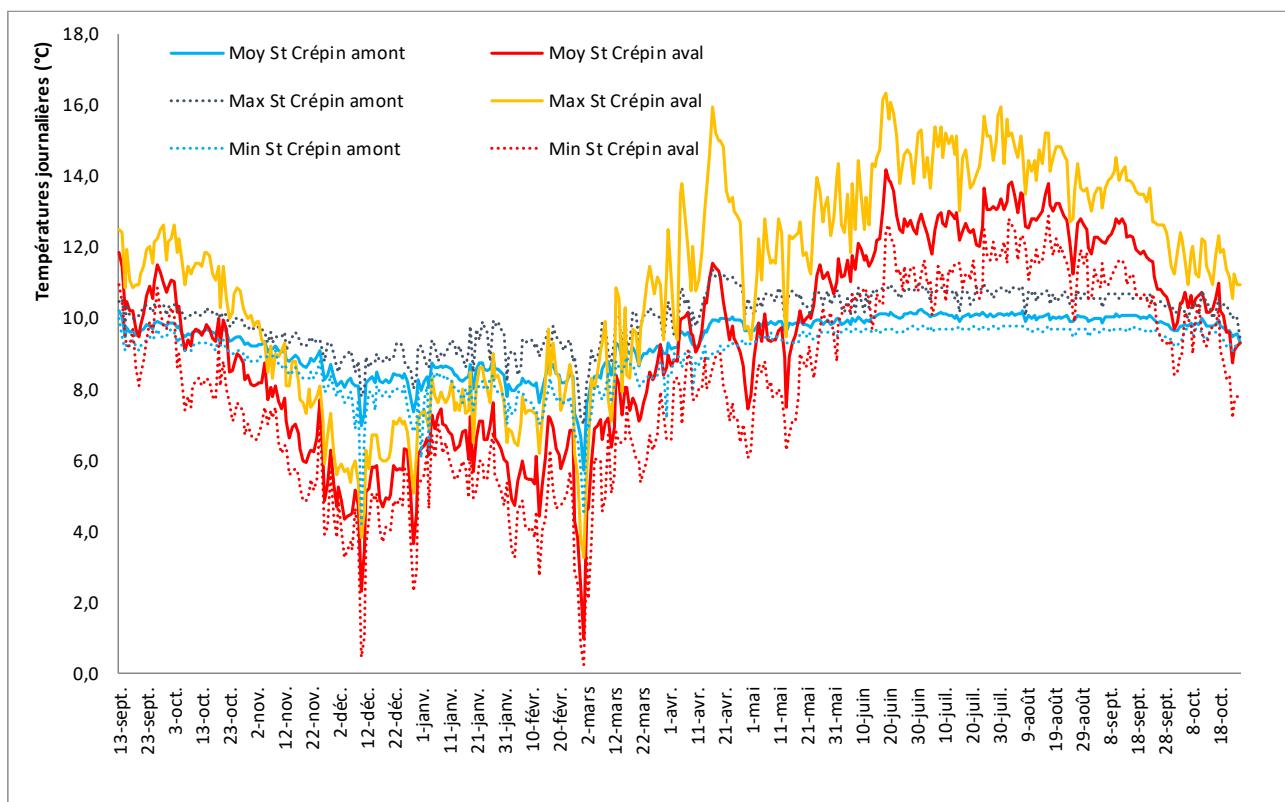
	St Crépin amont	St Crépin aval
Altitude source (m)	911	911
Distance source (m)	200	1880
Débit moyen (l/s)	81	89
Moyenne (°C)	9,3	9,3
Maximale (°C)	11,3	16,3
Minimale (°C)	4,2	0,2
Moy Amplitude jour (°C)	1,1	3,0

Tableau 20 : Caractéristiques thermiques de l'adou de St Crépin du 13 septembre 2017 au 26 octobre 2018

Les deux stations situées sur l'adou de St Crépin présentent la même température moyenne sur l'ensemble de la période considérée (du 13 septembre 2017 au 26 octobre 2018).

Cependant, le **comportement thermique des deux stations est totalement différent** (voir tableau 20 et figure 48). La station amont est caractérisée par une gamme de température comprise entre 4,2 et 11,3°C, indiquant une amplitude saisonnière relativement faible, et en particulier, un réchauffement estival limité. Cette observation, couplée à l'examen des amplitudes journalières, indique qu'au niveau de la station amont, le milieu aquatique **présente un caractère sténotherme sous influence directe de la source** située 200 m en amont.

A la station aval, la situation est différente. La distance à la source est plus importante et surtout, le débit est influencé par des dérivations le lac de loisir de Saint Crépin. L'amplitude saisonnière est plus importante, comprise entre 0,2 et 16,3°C. La maximale dépasse donc les 16°C et la moyenne des amplitudes journalières est relativement élevée, proche de 3°C. A cette station, les débits fluctuent de manière importante au cours de la période d'étude, ce qui entraîne une plus grande instabilité thermique. **La partie aval de l'adou de St Crépin est donc clairement influencée par les prélèvements d'eau qui engendre un comportement thermique eurytherme.**



- **Adou de Névache (vallée de la Clarée, 05)**

	Névache amont	Névache aval
Altitude source (m)	1585	1585
Distance source (m)	100	1180
Débit moyen (l/s)	34	305
Moyenne (°C)	3,6	5,1
Maximale (°C)	11,4	10,4
Minimale (°C)	0,0	0,9
Moy Amplitude jour (°C)	2,1	2,0

Tableau 21 : Caractéristiques thermiques de l'adou de Névache du 13 septembre 2017 au 06 avril 2019

Dans cet adou, les températures moyennes sont froides, atteignant 3,6°C à la station amont et 5,1°C à la station aval.

La station amont présente une amplitude saisonnière relativement marquée, les températures étant comprises entre 0 et 11,4°C. Les températures les plus basses et la diminution des amplitudes journalières durant les périodes hivernales sont liées à la **prise en glace et/ou à l'enneigement du cours d'eau au cours de l'hiver 2017/2018**. La station amont présente une configuration particulière : les écoulements sont très lents, propices à un refroidissement et à un réchauffement plus rapide. Ainsi, la valeur moyenne des amplitudes journalières est élevée pour une source, légèrement supérieure à 2°C (voir figure 51).

A la station aval, ces amplitudes sont moins marquées. A la lecture des résultats, il est observé une baisse brutale des maximales du mois de mai 2018 à août 2018 (voir figure 50). Cette baisse s'accompagne d'une forte diminution des amplitudes journalières (voir figure 51) au cours de la même période. Cette observation peut s'expliquer par l'enfouissement du thermographe par des dépôts de limons lors de la montée des eaux consécutive à la fonte des neiges. Le thermographe a, au cours de cette période, enregistré la température du sous-écoulement, plus stable que la température de surface. Mis à part ce constat, la station aval présente une évolution thermique relativement proche de celle observée à la station amont. Comme à cette dernière station, les amplitudes thermiques sont plus faibles au cours de l'hiver et augmentent au cours des intersaisons. Par comparaison avec les autres adoux suivis, la valeur moyenne de l'amplitude de 2°C est relativement élevée.

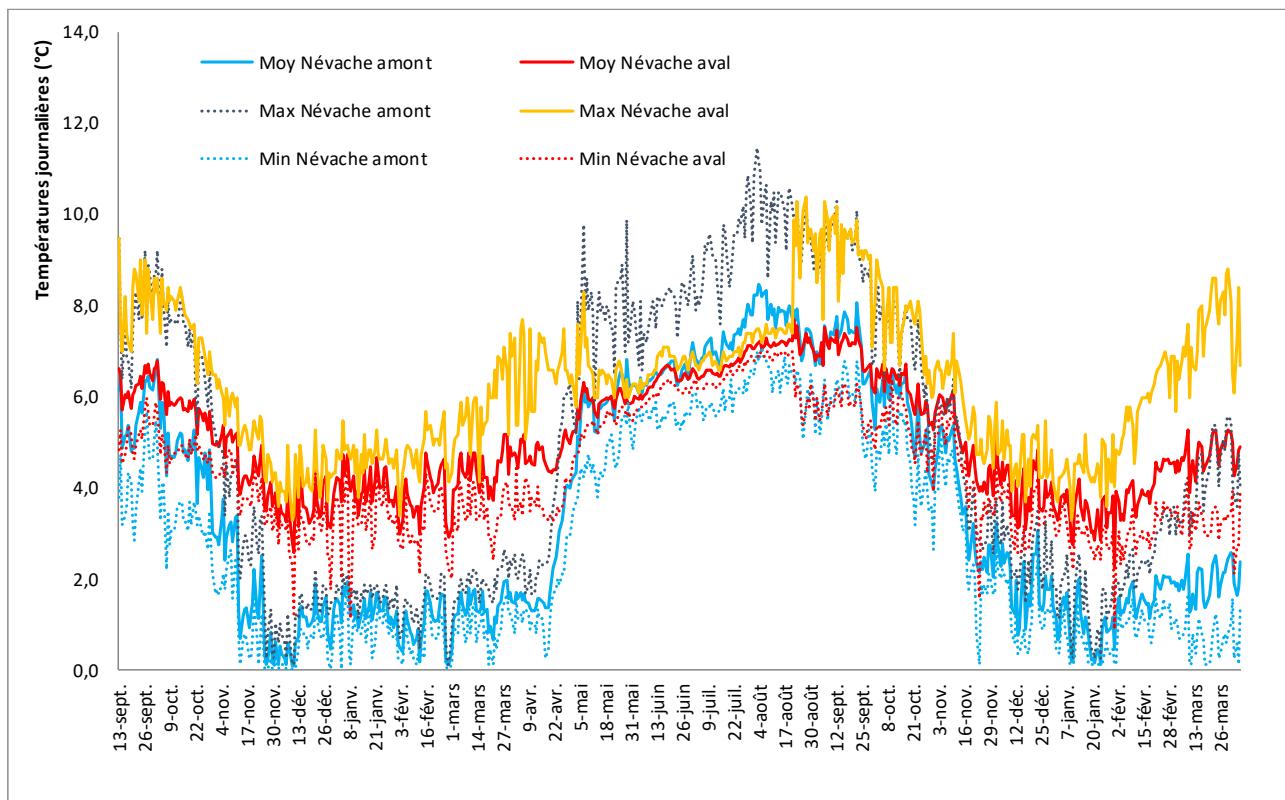


Figure 50 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou de Névache (Haute Durance) du 13 septembre 2017 au 06 avril 2019

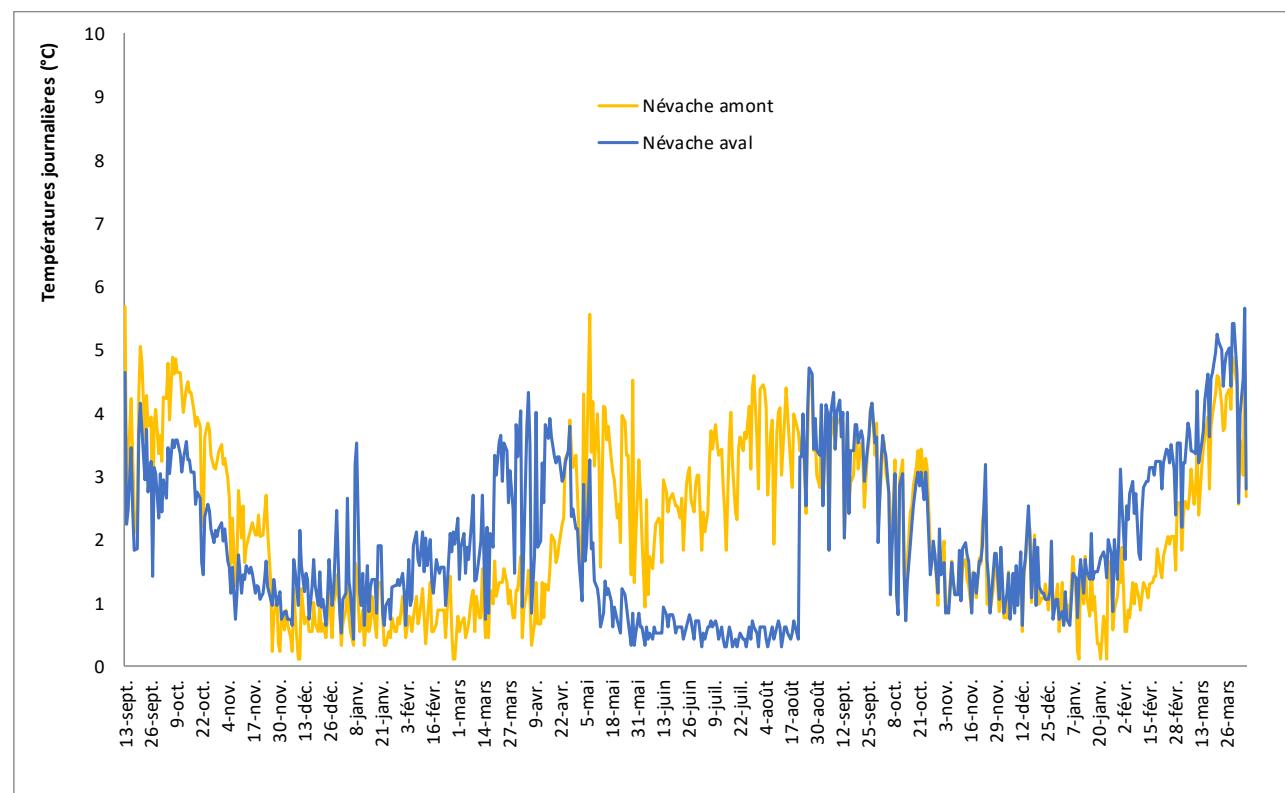


Figure 51 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou de Névache (Haute Durance) du 13 septembre 2017 au 06 avril 2019

- **Adou du Bourget (vallée de la Cerveyrette, 05)**

	Bourget amont	Bourget aval
Altitude source (m)	1870	1870
Distance source (m)	120	1400
Moyenne (°C)	5,0	5,1
Maximale (°C)	11,8	15,2
Minimale (°C)	0,0	0,1
Moy Amplitude jour (°C)	2,3	2,4

Tableau 22 : Caractéristiques thermiques de l'adou du Bourget du 13 septembre 2017 au 22 août 2018

Les résultats issus des deux stations d'études montrent un comportement singulier de l'adou du Bourget. Les **températures moyennes sont froides** dans les deux stations, proches de 5°C. Les amplitudes saisonnières et journalières sont relativement élevées, **indiquant une eurythermie** évidente.

Au cours de la période hivernale et printanière, l'enneigement limite les variations de température qui reste très stables à la station amont (voir figure 52). Les très faibles écoulements en amont, les multiples bras dont certains sont stagnants, l'influence d'affluents exutoires de lac en rive droite et de certains bras de la Cerveyrette en rive gauche perturbent fortement le régime thermique de ce milieu et rend particulièrement complexe l'analyse des résultats.

Ce ruisseau **ne semble pas répondre à la définition hydrologique de l'adou** : l'influence de l'alimentation par la nappe alluviale de la Cerveyrette serait diluée par plusieurs apports latéraux. De plus la multiplicité des bras et le ralentissement des eaux concourent à rendre le comportement thermique plus réactif, **perdant ainsi les caractéristiques propres aux ruisselets de source**.

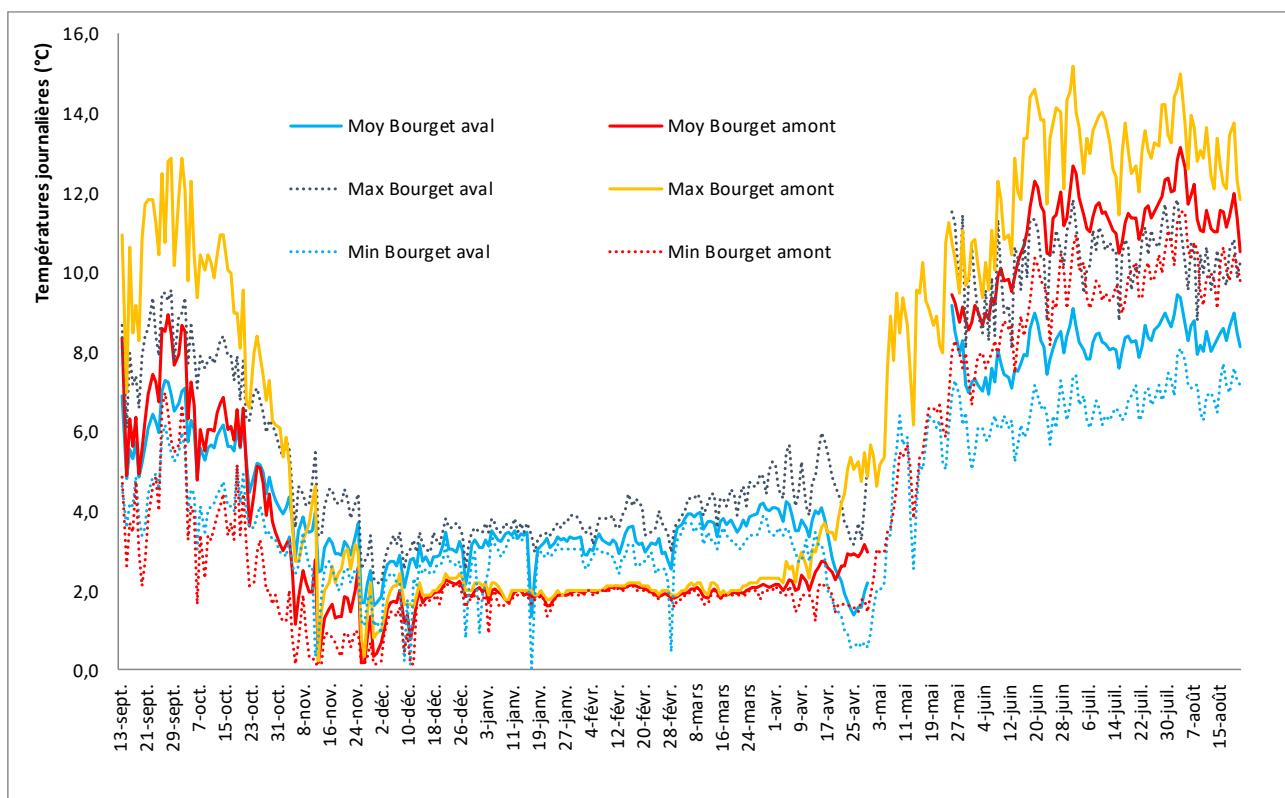


Figure 52 : Evolution des températures moyennes, maximales et minimales journalières dans l'adou du Bourget 13 septembre 2017 au 22 août 2018

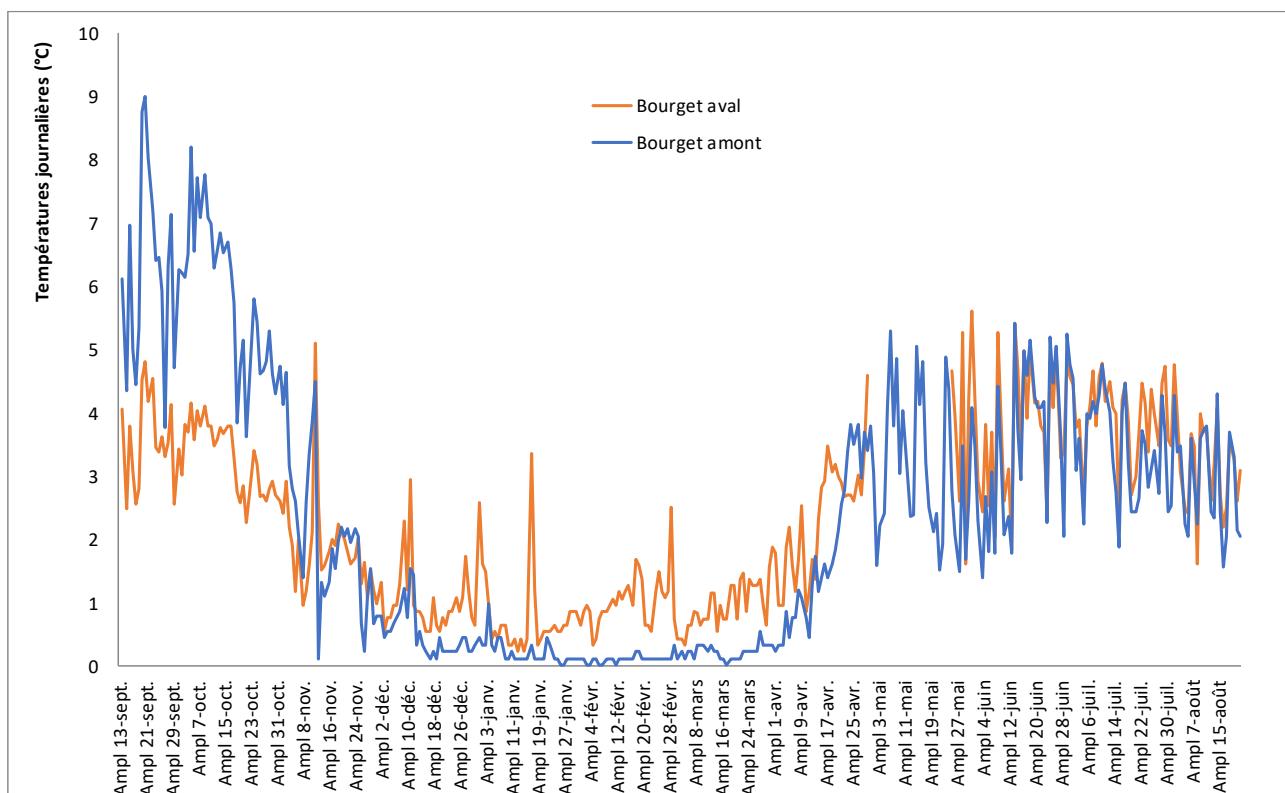


Figure 53 : Evolution des amplitudes journalières dans l'adou du Bourget du 13 septembre 2017 au 22 août 2018

Synthèse « thermie des adoux »

- Température moyenne des stations étudiées varient pour la période **juin-juil 2018 de 6.5 à 17.1°C** ;
- Relation significative entre **l'altitude de la source et la température de l'adou** ;
- **Amplitude thermique augmente avec l'éloignement à la source** mais **l'influence de sources latérales** limite cette évolution (cas de plusieurs adoux comme celui de La Marine) ;
- Evolution amont/aval de la température dépend de la présence **d'apports de sources le long du linéaire**, de l'apport d'**eaux « parasites** » (irrigation, cours d'eau) ou de **dérivation**, du débit des sources et du **temps de transfert dans la nappe** ;
- L'étude du comportement thermique de chaque adou permet de savoir si le cours d'eau étudié répond à la définition : un **ruisselet de source sténotherme d'eau fraîche** (hypocrénal).

7. ETUDE DE LA FLORE AQUATIQUE ET RIVULAIRE (CEN PACA)

L'ensemble des adoux étudiés a été prospecté afin de relever la flore aquatique et rivulaire. Les résultats sont présentés ci-après sous forme de fiches par secteur biogéographique. Cette partie est entièrement réalisée par le CEN PACA (terrain, rédaction, photographies).

7.1. Adoux des collines de Basse Provence (adou de l'Asse, de la Bléone, des Chabrends)

7.1.1. Adoux de l'Asse, l'Estoublon

Situé en contexte agricole, cet adou présente des profils variés avec des tronçons rectifiés dépourvus de végétation rivulaire alors qu'à sa confluence avec l'Asse, il évolue en ripisylve avec un profil plus naturel.

Tableau 23 : Caractéristiques physiques de l'adou d'Estoublon

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	2 à 3 m	20 à 30 cm	Canalisé, berges emmurées
Amont	2 m	30 cm	Berge d'environ 50 cm de haut, rectifiées



Photo 17 : Confluence de deux adoux sur l'Estoublon, avec apparition d'un herbier aquatique de Potamot dense (*Groenlandia densa*)

Tableau 24 : Flore dominante sur l'adou d'Estoublon

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Berula erecta</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Groenlandia densa</i> <i>Juncus effusus</i>	<i>Brachythecium rivulare</i>	<u>Herbacées :</u> <i>Brachypodium sylvaticum</i> <i>Humulus lupulus</i> <i>Lythrum salicaria</i> <i>Mentha longifolia</i> <i>Phragmites australis</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Juglans regia</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Rosa canina</i> <i>Rubus ulmifolius</i> <i>Salix alba</i> <i>Salix caprea</i>
Bryophytes	<i>Cinclidotus aquaticus</i> <i>Chiloscyphus polyanthos</i> <i>Pelia endiviifolia</i>		
Algues			

- **Commentaires**

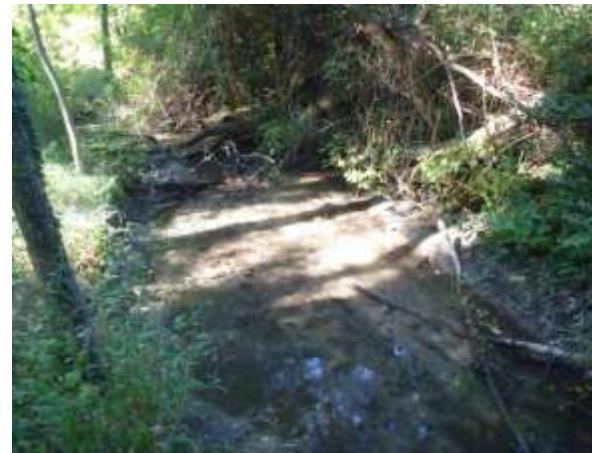
Sur cet adoux, le couvert rivulaire de l'adoux est presque inexistant. Seul un tronçon de ripisylve persiste à sa confluence avec l'Asse. Tout le reste du linéaire, est fréquemment entretenu voire défriché. Quelques saules se retrouvent au milieu d'un cortège arbustif dû aux reprises de post-défrichement avec beaucoup de ronces, d'aubépines, de cornouillers sanguins, de troènes etc. Les communautés bryophytiques préférant les milieux stables, l'absence de mousses sur les berges ainsi que le profil des berges semblent indiquer de curages.

Dans l'eau, la Berle dressée (*Berula erecta*) domine largement. Cette espèce est caractéristique des cours d'eau calcaires mésotrophes. Après, la confluence avec un autre adoux (nouvel apport hydrique) on observe de grands herbiers de Potamot dense (*Groenlandia densa*).

L'impact de l'homme est donc bien plus visible sur les berges que dans la partie aquatique de l'adoux.



Zone canalisée avec un ouvrage en pierres à l'amont de l'adoux



Adoux à fond vaseux dans la seule zone de ripisylve restante



Berula erecta très abondante au sein de l'adoux



Herbier de *Groenlandia densa*, juste à l'aval de la confluence avec un second adoux

Photos 18 : Eléments marquants observés sur l'adou d'Estoublon

7.1.2. Adoux de l'Asse, Saint-Pierre Le Bas

Situé en contexte agricole, cet adou présente un profil homogène avec un linéaire rectifié dépourvus de végétation rivulaire.

Tableau 25 : Caractéristiques physiques de l'adou de Saint-Pierre-le-Bas

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	1,5 m	20 cm	Canalisé, berge pente raide 2 m de haut
Amont	2 m	60 cm	Berges d'environ 40 cm de haut, rectifiées



Photo 19 : Adou de Saint-Pierre Le Bas (vue de l'amont)

Tableau 26 : Flore dominante de l'Adoux de Saint-Pierre-le-Bas

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Berula erecta</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Potamogeton nodosus</i>	<i>Bryum pseudotriquetrum</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Pellia endiviifolia</i> <i>Philonotis fontana</i>	Herbacées : <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Lythrum salicaria</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Rubus ulmifolius</i> <i>Symphytum officinale</i>
Bryophytes			
Algues	<i>Chara vulgaris</i> <i>Cladophora sp.</i>		

- **Commentaires**

L'impact des activités agricoles et d'entretiens divers sur cet adoux sont très net. On observe des communautés végétales herbacées et muscinale appauvries, et les strates arbustives et arborées sont absentes. Le développement des algues filamenteuses du genre *Cladophora* sp. est relativement important et témoigne d'une eutrophisation certaine.



Chara vulgaris recouverte de l'algue filamenteuse *Cladophora* sp.



Mentha aquatica dans l'eau

Photos 20 : Végétation dominante dans l'adou de Saint-Pierre Le Bas

7.1.3. Adoux de la Moyenne Durance, les Chabrends

Cet adou de plaine évolue dans un environnement qui semble par le passé avoir subi des perturbations du type défrichement, brûlage et/ou soumis à de forte crue. La largeur du lit relativement important permet localement la formation de roselière ou de caricaie. L'accès aux berges est limité par une forte densité d'arbustes épineux.

Tableau 27 : Caractéristiques physiques de l'adou des Chabrends

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	2 m	50-60 cm	Substrat vaseux, eau courante
Amont (canal)	1,5 m	60 cm	Débit rapide, berges à forte pente, rectifiées



Photo 21 : Adoux bordé d'un marais à *Iris pseudacorus* et d'une roselière

Tableau 28 : Flore dominante de l'adou des Chabrand

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Berula erecta</i> <i>Iris pseudacorus</i> <i>Juncus inflexus</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Potamogeton nodosus</i>		Herbacées : <i>Cirsium monspessulanum</i> <i>Iris pseudacorus</i> <i>Juncus inflexus</i> <i>Lysimachia vulgaris</i> <i>Periploca graeca</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Phragmites australis</i> Ligneuses : <i>Alnus incana</i> (très jeunes) <i>Buddleya davidii</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Populus nigra</i> (en mauvais état) <i>Rosa canina</i>
Bryophytes	<i>Pellia endiviifolia</i>		
Algues			

- Commentaires**

Les zones ouvertes naturelles de pleine lumière sont très intéressantes d'un point de vue fonctionnel. L'adoux circule par endroits au milieu d'une zone humide d'une quinzaine de mètres de large. On retrouve également différentes formations végétales qui s'assèchent progressivement en s'éloignant de l'adoux : marais d'iris et de jonc, puis roselière, jusqu'à la végétation très sèche des terrasses alluviales.

L'eau très carbonaté créé par endroit des encroûtements formés par une hépatique à thalle, *Pellia endiviifolia*.



Zone à *Potamogeton nodosus*



Adoux traversant un secteur d'*Iris pseudacorus*



Roselière autour de l'adou



Adoux complètement rectifié et entretenue, avec berge abrupte forte densité de *Berula erecta* dans l'eau

Photo 22 : Végétation dominante dans l'adou des Chabrand

7.1.4. Adoux de la Bléone, la Marine

Cet adou traverse une zone agricole et se trouve ensuite en secteur rivulaire naturel. Il y a une prise d'eau à l'aval.

Tableau 29 : Caractéristique de l'adou de la Marine

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	3 - 4 m	60 cm	Débit rapide sur cailloux
Amont	1,5 m	20 cm	Substrat très vaseux



Photo 23 : Adou de la Marine, secteur intermédiaire

Tableau 30 : Flore dominante sur l'adou de la Marine

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Carex acutiformis</i> <i>Sparganium erectum</i>		Herbacées : <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Phragmites australis</i> Ligneuses : <i>Acer platanoides</i> <i>Alnus incana</i> <i>Buddleya davidii</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Rubus caesius</i> <i>Rubus ulmifolius</i> <i>Salix alba</i>
Bryophytes	<i>Chiloscyphus polyanthos</i> (aval) <i>Cinclidotus danubicus</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Pellia endiviifolia</i> <i>Philonotis fontana</i>	
Algues			

- Commentaires**

L'amont de l'adoux est constitué de plusieurs canaux circulant en bordure de parcelles agricoles où la ripisylve a été défrichée pour partie. Lorsque la végétation ligneuse est présente elle se limite à un très fin cordon arboré et arbustif. Par endroits, on ne retrouve que des ronces et de l'aubépine en mélange avec du roseau. Dans cette partie, l'adoux est assez envasé avec très peu de végétation aquatique. Quelques secteurs sont occupés par des caricaie à Laîche des marais (*Carex acutiformis*) et Rubanier (*Sparganium erectum*).

A l'aval, l'adoux évolue dans une ripisylve entretenue avec un ombrage important. Dans les secteurs lotiques, on retrouve deux bryophytes typiques des eaux courantes.



Amont adoux délimitant deux parcelles agricoles, le fond est vaseux.



Adoux s'élargissant en partie intermédiaire, le secteur est moins défriché, on observe plusieurs strates de végétation.

7.1.5. Adoux de la Bléone, les Faïsses

Situé dans secteur agricole « péri-urbain », cet adou est totalement rectifié à l'amont, avec de nombreux passages busés et une végétation entretenu. A l'aval, il évolue plus naturellement dans une ripisylve relativement jeune. De nombreux macro-déchets sont présents (pneus, gaines électriques, ferrailles etc.), essentiellement à l'aval car le site était une ancienne décharge.

Tableau 31 : Caractéristiques physiques de l'adou des Faïsses

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	1,30 m	15 cm	Très vaseux et très sale, plein de déchets
Amont	2 m	50 cm	Substrat très vaseux, beaucoup de végétation dans l'eau



Photo 24 : Adou présentant une physionomie de canal bordé de *Phragmites*, *Althea officinalis*, *Lythrum salicaria*

Tableau 32 : Flore dominante de l'adou des Faïsses

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Berula erecta</i> <i>Juncus articulatus</i> <i>Potamogeton polygonifolius</i> <i>Sparganium erectum</i>		<u>Herbacées :</u> <i>Althea officinalis</i> <i>Calystegia sepium</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Epilobium hirsutum</i> <i>Lysimachia vulgaris</i> <i>Phragmites australis</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Rosa canina</i> <i>Rubus caesius</i> <i>Rubus ulmifolius</i>
Bryophytes			
Algues			

- **Commentaire**

Cet adoux est très **impacté par les activités humaines**. La végétation dans l'eau n'est présente que dans la partie amont avec un développement important de Berle dressée (*Berula erecta*) vers la source, puis de Rubanier (*Sparganium erectum*) et du Potamot à feuille de renouée (*Potamogeton polygonifolius*). La végétation des berges est très appauvrie et l'on retrouve une **formation typique des canaux entretenus** avec le roseau (*Phragmites australis*), la Guimauve officinale (*Althaea officinalis*), l'*Epilobe hérissée* (*Epilobium hirsutum*) etc.

A noter qu'aucune bryophyte n'a été observée dans l'eau ou sur les berges humides, en raison d'un milieu aquatique trop vaseux (qui colmate le lit) et de l'entretien des berges qui les met à nu et les assèche.



Fort recouvrement de *Berula erecta* vers la source



Sparganium erectum occupe l'adoux



Berge fraîchement défriché et adoux curé



Adoux en sortie de buse

Photos 25 : Végétation aquatique et points marquants observés sur l'adou d'Estoublon

7.2. Adoux des Préalpes du Sud (Buëch)

7.2.1. Adoux du Buëch, Le Bastidon

Cet adou évolue en contexte forestier à l'exception d'un tronçon à sa confluence avec le Buëch.

Tableau 33 : Caractéristiques physiques de l'adou du Bastidon

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	5 – 7 m	10-50 cm	Substrat : Fond vaseux, berges gravières
Amont	1,5 m	20 cm	Débit rapide



Photo 26 : Adou peu enfoncé en contexte de boisement rivulaire jeune

Tableau 34 : Flore dominante de l'adou de Bastidon

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Callitrichia stagnalis</i> <i>Groenlandia densa</i> <i>Potamogeton polygonifolius</i>	<i>Pellia endiviifolia</i> <i>Philonotis calcarata</i>	Herbacées : <i>Lycopus europaeus</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Phragmites australis</i> Ligneuses : <i>Alnus incana</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Populus alba</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix purpurea</i>
Bryophytes			
Algues	<i>Batrachospermum sp.</i> <i>Chaetophora sp.</i> <i>Chara vulgaris</i> <i>Nitella tenuissima</i>		

- Commentaires**

Cet adoux est en bon état, on retrouve même plusieurs zones humides et mares en connexion. La végétation ligneuse rivulaire est spontanée et très diversifiée, dans une ripisylve plutôt jeune. Le cortège de plantes vasculaires et d'algues est caractéristique d'une eau oligotrophe de bonne qualité.



Nitella tenuissima formant un petit herbier aquatique



Algue *Batrachospermum sp.* accrochée aux galets de l'adoux (indicateur d'eau oligotrophe)



Herbier de Potamot dense (*Groenlandia densa*) Hépatique *Pellia endiviifolia* typique des berges humides

Photo 27 : Végétation dominante sur l'adou de Bastidon

7.2.2. Adoux du Buëch, Garenne

Cet adou présente de profil distinct de part et d'autres de ses berges. D'un côté de la rive, l'adou est constitué d'un cordon forestier rivulaire fin, mais relativement ancien qui longe des champs labourés. L'autre rive est une ripisylve plus naturelle. A l'amont au lieu-dit du Mas, le sous-bois a été défriché et planté d'épicéas.

Tableau 35 Caractéristiques physiques de l'adou de Garenne

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	1 m	30-50 cm	Envasement variable
Milieu	2 m	20-30 et jusqu'à 70 cm	Débit rapide avec galets et présence de trou d'eau vaseux
Amont	1 m	20-30 cm	Envasement variable, berges assez « nues »



Photo 28 : Cariçaie dans l'adou sur un secteur dégagé de boisement

Tableau 36 : Flore dominante de l'adou de Garenne

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Carex acutiformis</i> <i>Potamogeton polygonifolius</i> <i>Sparganium erectum</i>		Herbacées : <i>Brachypodium sylvaticum</i> <i>Equisetum hyemale</i> <i>Molinia caerulea</i> Ligneuses : <i>Alnus incana</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Populus alba</i> <i>Populus tremula</i>
Bryophytes	<i>Cinclidotuss danubicus</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Pellia endiviifolia</i>	
Algues	<i>Batrachospermum sp.</i> <i>Chara vulgaris</i> (uniquement à l'aval)		



Photo 29 : Boisement d'épicées caractérisant la partie amont

- Commentaire

Cet adou est en bon état malgré un peuplement aquatique peu diversifié. La végétation ligneuse rivulaire est spontanée et très diversifiée, dans une ripisylve plutôt jeune. Le cortège de plantes vasculaires et d'algues est indicateur d'une eau oligotrophe de bonne qualité.



Sparganium erectum dans le lit de l'adou



Berges avec groupement de bryophytes dominé par l'hépatique *Pellia endiviifolia*



Carex acutiformis formant une petite caricaie de bordure



Rare secteur avec un peu de *Potamogeton polygonifolius*

Photos 30 : Végétation dominante dans l'adou de Garenne

7.2.3. Adoux du Buëch, Baumette

Cet adou évolue dans un peuplement forestier rivulaire, assez large que l'on pourrait qualifier de « vraie ripisylve ».

Tableau 37 : Caractéristiques physiques de l'adou de Baumette

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	3 m	10-60 cm	Débit rapide avec galets
Amont	0,8 m	20-30 cm	Beaucoup de bryophytes vers la station de pompage



Photo 31 : Secteur aval, berge à groupement de bryophytes dominé par *Pellia endiviifolia*, sous-bois rivulaire à Molinie

Tableau 38 : Flore dominante de l'adou de Baumette

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Groenlandia densa</i> <i>Juncus articulatus</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Potamogeton polygonifolius</i> <i>Sparganium erectum</i>		Herbacées : <i>Juncus effusus</i> <i>Mentha longifolia</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Scirpus sylvestris</i> Ligneuses : <i>Alnus incana</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Populus alba</i> <i>Populus tremula</i>
Bryophytes	<i>Chiloscyphus polyanthos</i> <i>Cinclidotus aquaticus</i> <i>Fontinalis antipyretica</i> <i>Rhynchosstegium ripariooides</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Bryum pseudotriquetrum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Pellia endiviifolia</i>	
Algues	<i>Brachospermum sp.</i> <i>Chara vulgaris</i> <i>Cladophora sp.</i>		

- Commentaires :**

Cet adou est en bon état. La végétation ligneuse rivulaire est naturelle, spontanée et très diversifiée, dans une ripisylve âgée avec un sous-bois frais. Le cortège de plantes vasculaires et d'algues est indicateur d'une eau oligotrophe de bonne qualité.



Fontinalis antipyretica dans le lit de l'adou



Berges avec groupement de bryophytes
dont *Palustriella commutata*



Bryophytes supportant l'immersion
Rhynchostegium riparioides



Secteur avec herbier de *Potamogeton polygonifolius*

Photos 32 : Végétation dominante dans l'adou de Baumette

7.2.4. Adoux du Buëch, Fontenil

- **Contexte :**

A l'amont, cet adou est soumis à une forte pression humaine du à sa proximité avec le plan d'eau de Veynes. Le secteur est régulièrement débroussaillé, et l'on constate la présence de nombreux déchets et excréments. A l'aval, l'adou évolue en milieu forestier ponctué de trouées qui semble avoir fait l'objet de défrichement par le passé.

Tableau 39 : Caractéristiques physiques de l'adou de Fontenil

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	3 - 5 m	50 cm	Très vaseux, débit lent – Végétation importante
Milieu	2 - 3 m	20 cm	Débit rapide
Amont	1 – 1,5 m	10-30 cm	Débit rapide



Photo 33 : Confluence de deux adoux à l'amont : *Carex acutiformis*, *Sparganium erectum* et *Mentha aquatica*

Tableau 40 : Flore dominance de l'adou de Fontenil

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Iris pseudacorus</i> <i>Juncus inflexus</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Mentha longifolia</i> <i>Sparganium erectum</i>		<u>Herbacées :</u> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Equisetum telmateia</i> <i>Eupatorium cannabinum</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Phragmites australis</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Alnus incana</i> <i>Buddleya davidii</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Populus tremula</i> <i>Salix eleagnos</i> <i>Salix purpurea</i>
Bryophytes	<i>Fontinalis antipyretica</i> <i>Pellia endiviifolia</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Bryum pseudotriquetrum</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Eucladium verticillatum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Gymnostomum calcareum</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Pellia endiviifolia</i> <i>Rhynchosstegium riparioides</i>	
Algues	<i>Chara vulgaris</i>		

- Commentaires

Cet adoux est en très bon état, malgré que la zone qui longe le plan d'eau soit pleine de déchets et d'excréments. Les berges présentent une belle communauté de bryophytes, typique des zones de sources et des milieux carbonatés, avec notamment des encroutements de *Chara vulgaris*. A l'amont, il y a un réseau de plusieurs adoux.

Les barrages du Castor d'Europe favorisent la diversification des habitats naturels. A l'amont des barrages, le milieu plus envasé, permet le développement de petits marais à Iris des marais (*Iris pseudacorus*) ou de caricaie. Tandis qu'en aval, on retrouve des formations de bryophytes encroutantes.

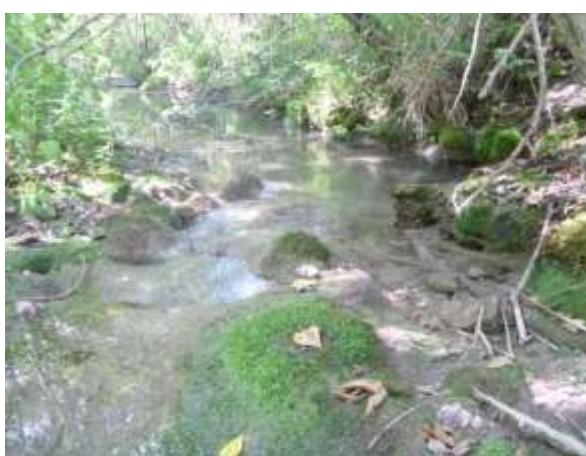
La ripisylve semble avoir été exploitée ou remaniée par le passé, avec seulement que quelques vieux arbres, mais globalement, le boisement est assez jeune et bien embroussaillé.



Aval de l'adoux, zone d'envasement avec marais d'*Iris pseudoacorus*



Chara vulgaris en train de former une « banquette » de calcaire (sorte de tuf)



Zone d'encroûtement calcaire à *Pellia endiviifolia* et *Eucladium verticillatum*



Secteur à *Carex acutiformis*

Photos 34 : Végétation dominante dans l'adou de Fontenil

7.3. Adoux des Préalpes du Sud (Haut Verdon)

7.3.1. Adoux de l'Issole, Villars

Cet adou présente plusieurs connections et évolue en forêt mature, avec un ombrage important. La partie amont est plus ouverte car la forêt est entretenue.

Tableau 41 : Caractéristiques physiques de l'adou du Villard

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	1 m	20 cm	Adoux enfoncé avec des berges pentues d'environ 1 m
Amont	1 m	20 cm	Débit rapide



Photos 35 : Adou de Villars

Tableau 42 : Flore dominante de l'adou du Villars

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Agrostis stolonifera</i> <i>Veronica beccabunga</i>		<u>Herbacées :</u> <i>Anemone hepatica</i> <i>Brachypodium sylvaticum</i> <i>Fragaria vesca</i> <i>Helleborus foetidus</i> <i>Prunella vulgaris</i> <i>Tussilago farfara</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Acer campestre</i> <i>Acer opalus</i> <i>Alnus incana</i> <i>Buxus sempervirens</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Salix eleagnos</i>
Bryophytes	<i>Cinclidotus aquaticus</i> <i>Cinclidotus danubicus</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Rhyncostegium ripariooides</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Ctenidium molluscum</i> <i>Dicranum scoparium</i> <i>Eucladium verticillatum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Hylocomnium splendens</i> <i>Kindbergia praelonga</i> <i>Plagiochila porellaoides</i> <i>Thuidium tamariscinum</i>	
Algues			

- Commentaires**

Le cortège rivulaire correspond à une ripisylve mature, avec des espèces de sous-bois pas spécifiquement humide, mais appréciant l'ombre. Un **beau cortège de bryophytes forestières** pousse sur les berges ombragées de l'adou. Dans l'eau, on retrouve des espèces affectionnant les écoulements rapides. Cet adou présente des berges très « moussues » dues au contexte forestier humide.



Secteur amont de l'adou



Veronica beccabunga dans l'adou



Cailloux avec *Palustriella commutata* et *Rhyncostegium ripariooides* en contexte forestier

Photos 36 : Végétation dominante dans l'adou de Villars

7.3.2. Adoux de l'Issole, La Batie

Cet adoux traverse des prairies exploitées et évolue ensuite en secteur rivulaire naturel, très ouvert.

Tableau 43 : Caractéristiques physiques de l'adou de La Batie

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	4 m	20-30 cm	Débit rapide
Intermédiaire	2,5 à 5 m	Prof : 20-30 cm (80 cm trous d'eau) avec des secteurs plus vaseux	
Amont	1,5 m	30 cm	Débit rapide



Photo 37 : adou en contexte prarial vers l'amont

Tableau 44 : Flore dominante de l'adou de La Batie

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Mentha longifolia</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Sparganium erectum</i>		<u>Herbacées :</u> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Brachypodium sylvaticum</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Carex paniculata</i> <i>Phragmites australis</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Alnus incana</i> <i>Buxus sempervirens</i> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Frangula alnus</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Populus alba</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix eleagnos</i> <i>Salix purpurea</i>

Bryophytes	<i>Cinclidotus danubicus</i> <i>Fontinalis antipyretica</i> <i>Rhyncostegium ripariooides</i>	<i>Aulacomnium palustre</i> <i>Bryum pseudotriquetrum</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Plagiomnium affine</i> <i>Plagiomnium undulatum</i>	
Algues	<i>Batrachospermum sp.</i> <i>Cladophora sp.</i>		

- Commentaires**

Bien que l'amont de l'adou soit en contexte agricole, le **cordon rivulaire reste de bonne qualité**, avec plusieurs strates de végétations. Dans l'eau on retrouve des bryophytes typiques des zones courantes en eau toute l'année.

L'**aval de l'adou est en très bon état**, avec un profil très naturel, avec des variations de largeur, de profondeur et de débit. Cela permet le développement de différentes formations végétales : des petites roselières, cariçaies, de beaux herbiers de *Fontinalis antipyretica* etc.



Formation de *Mentha longifolia* dans l'adoux



Cariçai de *Carex acutiformis* dans une zone ouverte de l'adou



Herbier de *Fontinalis antipyretica* avec couvert de *Salix eleagnos*



Adou vers l'aval

Photos 38 : Végétation dominante dans l'adou de La Batie

7.3.3. Adoux du Verdon, Pont du Moulin

Adou avec plusieurs connections, en secteur de forêt mature, donc assez ombragé.

Tableau 45 : Caractéristiques physiques de l'adou du Pont du Moulin

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	3 m	20 cm	Débit Rapide
Intermédiaire	2 m	60 cm	
Amont	0,8 m	10 cm	



Photo 39 : adou du Pont du Moulin à l'aval

Tableau 46 : Flore dominante de l'adou du Pont du Moulin

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Berula erecta</i> <i>Groenlandia densa</i>		<u>Herbacées :</u> <i>Agrostis capillaris</i> <i>Brachypodium sylvaticum</i> <i>Eupatorium cannabinum</i> <i>Prunella vulgaris</i> <i>Rubus caesius</i> <i>Tussilago farfara</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Alnus incana</i> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Populus alba</i> <i>Salix eleagnos</i>

Bryophytes	<i>Chiloscyphus polyanthos</i> <i>Cinclidotus aquaticus</i> <i>Palustriella commutata</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Pellia endiviifolia</i>	
Algues	<i>Batrachospermum sp.</i>		

- Commentaires

Cet adoux évoluant en forêt rivulaire mature est en bon état de conservation. Les ramifications de l'adoux en amont montrent un système de sources peu impacté par l'Homme. **L'eau semble être de bonne qualité, avec la présence d'espèces oligotrophes comme l'algue du genre *Batrachospermum*.**



Cailloux avec *Palustriella commutata*



Veronica beccabunga dans l'adoux



Secteur en contexte forestier non défriché



Batrachospermum sp. , algue appréciant les eaux oligotrophes

Photos 40 : Végétation dominante dans l'adou du Pont du Moulin

7.4. Adoux des Alpes internes du sud (Haute Durance)

7.4.1. Adoux de la Haute Durance, Saint-Crépin

Cet adoux est **sous forte pression humaine**, en raison de sa proximité de zones agricoles, d'un camping, d'un plan d'eau et d'une voie ferrée.

Le cordon rivulaire est très fin et quelques tronçons au profil rectifié présentent une végétation ligneuse totalement absente, son aspect ressemble davantage à un canal d'irrigation qu'à un adou. Seule la partie à l'extrême aval présente un aspect naturel.

Tableau 47 : Caractéristiques physiques de l'adou de Saint-Crépin

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	2 - 3 m	20-50 cm	Substrat de galets, débit rapide, en zone boisée
Intermédiaire	1,5 m	40 cm	Substrat plus vaseux avec des berges défrichées
Amont	1,5 m	50 cm	Débit rapide, berges avec arbustes et vieux arbres, en contexte ouvert



Photo 41 : Petite cariçaie dans et sur les berges de l'adou, au niveau du camping

Tableau 48 : Flore dominante de l'adou de Saint-Crépin

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Carex acutiformis</i> <i>Groenlandia densa</i> (uniquement à l'amont) <i>Juncus articulatus</i>		Herbacées : <i>Carex acutiformis</i> <i>Cirsium monspessulanum</i> <i>Epilobium hirsutum</i> <i>Equisetum arvense</i> <i>Mentha longifolia</i> <i>Phragmites australis</i> Ligneuses : <i>Alnus incana</i> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Salix alba</i>
Bryophytes	<i>Cinclidotus aquaticus</i> <i>Chiloscyphus polyanthos</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Cratoneuron filicinum</i> <i>Fissidens sp.</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Pellia endiviifolia</i> <i>Plagiomnium affine</i>	
Algues	<i>Chara vulgaris</i> (à l'amont principalement)		

- Commentaires**

Cet adou présente des profils assez **hétérogènes avec** à l'aval un boisement rivulaire frais avec une strate herbacée, arbustive et arborescente. En revanche, sur tout le secteur du camping et des champs, à l'amont, les strates arbustive et arborescente sont très réduites voire absentes. Cela n'est pas forcément sans intérêt car l'entretien par le défrichement permet la formation et le maintien d'une roselière et d'une petite caricaie.



Tapis immergé de *Chara vulgaris* accompagné de l'algue filamenteuse



Adou occupé par les roseaux dans le secteur amont

Cladophora sp. (le long de la voie ferrée)



Herbier de Potamot dense *Groenlandia densa* (amont)

Berges rectifiées et entretenues dans le camping, laissant place à une végétation uniquement herbacée

Photos 42 : Végétation dominante dans l'adou de Saint-Crépin

7.4.2. Adoux de la Haute Durance, Le Bourget

Cet adou de torrent d'altitude évolue dans le marais du Bourget (ensemble de bas-marais). Quelques bras sont très minéraux et soumis à un régime hydrologique temporaire. L'adou de la Taillat est en eau toute l'année et parcourt le marais tourbeux.

Tableau 49 : Caractéristiques physiques de l'adou du Bourget/Taillat

	Largeur	Profondeur	Observations
Taillat aval	2 m	60 cm	Fond vaseux ou minéral mais à faible granulométrie
Taillat amont	0,5 m	30 cm	Berge d'environ 50 cm de haut
Ruisseau du Bourget	2 - 4 m	20 cm	Réseau en tresses très minéral



Photo 43 : adou de la Taillat traversant une zone de *Carex rostrata*, de *Salix caesius* et *Salix myrsinifolia*

Tableau 50 : Flore dominante de l'adou du Bourget

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Agrostis stolonifera</i> <i>Carex davalliana</i> <i>Carex rostrata</i> <i>Veronica beccabunga</i>		Herbacées : <i>Angelica sylvestris</i> <i>Carex nigra</i> <i>Carex paniculata</i> <i>Carex viridula</i> <i>Deschampsia caespitosa</i> <i>Galium palustre</i> <i>Hierochloe odorata</i> <i>Nasturtium officinale</i> Ligneuses : <i>Salix caesius</i> <i>Salix myrsinifolia</i>
Bryophytes		<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Bryum pseudotrichetrum</i> <i>Calergoniella cuspidata</i> <i>Climatium dendroides</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Philonotis caespitosa</i> <i>Philonotis seriata</i> <i>Plagiomnium elatum</i>	
Algues	<i>Cladophora sp.</i>		

- **Commentaires**

Cet adou très singulier au cheminement entièrement naturel, présente un cortège d'espèces alpines et de marais para-tourbeux. **Son état de conservation est en très bon.** Le cortège de bryophytes se compose de beaucoup d'espèces du fait de la présence d'espèce de milieux tourbeux aux côtés d'espèce plus classiques des bords de cours d'eau.

A noter la présence d'un peu d'algues filamenteuses vertes du genre *Cladophora* sp., souvent indicatrice d'une concentration en matière organique.



Agrostis stolonifera pris dans le courant de l'adou ; Présence d'un peu d'algue verte filamenteuse *Cladophora* sp.



Tapis de bryophytes bordant l'adou (zone de mise en surface de la nappe)



Veronica beccabunga dans l'adou et *Deschampsia caespitosa* en bordure



Secteur en tresses vers le Bourget

Photos 44 : Végétation dominante dans l'adou du Bourget

7.4.3. Adoux de la Haute Durance, Névache

Adou d'altitude inséré dans le marais de Névache (ensemble de bas-marais et de prairies de fauche humide). L'adoux de la grande Béalière (adou de Névache) est en eau toute l'année.

Tableau 51 : Caractéristiques physiques de l'adou de Névache

	Largeur	Profondeur	Observations
Aval	1 m	15 cm	Fond à faible granulométrie / Berges 20 cm
Amont	4 - 5 m	30 cm	Berge d'environ 50 cm de haut



Photo 45 : adou de Névache avec des tapis de *Fontinalis antipyretica* dans l'eau et un « buisson » de *Mentha longifolia*

Tableau 52 : Flore dominante de l'adou de Névache

	Dans l'eau	Bord immédiat (pente humide)	Berge
Plantes vasculaires	<i>Veronica beccabunga</i>		<u>Herbacées :</u> <i>Angelica sylvestris</i> <i>Carex nigra</i> <i>Carex paniculata</i> <i>Deschampsia caespitosa</i> <i>Eriophorum latifolium</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Nasturtium officinale</i> <u>Ligneuses :</u> <i>Salix caesius</i> <i>Salix myrsinifolia</i> <i>Salix pentandra</i>

Bryophytes	<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Brachythecium rivulare</i> <i>Bryum pseudotrichetrum</i> <i>Calergoniella cuspidata</i> <i>Conocephalum salebrosum</i> <i>Marchantia polymorpha</i> <i>Palustriella commutata</i> <i>Pellia endiviifolia</i> <i>Philonotis caespitosa</i> <i>Philonotis fontana</i> <i>Plagiomnium elatum</i>	
Algues			

- Commentaires

Cet adou très singulier au cheminement entièrement naturel, présente un cortège d'espèces alpines et de marais para-tourbeux. **Son état de conservation est en très bon.** Le cortège de bryophytes se compose de beaucoup d'espèces du fait de la présence d'espèce de milieux tourbeux aux côtés d'espèce plus classiques des bords de cours d'eau. Les cortèges s'apparentent à ceux du Bourget, s'ajoute en plus des espèces de milieux assez fermé.



Bas-marais de *Carex* ssp. en bordure à l'amont sous couvert de *Salix pentandra*



Hépatique *Conocephalum salebrosum* pousse sur les berges tourbeuses de l'adoux



Veronica beccabunga dans l'adoux et *Deschampsia caespitosa* en bordure



Fontinalis antipyretica dans l'eau et berge à *Filipendula ulmaire*, *Carex paniculata*

Photos 46 : Végétation dominante dans l'adou de Névache

Synthèse « flore aquatique et rivulaire »

- Ripisylve **dégradée** sur la majorité des adoux en contexte agricole (bassin versant de l'Asse, et de la Bléone), à l'exception de l'adou de la Marine ;
- Dans les adoux « entretenus », présence d'une **végétation typique des canaux** (milieux anthropisés) ;
- Ripisylve en bon état, peuplement diversifié et présence d'**algues indicatrice de bonne qualité** dans la majorité des adoux du Buëch et du Verdon (en particulier adou de Baumette et adou du Pont du Moulin) ;
- Présence d'algues filamenteuses (*Cladophora* sp) **indicatrices d'une eutrophisation** dans l'adou de Saint Pierre le Bas et l'adou du Bourget.

8. ETUDE DES INVERTEBRES AQUATIQUES

8.1. Liste faunistique et richesse globale

La liste faunistique par adou est fournie en annexe 1. Au total, **244 taxons¹** ont été recensés dans les 16 adoux qui ont fait l'objet d'inventaires faunistiques. La répartition de ces taxons est donnée dans le tableau présentés ci-dessous.

En termes de richesses taxonomiques, les insectes représentent à eux-seuls 90% des taxons-espèces recensés, suivis par les Mollusques avec 4%.

	<i>Nombre taxons par ordre</i>	<i>%</i>
Insectes	Trichoptères	98
	Plécoptères	33
	Diptères	29
	Ephéméroptères	26
	Coléoptères	17
	Odonates	8
	Autres insectes	8
Hors insectes	Mollusques	10
	Crustacés	6
	Divers (hors insectes)	9

Tableau 53 : Répartition des taxons identifiés dans les différents ordres d'invertébrés aquatiques

La répartition des taxons identifiés au sein des différents ordres d'insectes révèle la **grande richesse des Trichoptères** qui représentent 40% des taxons-espèces recensés, soit 98 taxons. Ils sont suivis par les Plécoptères (33 taxons), les Diptères (29 taxons) et les Ephéméroptères (26 taxons). Rappelons que la systématique actuelle ne permet pas le même niveau de détermination pour les Diptères (et autres ordres d'insectes) que pour les trois principaux ordres d'insectes aquatiques (Trichoptères, Plécoptères, Ephéméroptères), relativement bien connus.

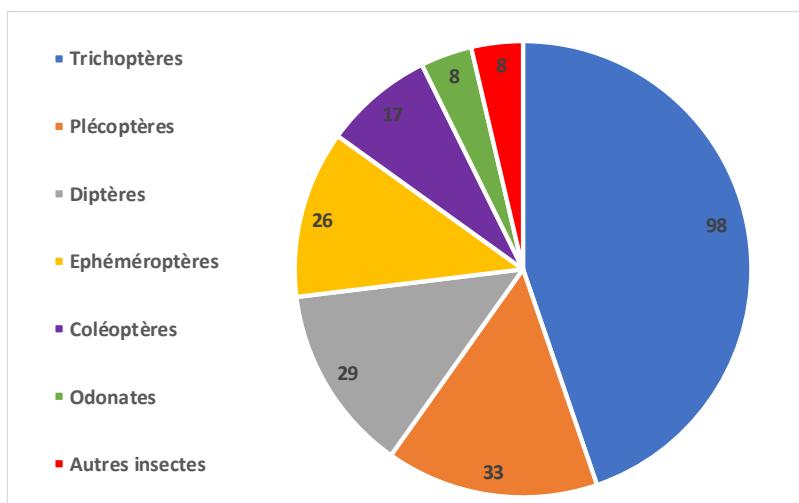


Figure 54 : Répartition des taxons identifiés dans les principaux ordres d'insectes aquatiques

¹ Ce chiffre ne tient pas compte des déterminations complémentaires qui concernent l'ordre des Odonates et qui ont fait l'objet d'un chapitre ultérieur

Cette répartition globale des richesses au sein des différents ordres d'insectes aquatiques n'est pas uniforme d'un adou à l'autre. Il est observé **une corrélation significative entre la richesse en Plécoptère et l'altitude de l'adou**. A l'instar de ce qui est observé dans l'ensemble des écosystèmes d'eau courante, les Plécoptères sont plus diversifiés dans les milieux d'altitude, dans une tranche altitudinale allant de 300 à 1900 m d'altitude. Les familles de Plécoptères concernées sont essentiellement celles des Leuctridae et des Nemouridae.

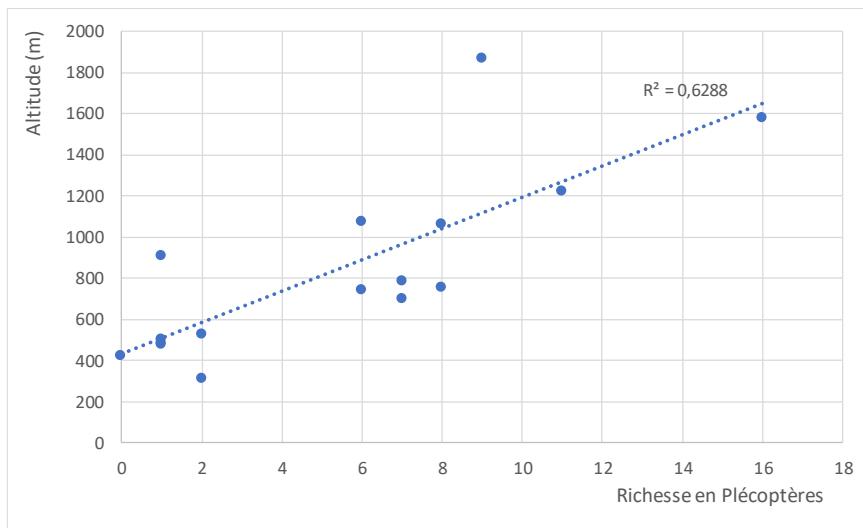


Figure 55 : Relation entre la richesse en Plécoptères et l'altitude des adoux

Une relation inverse est observée entre certaines grandes familles de Trichoptères comme les Hydroptilidae et l'altitude. Si les adoux les plus alticoles présentent peu d'espèces, cette famille s'enrichie fortement à des altitudes basses, sous influence du climat méditerranéen.

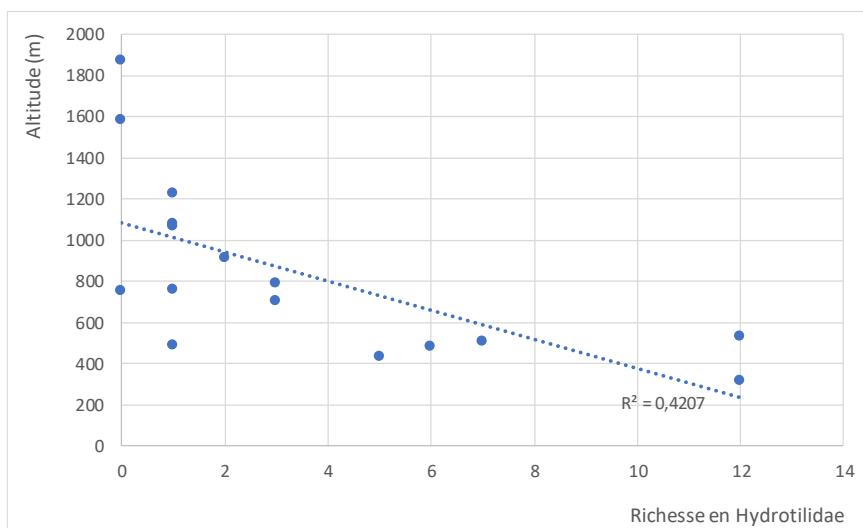


Figure 56 : Relation entre la richesse en Trichoptères Hydroptilidae et l'altitude des adoux

La richesse de ces deux groupes d'invertébrés est plus significativement corrélée à l'altitude au sein du peuplement faunistique.

8.2. Richesse faunistique par adou étudié

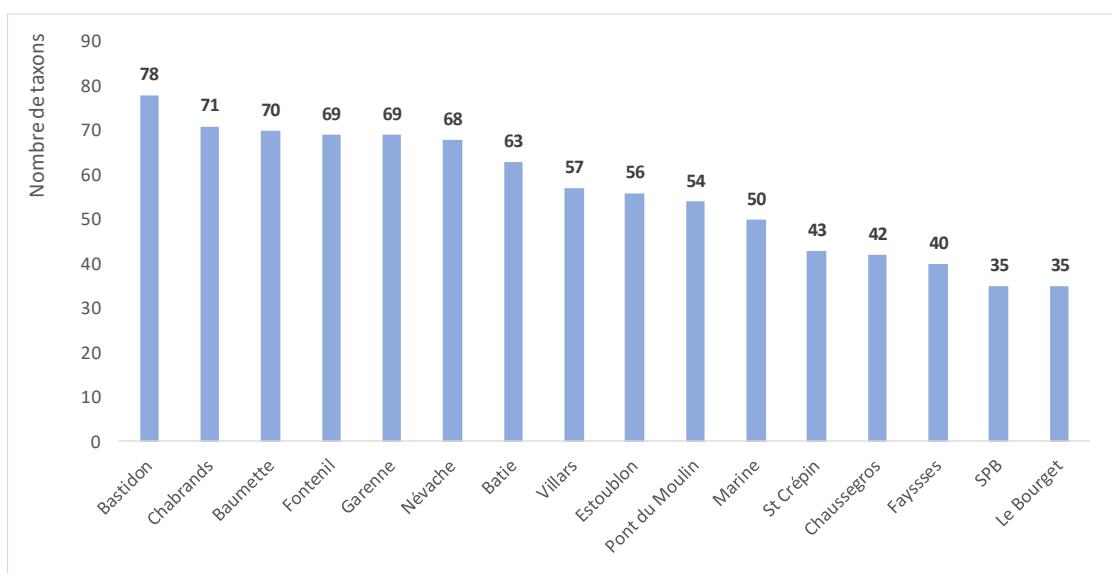


Figure 57 : Richesses faunistiques dans les différents adoux étudiés par ordre décroissant

La richesse taxonomique la plus élevée est de 76 taxons dans l'adou de Bastidon (affluent du Buëch). L'adou des Chabrand, à proximité de la Moyenne-Durance, présentent également une richesse particulièrement élevée, dépassant 70 taxons. Ces adoux sont situés à des altitudes relativement basses et subissent des influences diverses (apports de nappe, apport du cours d'eau principal...) qui créent des conditions particulières accueillant à la fois des espèces sténothermes d'eau fraîches (*Silo nigricornis*...) et des espèces plus eurythermes (famille des Hydroptilidae).

La richesse est proche de 70 taxons dans l'ensemble des adoux du Buëch (Garenne, Baumette, Fontenil, Bastidon). Le contexte biogéographique de la vallée du Buëch au carrefour des influences alpines et méditerranéennes, l'influence des sources et la bonne préservation générale des adoux étudiés concourent à l'établissement d'une richesse élevée.

Les richesses les plus faibles (35 taxons) sont observées dans l'adou de Saint Pierre le Bas (SPB) ou du Bourget. Dans ce dernier, un habitat peu diversifié et un accès difficile, qui a limité le nombre de campagne de prélèvements, peut expliquer ce faible chiffre. Dans l'adou de SPB, le faible linéaire de l'adou limite la diversification des habitats et rend prépondérante l'influence de la source. La distance importante avec le cours d'eau principal (Asse) et l'absence de connexion ne favorisent pas non plus les échanges faunistiques. D'autres facteurs tels que l'influence de l'agriculture (apports d'intrants, de pesticides...) pourraient influencer également le peuplement dans cet adou situé en pleine zone cultivée.

9. CARACTERISATION FAUNISTIQUE DES ADOUX

9.1. Présentation des espèces les plus fréquentes dans les adoux

Les espèces les plus fréquentes dans les 28 stations ayant fait l'objet d'un suivi faunistique (localisées sur les 16 adoux étudiés) sont mentionnées dans le tableau 24 présenté ci-dessous. Les espèces les plus significatives d'un point de vue écologique sont inscrites en gras.

Ordre	Famille	Taxons	Fréquence (%)
Trichoptères	Goeridae	<i>Silo nigricornis</i>	96,6
Coléoptères	Elmidae	<i>Elmis sp</i>	89,7
Diptères	Simuliidae	<i>Simulium sp</i>	93,1
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	89,7
Crustacés	Gammaridae	<i>Gammarus sp</i>	86,2
Trichoptères	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila sp</i>	82,8
Trichoptères	Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i>	75,9
Trichoptères	Glossosomatidae	<i>Synagapetus dubitans</i>	69,0
Trichoptères	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	69,0
Trichoptères	Philopotamidae	<i>Wormaldia occipitalis</i>	65,5

Tableau 54 : Espèces les plus fréquentes dans les 28 stations étudiées (fréquence > à 65%)

Le Trichoptère *Silo nigricornis* est l'espèce la plus fréquente, présente dans l'ensemble des stations, à l'exception d'une seule : la partie aval du Fontenil sur le Buëch. C'est une espèce répartie dans l'ensemble de l'Europe occidentale (Fauna europaea, 2019). En France, cette espèce est largement répartie (OPIE Benthos, 2019). Elle affectionne les ruisselets de sources et les ruisseaux (hypocrénal et épiphithral) (GRAF et al., 2008). En Provence, elle caractérise les zones de sources ou les secteurs soumis à leur influence, en particulier dans les rivières à régime karstique (GIUDICELLI et al., 2010).

L'Ephéméroptère *Baetis rhodani* est une espèce du rhithron largement répartie dans toute l'Europe. Elle fait partie des espèces d'Ephéméroptères les plus répandues en France. Dans le sud-est, elle colonise tous les types de cours d'eau. En Provence, elle montre une forte affinité avec les sources. Elle est par exemple un élément essentiel des sources karstique comme celle de l'Argens (Dia et Giudicelli, 1978).



Photo 47 : Larve de Trichoptère *Silo nigricornis* (à gauche) et de l'Ephéméroptère *Baetis rhodani* (à droite)

Le Trichoptère ***Odontocerum albicorne*** a une large répartition en Europe et en France (Fauna europaea, OPIE Benthos, 2019). A tendance sténotherme d'eau froide, elle est typique des ruisselets de source et ruisseaux (hypocrénal et épiphéthral) (GRAF et al., 2008). Dans le sud-est de la France, c'est un élément essentiel du crénon², en particulier dans les résurgences permanentes d'origine karstique (Argens, Siagne, Sorgues...). Elle est présente ici dans 75% des stations étudiées. Elle est absente des adoux les plus hauts en altitude (adoux de Névache, du Bourget), ainsi que des stations les plus basses, subissant un réchauffement des eaux plus marqué (Chabrand, Bastidon aval).

Le Trichoptère ***Synagapetus dubitans*** est une espèce d'Europe occidentale, surtout présente dans les régions collinaires et pré montagneuses jouxtant l'arc alpin (Fauna europaea, 2019). En France, elle occupe un tiers est de la France (OPIE Benthos, 2019). C'est une espèce sténotherme d'eau froide, typique des sources, en particulier dans les régions calcaires (GRAF et al., 2008). Dans le sud-est de la France (est du Rhône), elle caractérise le crénon et elle est essentiellement retrouvée dans les milieux d'eau fraîche et courante sous influences karstiques (sources de l'Argens, de la Siagne, du Loup...) (GIUDICELLI et al., 2010). Comme l'espèce précédente, elle est régulière dans les adoux étudiés mais absente des adoux situés aux extrêmes thermiques (adoux de Névache ou du Bourget pour les plus froids, adoux de Chabrand et Bastidon aval pour les plus chauds). Son absence dans des stations situées dans son aire naturelle de répartition pourrait s'expliquer par des causes locales (exemple de la station Faysses aval). Son rôle en tant qu'espèce indicatrice sera développée plus loin.



Photo 48 : Larves de Trichoptères *Synagapetus dubitans* (à gauche) et *Odontocerum albicorne* (à droite)

² Peuplement de source

Le Triclade ***Polyclelis felina*** est une espèce d'Europe occidentale, présente en France dans les massifs montagneux et dans les sources (GIUDICELLI et al., 2010). C'est une espèce sténotherme d'eau froide, son optimum thermique se situant entre 9°C et 16°C (ANGELIER, 2000). En montagne, elle est remplacée au-dessus de 800 m par un autre Planaire, *Crenobia alpina* (PATEE, 1980). Dans les cours d'eau collinaires et de basse montagne du sud-est de la France, elle caractérise les milieux de sources d'origine karstique (exemple de la source de l'Argens, Giudicelli, 1980). Dans les adoux étudiés, et à l'instar des deux espèces précédentes, elle est absente des adoux les plus hauts en altitude (adoux de Névache, du Bourget), ainsi que des stations les plus basses, subissant un réchauffement des eaux plus marqué (Chabrends, Bastidon aval).



Photo 49 : Triclade *Polycelis felina*, typique des milieux de sources en Provence

Le Trichoptère ***Wormaldia occipitalis*** est une espèce à large répartition européenne (Fauna europaea, 2019). Il est présent sur l'ensemble du territoire français, essentiellement dans les régions collinaires et pré montagneuses (GRAF et al., 2008). C'est une espèce sténotherme et un élément constant du crénon, présente essentiellement dans les sources et ruisselets de sources (GRAF et al., 2008). Elle est régulière sur les adoux étudiés, à l'exception des adoux de Haute Durance (St Crépin, Névache, Le Bourget). Il est également absent de l'adou des Chabrends et de Faysses aval. Son absence dans des stations situées dans son aire naturelle de répartition pourrait s'expliquer par des causes locales (exemple de la station Faysses aval, de l'adou des Chabrends).

Notons également la présence régulière dans les stations étudiées des taxons suivants : le Coléoptère *Elmis* sp, le Diptère *Simulium* sp, le Crustacés *Gammarus* sp et le Trichoptère *Rhyacophila* sp. Ces taxons n'ont pu être déterminé à l'espèce. La signification écologique de leur présence n'est donc pas connue. Cependant, ***Gammarus* sp**, est un invertébré réalisant son cycle entièrement dans le milieu aquatique. Il traduit par sa présence un écoulement permanent. C'est un élément prépondérant des sources en milieux calcaires. Il est présent ici dans l'ensemble des adoux à l'exception des adoux les plus montagnards (Névache, Le Bourget...)

L'analyse des espèces les plus fréquentes dans l'ensemble des adoux **montre la régularité des espèces sténothermes d'eau froides, typiques des sources et ruisselets de sources (crénon)**. Ces espèces caractérisent l'ensemble des adoux, où la température moyenne reste relativement constante (voir chapitre thermie). Mais des différences faunistiques entre les adoux sont observées, permettant de proposer une typologie des différents milieux étudiés.

9.2. Caractérisation des adoux au travers du peuplement faunistique

Afin de décrire les données et les similarités ou différences entre les peuplements, une analyse factorielle et une classification hiérarchique ont été réalisées à partir du tableau faunistique à l'aide du logiciel XL STAT. Au préalable, une transformation des données numériques a dû être effectuée afin de rendre interprétable les analyses. Cette transformation consiste à réalisé un codage des effectifs des différents taxons par classe d'abondance.

Le système de codage est identique à celui utilisé dans la thèse de DIA (1978). L'abondance d'une espèce est représentée par 5 classes exprimées de 1 à 5.

La formule permettant le calcul des limites des classes est la suivante :

$$\Sigma i / N$$

Σi : nombre total d'individus récoltés dans toutes les stations ;

N : Nombre de station dans lesquelles l'espèce a été récoltée.

Ce rapport calculé pour chaque taxon présent détermine la limite supérieure de la classe centrale (classe 3). La limite de la classe supérieure suivante est obtenue en doublant ce chiffre. L'analyse est réalisée à partir de l'ensemble des taxons déterminés dans les adoux.

9.2.1. Classification Ascendante Hiérarchique

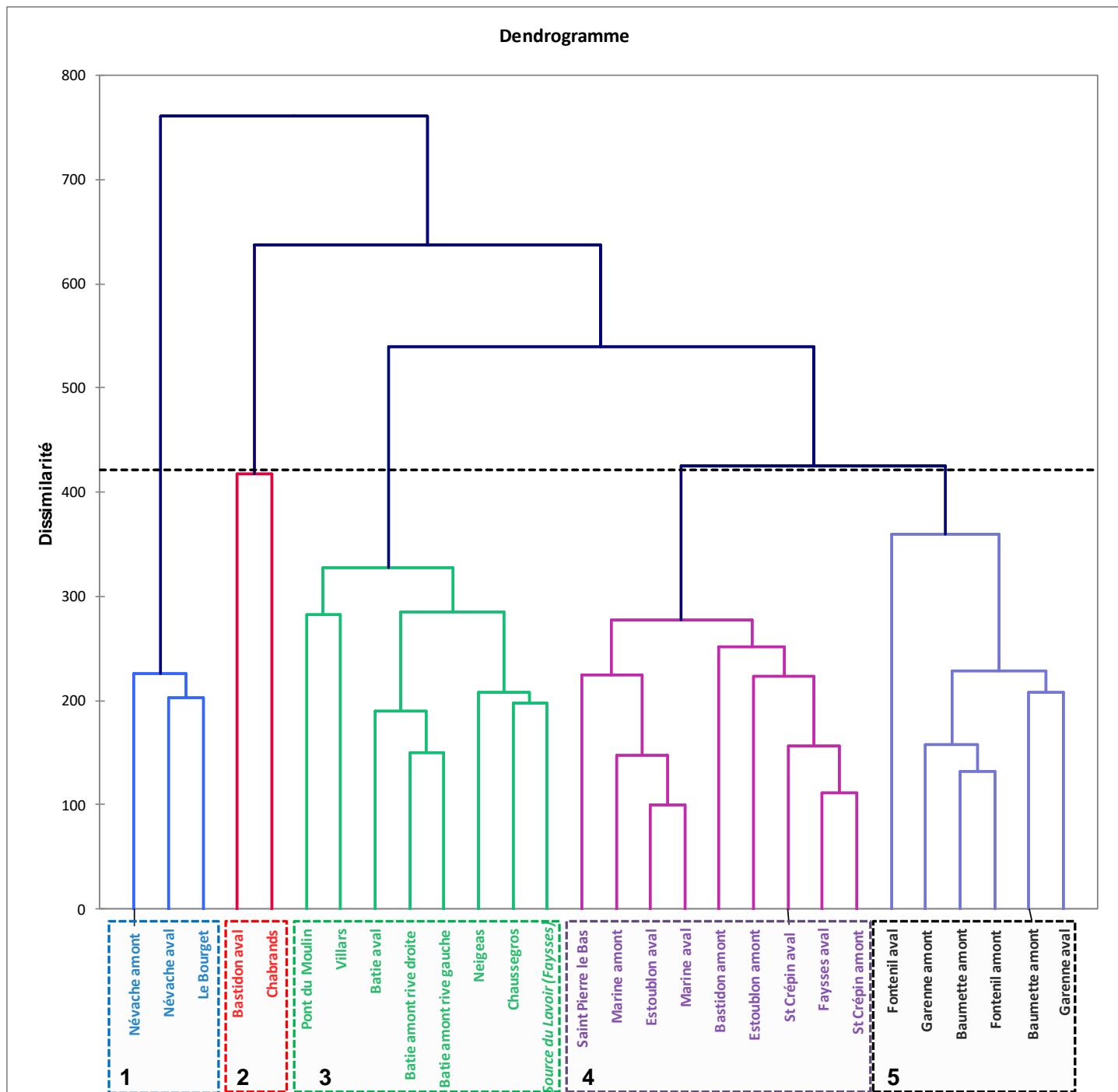


Figure 58 : Classification Ascendante Hiérarchique réalisée à partir du tableau faunistique sur l'ensemble des stations d'étude

L'analyse présentée ci-dessus permet de regrouper les stations d'étude en fonction de leurs similitudes faunistiques. Il se dégage 5 groupes de stations qui peuvent être décrits de la manière suivante.

- **Groupe 1** : stations des **adoux de la Haute Durance, les plus froids** et les plus hauts en altitude : Névache amont et Névache aval (1585 m), Le Bourget (1870 m) ;
- **Groupe 2** : stations des **adoux de Moyenne Durance ou du Buëch aval, présentant les températures les plus chaudes** : Bastidon aval (530 m d'altitude) et adou des Chabrends (319 m) ;
- **Groupe 3** : stations des **adoux de l'Issole et du Verdon** dont l'altitude est comprise entre 1000 et 1200 m ; exception : adoux de Chaussegros sur la Bléone (750 m) et source du lavoir (adou des Faysses sur la Bléone, 490 m d'altitude) ;
- **Groupe 4** : stations des **adoux de l'Asse et de la Bléone** (hors Chaussegros et source des Faysses) situés entre 480 et 500 m d'altitude ; exception : stations de l'adou de St Crépin (900 m d'altitude) ;
- **Groupe 5** : stations **des adoux du Buëch** situées entre 700 et 780 m d'altitude.

Hormis quelques exceptions, l'analyse du peuplement faunistique permet de regrouper les adoux **en fonction de leur répartition géographique et altitudinale**. Au sein d'un territoire donné, et pour une tranche altitudinale comparable, il y a une homogénéité faunistique qui se dégage. Les exceptions semblent correspondre à des stations dont le peuplement présente des singularités par rapport aux stations plus proches géographiquement. Ces particularités peuvent être d'un autre ordre que celles imposées par la biogéographie et liées à des perturbations locales. L'interprétation écologique de ces regroupements sera développée plus loin.

9.2.2. Analyse Factorielle des Correspondances

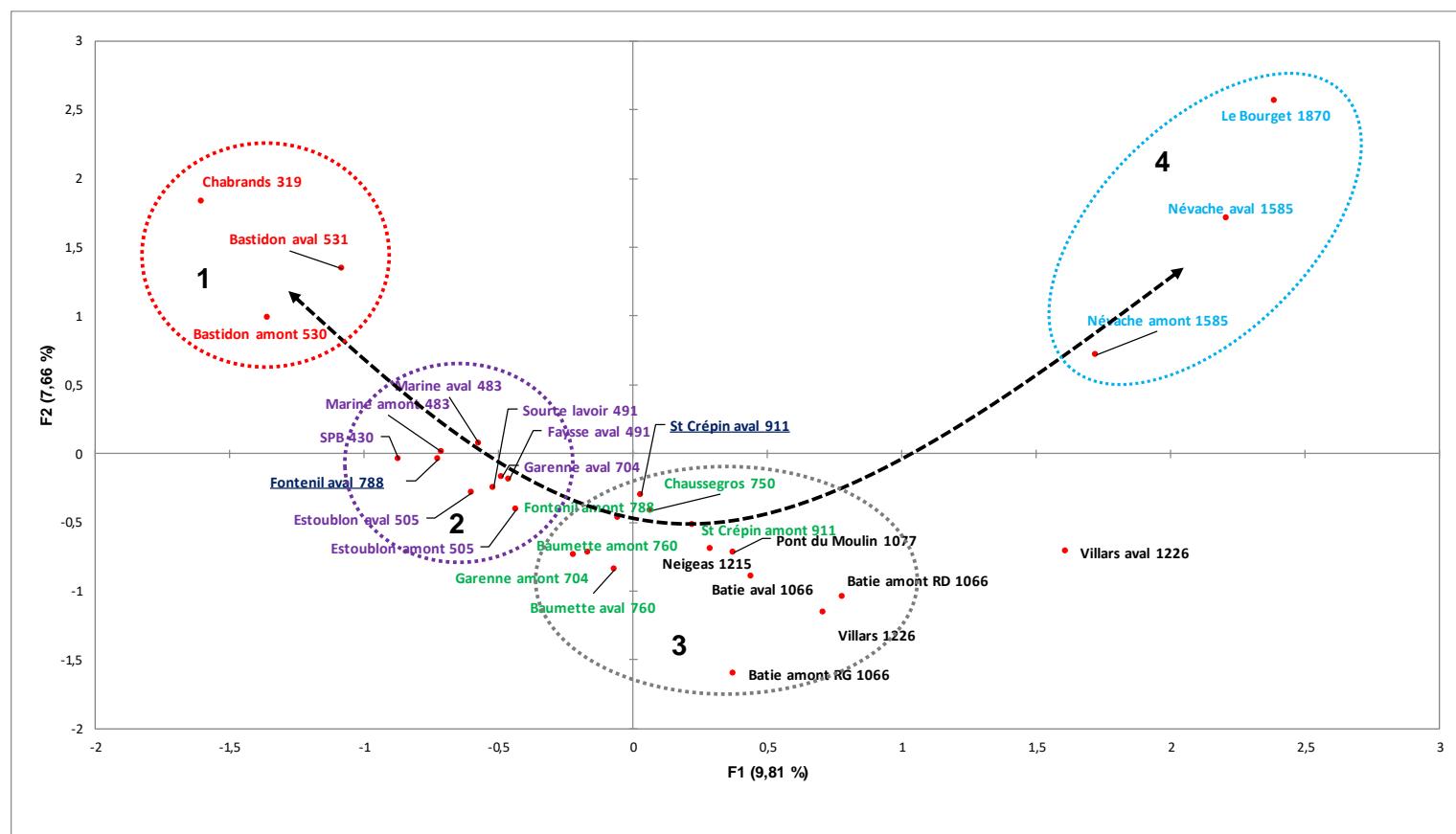


Figure 59 : Analyse Factorielle des Correspondances réalisée à partir du tableau faunistique sur l'ensemble des stations d'étude (axes F1 et F2) ; l'altitude de chaque station est mentionnée dans le nom de la station.

L'analyse factorielle montre une répartition des peuplements faunistiques sur l'axe F1. **Cette répartition suit clairement un gradient altitudinal.** A gauche, les stations les moins alticoles (adoux des Chabrends), s'opposent aux stations les hautes (adoux de Névache et du Bourget). Entre les deux, l'ensemble des adoux se répartit en fonction de leur altitude. La relation entre la position des stations sur l'axe F1 et l'altitude est fortement significative. **Cette relation est en lien direct avec la température moyenne des mois les plus chauds** qui suit également ce gradient altitudinal (voir figure 8).

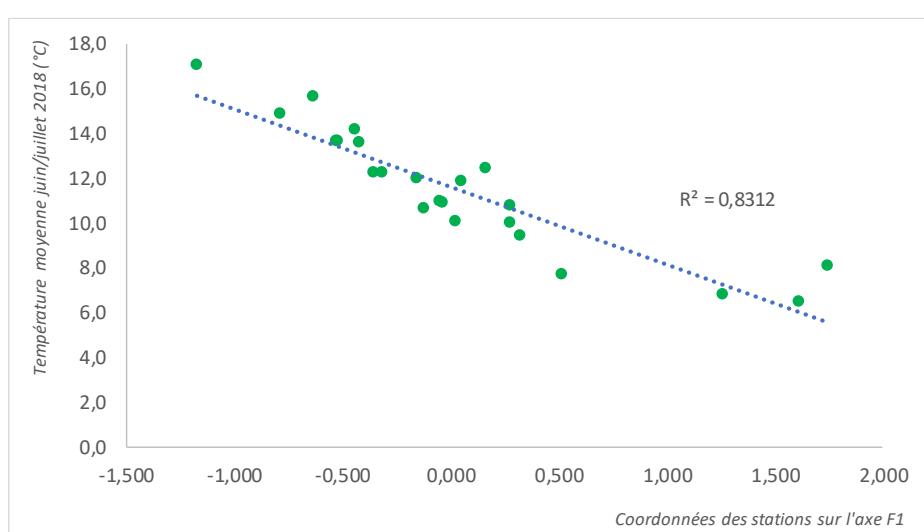


Figure 60 : Relation entre la température moyenne des mois les plus chauds (juin et juillet 2018) et la position des stations sur l'axe F1

Des nuances peuvent être apportées à cette répartition. Dans le **groupe 1**, regroupant les adoux les plus chauds, l'adou de Bastidon semble présenter des caractéristiques de stations moins sténothermes que d'autres adoux à altitude comparables. L'influence du Buëch à proximité immédiate pourrait favoriser l'établissement d'espèces plus eurythermes, expliquant sa proximité avec l'adou de Chabrends, directement influencé par des eaux dérivées de la Durance.

Au sein du **groupe 2**, qui regroupe les stations des bassins versants de l'Asse et de la Bléone, à des altitudes avoisinant les 500 m, se retrouvent également des peuplements d'adoux plus hauts en altitude comme les stations situées sur le Fontenil aval. Cette observation est **en accord avec les données thermiques** sur la partie basse de cet adou qui indique un réchauffement des eaux plus important que dans les adoux partageant un contexte altitudinal similaire.

Dans le **groupe 3**, la même remarque peut être émise concernant l'adou de St Crépin qui montre une proximité faunistique avec des adoux du Buëch, situés plus bas en altitude mais proche d'un point de vue thermique (St Crépin aval).

L'analyse factorielle permet de décrire la répartition des peuplements des stations étudiées en fonction d'un gradient altitudinal (altitude de la source). Mais plus que l'altitude, le régime thermique conditionnent la répartition des peuplements. Des stations présentant un écart altitudinal relativement important peuvent présenter un peuplement comparable si le comportement thermique est proche. **L'étude du peuplement faunistique exprime donc fidèlement les disparités et particularités thermiques déjà mises en évidence dans le chapitre sur le régime thermique.**

9.2.3. Espèces caractéristiques par type d'adoux

L'examen des listes faunistiques et l'analyse factorielle présentée précédemment permettent de dégager les espèces caractéristiques par type d'adoux.

Type d'adoux	Taxons caractéristiques	
	Présence	Absence
Adoux de Haute Durance (altitude >1500 m)	<i>Leuctra moselyi</i> <i>Amphinemura sulcicollis</i> <i>Nemoura mortoni</i> <i>Nemurella picteti</i> <i>Protonemura nitida</i> <i>Isoperla rivulorum</i> <i>Apatania fimbriata</i> <i>Allogamus alpensis</i> <i>Drusus sp</i> <i>Potamophylax alpinus</i> <i>Rhyacophila torrentium</i> <i>Baetis alpinus</i> <i>Crenobia alpina</i>	
<i>Névache amont</i> <i>Névache aval</i> <i>Le Bourget</i>		<i>Synagapetus dubitans</i> <i>Odontocerum albicorne</i> <i>Gammarus sp</i> <i>Wormaldia occipitalis</i>
Adoux de Moyenne Durance et Buëch aval (altitude <500 m)	<i>Leuctra geniculata</i> <i>Hydropsyche incognita</i> <i>Hydroptila angulata</i> <i>Hydroptila phaon</i> <i>Oecetis testacea</i> <i>Polycentropus flavomaculatus</i> <i>Tinodes maculicornis</i> <i>Centroptilum luteolum</i>	<i>Synagapetus dubitans</i> <i>Odontocerum albicorne</i> <i>Rhyacophila vulgaris</i> <i>Polycelis felina</i>
Ensemble autres Adoux	<i>Synagapetus dubitans</i> <i>Odontocerum albicorne</i> <i>Wormaldia occipitalis</i> <i>Gammarus sp</i> <i>Polycelis felina</i>	

Tableau 55 : Espèces caractéristiques par type d'adoux, permettant de distinguer les adoux de Haute Durance et ceux de Moyenne Durance/Buëch aval avec l'ensemble des autres adoux

La distinction la plus évidente entre les différents types d'adoux concerne les **adoux de Haute Durance** (hors adoux de St Crêpin) et **ceux de Moyenne Durance/Buëch aval**. Les peuplements sont marqués par la présence d'espèces aux exigences tranchées, typiques des ruisselets de sources des Alpes du sud pour ceux de la Haute Durance, ou caractéristiques des petits cours d'eau plus eurythermes sous influence méditerranéenne pour les adoux de **Moyenne Durance/Buëch aval**. On peut par exemple opposer les Plécoptères *Leuctra moselyi* à *Leuctra geniculata*, les Trichoptères *Apatania fimbriata* aux *Hydroptila* ou encore, les Ephéméroptères *Baetis alpinus* à *Centroptilum luteolum*.

L'absence de certaines espèces typiques des ruisselets de sources dans les régions collinaires et pré montagneuses du sud-est de la France permet de séparer ces deux grands groupes d'adoux (Haute Durance et Moyenne Durance/Buëch aval) de tous les autres types.

Ainsi, les espèces suivantes sont caractéristiques des adoux du Buëch, du Haut Verdon, de l'Asse et de la Bléone :

- Trichoptère *Synagapetus dubitans* ;
- Trichoptère *Odontocerum albicorne* ;
- Trichoptère *Wormaldia occipitalis* ;
- Crustacé *Gammarus* sp ;
- Triclade *Polycelis felina* ;

Leur présence dans le milieu indique clairement des conditions de sténothermie qui caractérisent les milieux sous influence de résurgences (sources, ruisselets, de sources...). A l'inverse, leur absence dans des adoux compris dans une tranche altitudinale située entre 300 et 1000 m d'altitude indiquerait des conditions de vie modifiées, en particulier un régime thermique perturbé.

Rappelons que le Trichoptère *Silo nigricornis* est l'espèce la plus fréquente. Retrouvée dans l'ensemble des adoux, elle ne participe pas à la distinction des adoux entre eux mais est typique des conditions de sténothermie retrouvées dans ces milieux. A l'instar des espèces présentées ci-dessus, sa présence est fortement indicatrice.

Dans le tableau présenté ci-dessous, les caractéristiques et nuances faunistiques touchant l'ensemble des autres adoux, en dehors de ceux de Haute-Durance et de Moyenne Durance/Buëch, sont mentionnées.

Les adoux du Buëch, du Haut Verdon, de l'Asse et de la Bléone/Asse présentent un tronc commun d'espèces dont celles mentionnées ci-dessus sont caractéristiques. Cependant certaines nuances faunistiques permettent de distinguer des sous-groupes :

- **Adoux du Buëch** (altitude proche de 700 m) : associations d'espèces typiques du crénon collinaire et pré-montagneux dans le sud-est de la France (*Odontocerrum albicorne*, *Wormaldia occipitalis*, *Silo nigricornis*, *Synagapetus dubitans*, *Baetis rhodani*, *Polycelis felina*,) ;
- **Adoux du Haut Verdon** (altitude proche de 1000 m) : associations d'espèces typiques du crénon collinaire et pré-montagneux dans le sud-est + espèces montagnardes des Alpes du sud constitutives du crénon/rhithron (*Hydropsyche subalpina*, *Philopotamus ludificatus*, *Baetis alpins*, *Plectrocnemia geniculata*, *Rhyacophila vulgaris* et *tristis*) ;
- **Adoux de l'Asse et de la Bléone** (altitude proche de 500 m) : associations d'espèces typiques du crénon collinaire et pré-montagneux dans le sud-est + espèces d'influence eurytherme retrouvées dans les milieux de basse altitude (*Potamopyrgus antipodarum*, *Hydroptila vectis*, *Hydropsyche incognita* et *modesta*, *Ephemera danica*) ;

Type d'adoux	Taxons caractéristiques		
	Présence		Absence
Groupe	Sous-groupe		
Adoux de moyenne altitude du Buëch (altitude proche de 700 m) (hors Fontenil aval) Baumette Garenne Fontenil amont	<i>Odontocerum albicorne</i> <i>Elmis sp</i> <i>Baetis rhodani</i> <i>Gammarus sp</i> <i>Polyceles felina</i> <i>Wormaldia occipitalis</i> <i>Calopteryx sp</i> <i>Silo nigricornis</i> <i>Synagapetus dubitans</i>	<i>Hydropsyche subalpina</i> <i>Potamophylax horgos</i> <i>Philipotamus ludificatus</i> <i>Plectrocnemia geniculata</i> <i>Baetis alpinus</i> <i>Rhyacophila vulgaris</i> <i>Rhyacophila tristis</i>	<i>Leuctra moselyi</i> <i>Nemoura mortoni</i> <i>Apatania fimbriata</i> <i>Allogamus alpensis</i> <i>Crenobia alpina</i>
Adoux d'altitude supérieure du Haut Verdon (proche de 1000 m) Pont du Moulin La Batie Neigeas Villars			
Adoux de basse altitude de l'Asse et de la Bléone (proche de 500 m) Estoublon Marine Saint Pierre le Bas Source Lavoir/Faysses		<i>Potamopyrgus antipodarum</i> <i>Ephemera danica</i> <i>Hydroptila vectis</i> <i>Hydropsyche incognita</i> <i>Hydropsyche modesta</i>	
Adou de Fontenil (aval)	<i>Odontocerum albicorne</i> <i>Baetis rhodani</i> <i>Gammarus sp</i> <i>Polyceles felina</i> <i>Wormaldia occipitalis</i>	<i>Leuctra geniculata</i> <i>Polycentropus sp</i> <i>Tinodes unicolor</i> <i>Centroptilum luteolum</i> <i>Seratella ignita</i>	<i>Silo nigricornis</i> <i>Synagapetus dubitans</i>
Adou de St Crépin (Haute-Durance)	<i>Silo nigricornis</i> <i>Plectrocnemia sp</i> <i>Gammarus sp</i> <i>Baetis alpinus</i> <i>Sericostoma sp</i> <i>Odontocerum albicorne</i> <i>Synagapetus dubitans</i>	<i>Tinodes dives</i> <i>Philopotamus ludificatus</i> <i>Allogamus alpensis</i>	<i>Leuctra moselyi</i> <i>Nemoura mortoni</i> <i>Apatania fimbriata</i>

Tableau 56 : Espèces caractéristiques par type d'adoux, permettant de distinguer les adoux du Buëch, du Haut Verdon et de l'Asse/Bléone

Deux adoux se détachent de la typologie proposée. La **partie aval de l'adou du Fontenil** dans la vallée du Buëch est caractérisé par l'absence d'espèces indicatrices, typiques des adoux dans la même zone géographique (Trichoptères *Silo nigricornis*, *Synagapetus dubitans*). De plus, il apparaît d'autres espèces à tendance eurytherme telles que le Plécoptère *Leuctra geniculata* et les Ephéméroptères *Seratella ignita* et *Centroptilum luteolum*. La présence de ces espèces marque une rupture dans le régime thermique de l'adou qui, plus en amont, est typique des sources dans le contexte biogéographique du Buëch.

L'adou de St Crétin, situé en Haute-Durance à 911 m d'altitude, présente un peuplement typique des sources et ruisselets de sources du sud-est de la France (*Synagapetus, dubitans, Silo nigricornis, Odontocerum albicorne*) avec une influence montagnarde caractéristique des Alpes du sud (*Philopotamus ludificatus, Allogamus alpensis, Baetis alpinus*). Il se rapprocherait par ce caractère des adoux du Haut Verdon, situés à des altitudes comparables. L'absence d'espèces alpines plus alticoles comme *Nemoura mortoni, Leuctra moselyi* ou *Apatania fimbriata* permet de distinguer le peuplement de cet adou des autres milieux similaires étudiés en Haute Durance (adou de Névache).

L'étude des peuplements faunistiques a permis de différencier plusieurs types d'adoux. Les espèces qui les composent sont typiques des milieux de sources dans le sud-est de la France, avec des nuances en fonction de l'altitude et du secteur géographique considéré. L'altitude, avec en filigrane la thermie des eaux, et la biogéographie, sont les facteurs primordiaux influençant la répartition des espèces précédemment citées.

A l'intérieur d'un secteur biogéographique donné (exemples : bassin du Haut Verdon et affluents vers 1000 m d'altitude, bassins de l'Asse et de la Bléone vers 500 m d'altitude...), les peuplements montrent une certaine homogénéité : des espèces indicatrices se dégagent, permettant d'établir un **peuplement type**.

Cette liste faunistique de référence, d'autant plus pertinente que les milieux considérés sont stables, **permettrait d'établir un diagnostic fiable du degré de dégradation des adoux sur un territoire donné**.

Synthèse « Etude des Invertébrés aquatique (hors Odonates) »

Caractérisation des adoux

- **Richesses taxonomiques élevées** dans les adoux de basse altitude non perturbés : le Chabrends, le Bastidon et l'ensemble des adoux du Buëch ;
- **Richesses taxonomiques les plus basses** observées dans les adoux du Bourget, de Saint-Pierre le Bas et des Faysses ;
- Richesse en Plécoptères augmente avec l'altitude ;
- Espèces les plus fréquentes : **typiques des milieux frais de source** dans le sud-est de la France ;
- Typologie des adoux suit un **gradient altitudinal en lien avec la température** (relation très significative) ; elle met en évidence des **singularités thermiques** décelées dans le chapitre précédent ;
- Pour chaque **secteur biogéographique**, l'étude permet de dresser une **liste d'espèces de référence** à considérer dans le cadre d'une évaluation de l'état des adoux.

10. ETUDE DE L'INTERET PATRIMONIAL DES ADOUX AU TRAVERS DES INVERTEBRES AQUATIQUES

10.1. Apport de l'inventaire à la connaissance de la biodiversité régionale

Concernant les principaux ordres d'insectes étudiés, à savoir les Trichoptères, les Plécoptères et les Ephéméroptères, les déterminations ont pu être conduites à l'espèce. Bien que la liste reste non exhaustive, le nombre de campagne pour chaque adou et la recherche de stades de développement différents ont permis de fournir une liste que l'on considérera quasi-complète.

Cette liste faunistique est ici comparée avec les résultats de l'inventaire réalisé par l'OPIE Benthos sur le territoire français depuis 2005 (<http://www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php>), seule base de comparaison disponible pour l'étude de ces insectes. Notons que les départements des Hautes-Alpes et des Alpes-de-Haute-Provence sont relativement bien prospectés pour l'étude des trois ordres considérés.

Nb d'espèces recensées	Ensemble 04 et le 05 (OPIE Benthos)	Inventaires adoux (MRE)	% d'espèces adoux/OPIE
Plécoptères	77	30	39,0
Ephéméroptères	53	23	43,4
Trichoptères	110	84	76,4

Tableau 57 : Comparaison du nombre d'espèces recensées dans les adoux avec les résultats des inventaires de l'OPIE (2019)

Le tableau ci-dessus montre que **les adoux, malgré leur faible linéaire, sont des milieux qui concentrent une richesse faunistique importante**. Concernant les Trichoptères, l'OPIE Benthos mentionne pour deux départements considérés, une richesse de 110 espèces. L'inventaire réalisé dans les adoux révèle la présence de 84 espèces, **soit 76% des Trichoptères connus dans ces départements !** Pour les Ephéméroptères et les Plécoptères, ce chiffre est respectivement de 43 et 39 % des espèces connues. Signalons que les richesses présentées ne tiennent compte que des espèces déterminées, et non pas des genres qui restent indéterminés au niveau spécifique.

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces chiffres élevés. Tout d'abord, le gradient altitudinal des adoux étudiés couvre plusieurs zones biogéographiques (des collines de basse Provence aux Alpes internes du sud) qui accueillent un peuplement faunistique propre. Les résultats reflètent donc cette diversité de milieux. Puis, l'effort de prospection de l'OPIE Benthos pour ces départements a pu se concentrer sur des territoires de montagne a priori favorables à la découverte d'espèces remarquables (Mercantour, Queyras, Ecrins...). Les milieux de plus basses altitudes, souvent plus riches mais avec des espèces moins « typiques », ont pu être négligés par les prospections. L'écologie des espèces nouvelles (voir tableau 28) semble confirmer cette observation. Troisièmement, les adoux présentent des caractéristiques faunistiques de sources (présence d'espèces sténothermes). Mais leur écoulement dans le lit majeur de cours d'eau de grande dimension et situés dans une zone typologique différente les rend plus « perméable » à la

migration d'espèces de ces milieux, à la faveur d'une crue par exemple. Ainsi des espèces typiques de rivières de piémont comme l'Ephéméroptère *Rhithrogena gratianopolitana* sur la Bléone peuvent se retrouver dans l'adou de Chaussegros, jouxtant le lit principal. Cet établissement, même temporaire, participe à enrichir le milieu. Enfin, la nature même des adoux, s'écoulant généralement dans un milieu forestier fournissant une ressource trophique importante, offrant un milieu stable d'un point de vue hydrologique permettant l'établissement d'une végétation aquatique et donc, une diversification des habitats, est une des principales raisons de la forte richesse observée dans ces milieux.

Dans le tableau présenté ci-dessous, sont mentionnées les espèces nouvelles à l'échelle du territoire français, de la région et des départements.

		Espèces nouvelles			
		France	Région PACA	Hautes-Alpes	Alpes de Haute Provence
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche moretti</i>	<i>Triaenodes conspersus</i> (confirmée)	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	
	Hydroptilidae			<i>Hydroptila lotensis</i>	<i>Hydroptila angulata</i>
				<i>Hydroptila martini</i>	<i>Hydroptila cognata</i>
				<i>Hydroptila occulta</i>	<i>Hydroptila phaon</i>
				<i>Oxyethira simplex</i>	<i>Hydroptila simulans</i>
					<i>Hydroptila vectis</i>
					<i>Allotrichia pallicornis</i>
				<i>Hydroptila tacheti</i>	<i>Hydroptila sparsa</i>
					<i>Ithytrichia lamellaris</i>
	Leptoceridae				<i>Adicella reducta</i>
Ephéméroptères	Beraeidae	<i>Ernodes articulatus</i>		<i>Mystacides azurea</i>	
	Limnephilidae			<i>Ocetis testacea</i>	
	Philopotamidae			<i>Wormaldia pulla pulla</i>	<i>Philopotamus variegatus</i>
	Polycentropodidae			<i>Polycentropus moretti</i>	
				<i>Polycentropus corniger</i>	
	Psychomyidae			<i>Cyrnus trimaculatus</i>	
					<i>Metalype fragilis</i>
				<i>Lype reducta</i>	
				<i>Tinodes dives</i> (confirmée)	
	Sericostomatidae			<i>Tinodes maculicornis</i>	
	Baetidae			<i>Tinodes unicolor</i>	
	Caenidae			<i>Sericostoma galeatum</i>	
	Leptophlebiidae				<i>Baetis pentaphlebodes</i>
	Heptageniidae				<i>Centroptilum luteolum</i>

Tableau 58 : Liste des espèces nouvelles à l'échelle de la France, de la région PACA ou des départements des Hautes-Alpes et des Alpes-de-Haute-Provence

L'espèce *Hydropsyche moretti* est une espèce présente en Italie. Sa présence en France était fortement suspectée (COPPA, comm.pers.). Elle a été confirmée par l'inventaire réalisé sur les adoux, essentiellement sur les adoux de l'Asse, de la Bléone et des Chabrands sur la Moyenne Durance.

Pour la région PACA, **six nouvelles espèces sont confirmées**, essentiellement des Trichoptères. La rareté et l'intérêt patrimonial de certaines d'entre elles seront développés plus loin.

Pour les départements des Hautes-Alpes et des Alpes-de-Haute-Provence, **36 espèces non officiellement inventoriées jusqu'à présent, ont été retrouvées dans le cadre de cette étude**. Pour la plupart, il s'agit d'espèces à tendance eurytherme (exemple des *Hydroptila*), peu diversifiées dans les milieux montagnards et qui ont été capturées dans les zones les moins alticoles des départements concernés.

Ces chiffres soulignent l'apport important des inventaires à l'espèce pour la connaissance de la biodiversité régionale des milieux aquatiques.



Photo 50 : Larve (à gauche) et adulte (à droite) de Trichoptère *Sericostoma galeatum*. Cette espèce n'est présente en France que dans un quart sud-est, et en particulier en Provence. Elle est considérée comme déterminante dans la désignation des ZNIEFF

10.2. Espèces remarquables recensées dans les adoux

Dans le tableau présenté ci-dessous, les espèces d'invertébrés aquatiques dites remarquables sont mentionnées. Les critères pour désigner une espèce comme remarquable sont :

- La **rareté** : l'espèce est retrouvée sur le territoire français à une fréquence très faible et son aire de répartition connue couvre moins de 3 départements métropolitains qui ne sont pas forcément contigus ;
- L'**endémisme** : l'espèce n'est retrouvée en France que dans une aire géographique restreinte (Alpes, Alpes du sud, Provence) ; elle n'est pas forcément rare dans son aire de répartition ;
- La présence sur **les listes des espèces remarquables et déterminantes** prises en compte pour la désignation des **ZNIEFF** (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique) ;
- La présence sur **les listes rouges des espèces menacées** sur le territoire français (IUCN) ; pour les invertébrés aquatiques, ces listes ne concernent actuellement que les Ephéméroptères et les Crustacés.

Familles	Espèces	Très rares en France	Répartition restreinte en France (endémiques)			Espèces ZNIEFF		Liste rouge des espèces menacées
			Alpes	Alpes du Sud	Provence	Déterminantes	Remarquables	
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche moretti</i>	*					
		<i>Hydropsyche spiritoi</i>			*			
		<i>Hydropsyche subalpina</i>		*				
	Hydroptilidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i>					*	
		<i>Hydroptila cognata</i>	*					
		<i>Hydroptila martini</i>	*					
	Leptoceridae	<i>Oxyethira simplex</i>	*					
		<i>Triaenodes conspersus</i>	*					
		<i>Triaenodes canus</i>	*					
	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx gessneri</i>	*		*			*
		<i>Allogamus alpensis</i>		*				
		<i>Allogamus kefes</i>	*					
	Philopotamidae	<i>Allogamus pupos</i>		*	*			
		<i>Potamophylax cingulatus alpinus</i>		*				
		<i>Limnephilus decipiens</i>	*					
	Polycentropodidae	<i>Wormaldia pulla pula</i>	*					*
		<i>Plectrocnemia praestans</i>		*			*	
		<i>Polycentropus moretii</i>	*	*				*
	Psychomyiidae	<i>Metalypte fragilis</i>					*	
		<i>Sericostoma galeatum</i>			*		*	
	Sericostomatidae	<i>Rhyacophila dorsalis persimilis</i>						*
		<i>Rhyacophila simulatrix vinconi</i>	*	*				*
Plécoptères	Leuctridae	<i>Leuctra alpina</i>		*				
		<i>Leuctra ameliae</i>	*		*			*
		<i>Leuctra hexacantha</i>		*				
		<i>Leuctra schmidi</i>		*				
		<i>Leuctra zwicki</i>		*			*	
	Nemouridae	<i>Nemoura mortoni</i>		*				
		<i>Taeniopteryx kuehreiberi</i>		*				
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis pentaphlebodes</i>	*			*		* (vulnérable)
Crustacés	Astacidae	<i>Austropotamobius pallipes</i>	*				*	* (vulnérable)

Tableau 59 : Liste des espèces remarquables recensées dans les adoux étudiés et critères de remarquabilité

Dans les 16 adoux prospectés, **31 espèces** recensées sont retenues comme étant remarquables. Certaines en particulier présentent un intérêt écologique important.

Parmi les Trichoptères :

- ***Triaenodes (Ylodes) canus*** (Leptoceridae) est une espèce qui n'était connue que d'Espagne, où depuis sa découverte en 1932, aucun exemplaire n'a été recapturé (BOTOSANEANU et al., 2004). En 2004, Botosaneanu et Giudicelli signalent sa présence dans les Alpes-de-Haute-Provence, à proximité de la ville des Mées. Sa **découverte dans l'adou de la Marine**, aux abords de la Bléone (Le Chaffaut), confirme sa présence dans cette partie des Alpes-de-Haute-Provence, seul secteur en France où l'espèce est recensée. Cette découverte est d'autant plus remarquable, que la station historique de cette espèce en Espagne n'existe plus (COPPA, *comm.pers.*).
- ***Hydropsyche moretti*** (Hydropsychidae) était connu d'Italie. Sa découverte dans le sud-est de la France était attendue et l'étude des adoux confirme sa présence en Provence dans les adoux de basse altitude (adoux de la Marine, de l'Estoublon et des Chabrand). L'examen d'individus femelles permettrait de confirmer définitivement sa présence et de l'officialiser dans une publication (COPPA, *comm.pers.*).
- ***Oxyethira simplex*** (Hydroptilidae) n'était jusqu'à présent connu que de quelques stations du nord-est de la France (départements des Vosges et de la Haute-Marne), où elle a été découverte récemment. Sa découverte dans le sud-est est une surprise. Elle a été capturée dans une seule station, l'adou des Chabrand à proximité de la Moyenne-Durance. Une publication est en cours afin de préciser la répartition de cette espèce en France.
- Plusieurs espèces connues uniquement dans 2 ou 3 départements en France et nouveaux pour les Alpes-de-Haute-Provence et/ou les Hautes-Alpes sont à signaler : les Hydroptilides ***Hydroptila cognata*** (adou de Bastidon), ***Hydroptila martini*** (adou de Bastidon et de Garenne) ; le Leptoceride ***Triaenodes conspersus*** (adou de Bastidon et des Chabrand) ; le Philopotamide ***Wormaldia pulla*** (adou de Garenne sur le Buëch).
- Signalons également la présence dans plusieurs adoux d'espèces connues en France uniquement des Alpes-Maritimes, et considérées comme des **endémiques liguro-alpines**. L'espèce ***Polycentropus moretti*** (Polycentropodidae) n'était recensée que dans quelques cours d'eau du Mercantour, en particulier dans la vallée de la Roya. Dans le cadre de cette étude, elle a été capturée dans plusieurs stations : adou de Pont du Moulin (Haut Verdon), adoux de Baumette et de Fontenil (Buëch). Le Limnephilide ***Chaetopteryx gessneri*** était lui aussi connu que du Mercantour et considéré en France comme endémique des Alpes-Maritimes. Il a été identifié dans l'adou de St Crépin dans les Hautes-Alpes (Haute Durance).

- Le Polycentropodidae ***Plectrocnemia praestans*** est une espèce montagnarde, endémique du sud-ouest des Alpes. Elle est présente uniquement en Italie (Piémont et Ligurie) et dans trois départements français : les Alpes-Maritimes, les Alpes de Haute Provence et la Haute Savoie (COPPA G., 2016). Elle affectionne les ruisselets de source, les petits ruisseaux et les sources, essentiellement entre 1485 m et 2500 m d'altitude. Elle a été retrouvée dans un seul adou montagnard, l'adou de Villars.
- Enfin, une espèce endémique du nord-ouest du bassin méditerranéen, ***Hydropsyche spiritoi***, présente en France uniquement en Provence, a été observée dans deux adoux de basse altitude : l'adou d'Estoublon et l'adou des Faysses. Cette espèce est habituellement retrouvée en tête de réseau des cours d'eau karstique (Coppa et al., 2016). L'influence des résurgences de nappe pourrait donc favoriser cette espèce dans les adoux des collines de basse Provence.

Parmi les Plécoptères :

- ***Leuctra ameliae*** est une espèce crénophile, endémique des Alpes occidentales. En France, elle est rare, présente uniquement dans trois départements alpins. Elle a été récoltée dans la station la plus haute en altitude, l'adou du Bourget (Hautes-Alpes).
- ***Leuctra zwicki*** est une espèce endémique de la bordure occidentale de l'arc alpin (RAVIZZA et VINCON, 1998). En France, elle est présente dans les ruisselets de source et les ruisseaux d'altitude à partir de 700 m d'altitude, dans l'ensemble des départements alpins. Elle a été retrouvée dans les adoux du Pont du Moulin et du Villars dans le Haut Verdon, ainsi que dans l'adou de Névache en Haute Durance.

Parmi les Ephéméroptères :

- ***Baetis pentaphlebodes*** (Baetidae) est une espèce rare en France, considérée comme vulnérable sur la liste rouge des espèces menacées. Un faible nombre de stations est connue dans le sud-est, dans quelques grandes rivières de piémont en région méditerranéenne type Durance. Elle colonise le plus souvent les bras séparés du cours principal, colonisé par la végétation. Dans l'adou de Chabrand où elle a été découverte, c'est effectivement le cas, le linéaire du ruisseau empruntant un ancien lit de la Durance.

Parmi les Crustacés :

- L'écrevisse ***Austropotamobius pallipes*** (écrevisse à pattes blanches) est une espèce protégée (la seule parmi toutes les espèces remarquables recensées, hors Odonates), classée vulnérable sur la liste rouge des Crustacés menacés en France. Elle a été observée dans plusieurs adoux : la Marine, adoux de Chabrand et de Garenne. Elle n'a cependant pas fait l'objet de recherche spécifiques, ce qui ne l'exclut pas des autres adoux.

10.3. Evaluation de l'enjeu patrimonial des adoux au travers du peuplement d'invertébrés aquatiques

Le nombre d'espèces « remarquables » est comptabilisé par adou. Ce chiffre permet d'évaluer au travers des invertébrés aquatiques l'enjeu patrimonial des adoux étudiés.

Adoux	Nb esp
<i>Chabrends</i>	7
<i>St Crêpin</i>	7
<i>Garenne</i>	6
<i>Névache</i>	6
<i>Bastidon</i>	5
<i>Baumette</i>	5
<i>Estoublon</i>	4
<i>Marine</i>	4
<i>Le Bourget</i>	4
<i>Fontenil</i>	3
<i>Villars</i>	3
<i>Batie</i>	2
<i>Pont du Moulin</i>	2
<i>Faysses</i>	1
<i>SPB</i>	0

Tableau 60 : Nombre d'espèces « remarquables » par adou rangées par ordre décroissant

Le nombre d'espèces « remarquables » par adou est mentionné dans le tableau ci-dessus. Les **adoux de Chabrends** (Moyenne Durance) et de **St Crêpin** (Haute Durance) arrivent en tête des adoux où l'enjeu patrimonial est maximal, avec 7 espèces « remarquables ». Les **adoux du Buëch** (Garenne, Baumette et Bastidon) présentent également un fort enjeu patrimonial, ainsi que **l'adou de Névache** sur la Clarée (Haute Durance).

Sur le bassin de la Bléone et de l'Asse, les **adoux de la Marine et d'Estoublon** présentent un nombre de 4 espèces remarquables. Par comparaison avec d'autres adoux situés dans la même zone biogéographique (adou des Faysses pour la Bléone et de SPB pour l'Asse), ce chiffre témoigne d'un enjeu patrimonial fort. **La rareté ou l'absence d'espèces patrimoniales dans l'adou des Faysses et de SPB** serait à mettre en relation avec des conditions d'habitats dégradées.

Synthèse « Etude des Invertébrés aquatique (hors Odonates) »

Intérêt patrimonial des adoux

- **Biodiversité importante en invertébrés aquatiques** : 76 % du nombre de Trichoptères connus dans les deux départements (04 et 05) sont retrouvés dans les adoux ;
- **L'inventaire a permis de révéler la présence de :**
 - 1 nouvelle espèce pour la France
 - 6 nouvelles espèces pour la région PACA ;
 - 36 espèces non recensées dans les départements des Hautes-Alpes ou des Alpes-de-Haute-Provence ;
- **31 espèces considérées comme remarquables** parce qu'elles sont endémiques des Alpes du sud, de Provence ou très rares en France ;
- **Espèce particulièrement rare** : un Trichoptère *Triaenodes canus* (Leptoceridae) a été découverte dans l'adou de la Marine. Cette observation constitue la deuxième citation en France de cette espèce, qui pour l'instant n'est connue que des Alpes-de-Haute-Provence et très menacée dans sa *terra typica* (Espagne).

11. ETUDE DU PEUPLEMENT D'ODONATES (CEN PACA)

11.1. Liste d'espèces et description du cortège

Au total, **36 espèces de libellules** ont été observées aux abords des adoux étudiés pour ce compartiment biologique. Le tableau ci-dessous en présente la liste détaillée et distingue les données issues de SILENE de celles réalisées pendant l'inventaire dédié.

Sous-Ordre	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Protégée en France	Liste rouge régionale
Zygoptères	Calopterygidae	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	Caloptéryx hémorroïdal		
		<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1780)	Caloptéryx éclatant		
		<i>Calopteryx virgo meridionalis</i> Selys, 1873	Caloptéryx vierge méridional		
	Coenagrionidae	<i>Ceriagrion tenellum</i> (Villers, 1789)	Agrion délicat		
		<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	Agrion de Mercure	*	NT
		<i>Coenagrion caerulescens</i> (Boyer de Fonscolombe, 1838)	Agrion bleuissant		EN
		<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	Agrion jouvencelle		
		<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	Agrion porte-coupe		
		<i>Erythromma lindenii</i> (Selys, 1840)	Agrion de Vander Linden		
		<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	Agrion élégant		
		<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)	Agrion nain		
		<i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer, 1776)	Petite nymphe au corps de feu		
	Lestidae	<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	Leste vert		
	Platycnemididae	<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)	Agrion à larges pattes		
		<i>Platycnemis latipes</i> Rambur, 1842	Agrion blanchâtre		
Anisoptères	Aeshnidae	<i>Aeshna cyanea</i> (O.F. Müller, 1764)	Aeschne bleue		
		<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	Anax porte-selle		
		<i>Anax imperator</i> Leach, 1815	Anax empereur		
		<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	Anax napolitain		
		<i>Boyeria irene</i> (Boyer de Fonscolombe, 1838)	Aeschne paisible		
	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster boltonii</i> (Donovan, 1807)	Cordulégastre annelé		
	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnaeus, 1758)	Gomphe à forceps		
		<i>Onychogomphus uncatus</i> (Charpentier, 1840)	Gomphe à crochets		NT
	Libellulidae	<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	Crocothémis écarlate		
		<i>Libellula depressa</i> Linnaeus, 1758	Libellule déprimée		
		<i>Libellula fulva</i> O.F. Müller, 1764	Libellule fauve		
		<i>Libellula quadrimaculata</i> Linnaeus, 1758	Libellule à quatre taches		
		<i>Orthetrum brunneum</i> (Boyer de Fonscolombe, 1837)	Orthétrum brun		
		<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	Orthétrum réticulé		
		<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	Orthétrum bleuissant		
		<i>Sympetrum danae</i> (Sulzer, 1776)	Sympétrum noir		
		<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	Sympétrum de Fonscolombe		
		<i>Sympetrum pedemontanum</i> (O.F. Müller in Allioni, 1766)	Sympétrum du Piémont		
		<i>Sympetrum sanguineum</i> (O.F. Müller, 1764)	Sympétrum sanguin		
		<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Sympétrum fascié		
		<i>Sympetrum vulgatum</i> (Linnaeus, 1758)	Sympétrum vulgaire		EN

Tableau 61: Liste des odonates contactés lors des prospections

Les adoux des Montagnes Sud-Alpines sont les plus pauvres en Odonates. En réalité, aucun indice de reproduction de libellules dans ces adoux n'a été relevé. Concernant l'adoux « Pont du Moulin » à Thorame-Haute (05) l'individu d'*Onychogomphus forcipatus* observé volait au-dessus des vasques ensoleillées et peu profondes dans le lit du Verdon. Concernant l'adoux de Saint-Crépin (05) toutes les espèces observées étaient localisées dans la roselière d'un étang de loisirs créé par dérivation de l'adoux. Concernant l'adoux de Névache, signalons que Gwenole Le Guellec a observé des adultes de *Sympetrum danae* mais sans preuve de reproduction au bord de l'adoux. Cette espèce se reproduit dans le marais qui est traversé par l'adoux.

L'influence de l'altitude sur la richesse odonatologique est bien connue. Il existe une diminution graduelle et non pas brutale du nombre d'espèces indigènes avec la latitude et l'altitude (Grand & Boudot, 2008) s'expliquant par des facteurs climatiques (diminution de la température) et la modification des habitats.

Ainsi, l'étude du cortège odonatologique des adoux ne peut pertinemment s'étudier qu'au niveau des **deux autres domaines biogéographique étudiés, l'arrière-pays méditerranéens et les Préalpes du sud.**

Dans ces adoux, deux principaux cortèges d'espèces peuvent être décrit :

1. le cortège des espèces des milieux courants :

- des espèces typiques étroitement liées aux milieux de l'adoux car souvent observées : *Calopteryx virgo meridionalis*, *Calopteryx splendens*, *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Coenagrion mercuriale*, *Cordulegaster boltonii*, *Orthetrum caerulescens*, *Orthetrum brunneum* ;
- des espèces moins fréquentes car rare ou en limite d'aire de répartition : *Onychogomphus forcipatus*, *Onychogomphus uncatus*, *Boyeria irene*, *Coenagrion caerulescens*.

2. le cortège des espèces de milieux stagnants ou faiblement courant :

3.

- des espèces euryèces : *Ischnura elegans* ;
- des espèces indicatrices d'autres milieux moins courant ou même stagnant, hydrologiquement connectés à l'adoux ou non : *Erythromma lindenii*, *Ceriagrion tenellum*, *Coenagrion puella*, *Ischnura pumilio*, *Enallagma cyathigerum*, *Platycnemis pennipes*, *Platycnemis latipes*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Chalcolestes viridis*, *Aeshna cyanea*, *Hemianax ephippiger*, *Anax imperator*, *Anax parthenope*, *Crocothemis erythraea*, *Libellula depressa*, *Libellula fulva*, *Libellula quadrimaculata*, *Libellula Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum danae*, *Sympetrum fonscolombii*, *Sympetrum flaveolum*, *Sympetrum pedemontanum*, *Sympetrum sanguineum*, *Sympetrum striolatum*, *Sympetrum vulgatum*.

Nom latin	Les Chabrands	St Pierre Le Bas	L'Estoublon	La Marine	Faïsses	Le Bastidon	Garenne	Baumette	Fontenil	La Bâtie	Villars	Pont du Moulin	Adou de St Crépin	Adou de Névache	Total
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	x	x	x	x	x										5
<i>Calopteryx splendens</i>	x	x	x	x		x	x					s			7
<i>Calopteryx virgo meridionalis</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x					8
<i>Ceriagrion tenellum</i>	x														1
<i>Coenagrion mercuriale</i>	x	x	x			x									4
<i>Coenagrion caerulescens</i>						x									1
<i>Coenagrion puella</i>	s					x					s				3
<i>Enallagma cyathigerum</i>						x		s			s				3
<i>Erythromma lindenii</i>	s	x				x									3
<i>Ischnura elegans</i>	x	x				x		x			x				5
<i>Ischnura pumilio</i>	x					x					s				3
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	s			x		x		s			s				5
<i>Chalcolestes viridis</i>	x				x	x									3
<i>Platycnemis pennipes</i>						x		x			s				3
<i>Platycnemis latipes</i>	x	x				x									3
<i>Aeshna cyanea</i>								x			x	s			3
<i>Hemianax ephippiger</i>								s							1
<i>Anax imperator</i>	s	x	x			x									4
<i>Anax parthenope</i>	x														1
<i>Boyeria irene</i>						x									1
<i>Cordulegaster boltonii</i>	x	x	x	s	x	x		s							7
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	s					x		x			x				4
<i>Onychogomphus uncatus</i>	x														1
<i>Crocothemis erythraea</i>	x	x													2
<i>Libellula depressa</i>								s							1
<i>Libellula fulva</i>	s														1
<i>Libellula quadrimaculata</i>								s			s	s			3
<i>Orthetrum brunneum</i>	s	x				x		x							4
<i>Orthetrum cancellatum</i>								x							1
<i>Orthetrum coerulescens</i>	x	x	x			x									4
<i>Sympetrum danae</i>											s	s			2
<i>Sympetrum flaveolum</i>											s				1
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	x					x					s	s			4
<i>Sympetrum pedemontanum</i>	x										x				2
<i>Sympetrum sanguineum</i>	x				x	x									3
<i>Sympetrum striolatum</i>						x					x				2
<i>Sympetrum vulgatum</i>											x				1
Total inventaire	13	14	7	5	4	22	3	1	7	0	0	1	5	0	
Total inventaire + complément SILENE	20	14	7	5	5	22	3	1	13	0	0	1	14	5	

Tableau 62 : Présence des Odonates par adoux

Légende de l'origine des données : « x » = donnée issue des inventaires 2018 ; « s » = donnée complémentaire (non observée lors de l'inventaire) issue de SILENE (observation faite dans un rayon de 50 m autour de l'adoux)

11.2. Espèces remarquables et enjeu patrimonial

La présence de plusieurs espèces remarquables est à mentionner :

➤ ***Coenagrion mercuriale* (Agrion de mercure) :**

L’Agrion de Mercure est réparti de l’Europe de l’ouest au Maghreb. Au nord et à l’est de son aire de répartition, les populations sont en régression. En France, l’espèce est bien présente, sauf en Corse, en altitude et au nord de l’Île de France. Cette espèce affectionne les eaux courantes ensoleillées, de bonne qualité, à tendance alcaline et débit modéré (GRAND et BOUDOT, 2006). La végétation aquatique doit être bien développée. La fermeture des milieux est un facteur de régression (MERLET et HOUARD, 2012). Cette espèce est inscrite à l’annexe II de la Directive Habitats et est **protégée en France**. Elle est classée **quasi-menacée** sur la liste régionale des espèces menacées en PACA. Dans l’inventaire sur les adoux, elle est présente sur les adoux de basse-provence (Chabrends en Moyenne-Durance, St Pierre le Bas et l’Estoublon sur l’Asse, adou du Bastidon sur le Buëch aval).

➤ ***Coenagrion caerulescens* (Agrion bleuissant) :**

L’Agrion bleuissant est une espèce répartie sur le bassin versant méditerranéen occidental. En France, elle n'est retrouvée que dans les départements méditerranéens où elle est rare (GRAND et BOUDOT, 2006). Elle se développe dans les petits à très petits cours d'eau peu profonds, ensoleillé et végétalisé, généralement en dessous de 600 m d'altitude. Cette espèce, très rare en France, est particulièrement menacée dans la plupart de ses localités (GRAND et BOUDOT, 2006). Ses habitats connaissent une dégradation importante (rectification, assèchement, pesticides...) (IUCN et OPIE, 2016). Elle est classée **en danger** sur la liste rouge des espèces menacées en France et en PACA. Dans le cadre de cet inventaire, elle a été retrouvée dans un seul site, l’adou de Bastidon dans le Buëch aval.

➤ ***Sympetrum pedemontanum* (Sympetrum du Piémont) :**

Cette libellule est présente de l'est de la Sibérie à l'ouest de l'Europe où elle est en limite d'aire. En France, elle est présente dans la partie est, ainsi que dans la vallée du Rhône et de la Durance. Elle affectionne les eaux stagnantes et faiblement courantes, ensoleillées, jusqu'à 700 m d'altitude. Rare à très rare dans son aire de distribution, elle est classée **quasi-menacée sur la liste rouge des espèces menacées** en France et de PACA. Elle a été observée dans deux sites d'étude : l’adou de St Pierre le Bas (vallée de l’Asse) et l’adou de St Crépin (Haute Durance).

Il ressort de la répartition des espèces remarquables et de l'examen de la richesse globale par adou, que certains milieux présentent une diversité plus importante en Odonates. L'**adou de Bastidon**, situé en dans le Buëch aval, arrive en tête des adoux les plus riches en espèces d'Odonates (22 au total) et en espèces remarquables. Il est suivi par l'adou de **Chabrends**, localisé en Moyenne-Durance, et l'adou de **St Pierre le Bas** (SPB) (vallée de l'Asse). Ces adoux ont en commun de se situer à une altitude relativement basse (<500 m), d'être végétalisés et comprenant pour les deux premiers, des habitats diversifiés (milieux stagnants, milieux courants, zones végétalisées...).

Sur les **adoux du Buëch** (hors Bastidon) le peuplement d'Odonates est relativement pauvre. L'influence de l'altitude (> 700 m) et de la spécificité thermique des adoux (régime sténotherme), limitent les possibilités de colonisation par les libellules. L'adou du Fontenil, avec une richesse de 13 espèces, semble à part, certainement influencé par le réchauffement des eaux dans la partie aval et l'influence de la base de loisir le long de son cours.

Sur les **adoux du Haut Verdon** et autres stations d'altitude (adou de Névache), le peuplement odonatologique est quasi-inexistant. Seul l'**adou de st Crépin** présente un peuplement relativement riche, sous influence d'un étang à proximité qui favorise l'observation d'espèce d'eaux stagnantes.

Ces résultats soulignent l'intérêt d'étudier ce groupe dans les milieux de basses et moyennes altitudes (zone biogéographique de l'arrière-pays méditerranéen) où le peuplement d'Odonates est suffisamment diversifié pour fournir une information écologique. La présence d'espèces caractéristiques de milieux ouverts et végétalisés, rares et menacés à l'échelle du territoire national comme l'agrion bleuissant, est une information à intégrer dans les objectifs de gestion de ces milieux.

A partir de 700 m d'altitude, les caractéristiques abiotiques ne sont plus favorables à l'établissement d'un peuplement diversifié. Ce peuplement devient inexistant à partir de 1000 m d'altitude, limitant l'intérêt de son étude.



Photo 51 : Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*), espèce protégée recensée dans plusieurs adoux : le Bastidon, les Chabrends, l'Estoublon et Saint Pierre le Bas.

Synthèse « Etude des Odonates »

- **36 espèces d’Odonates** recensées dans l’ensemble des adoux ;
- 2 types d’espèces observés :
 - cortège d’espèces de **milieux stagnants** ou faiblement courant ;
 - cortège d’espèces de **milieux courant** (typique du crénal et du rhithral en Provence) ;
- **Peuplement riche et diversifié dans les adoux de basse altitude,** s’appauvrissant avec l’altitude ;
- Etude des Odonates pour évaluer l’état de l’adou : **pertinent dans les adoux de l’arrière-pays méditerranéen**, et dans une moindre mesure, des Préalpes du sud ; Peu pertinent dans les adoux des Alpes internes ;
- **Présence d’espèces remarquables**, dont l’Agrion de Mercure (protégée), dans l’adou de Bastidon, de Chabrends, de St Pierre le Bas et de l’Estoublon.

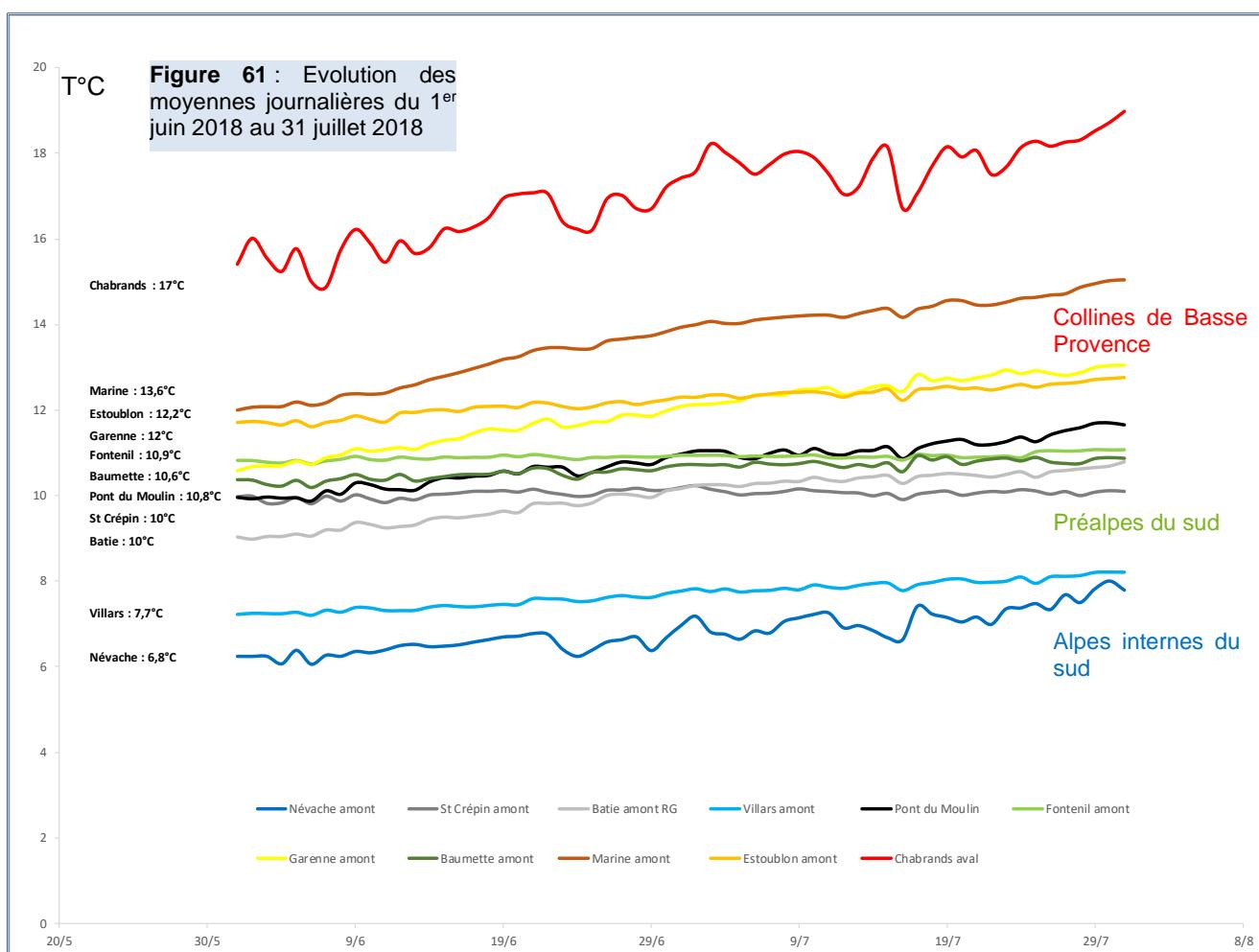
12. SYNTHESE ET DISCUSSION

12.1. Typologie des adoux

Les différentes mesures et analyses réalisées sur les 15 adoux suivis de 2018 à 2019 ont permis de caractériser le fonctionnement des adoux et d'en préciser la typologie.

L'analyse des données thermiques met en évidence un lien logique avec l'altitude (voir figure 61 ci-dessous). Les adoux situés dans les Alpes internes sont nettement plus froids que les adoux des Préalpes du sud, eux-mêmes moins chauds que les adoux de Collines de Basse Provence. **L'approche par hydro-écorégion** comme unité territoriale à considérer pour évaluer l'état des adoux paraît être une entrée pertinente.

L'analyse du régime thermique apporte également des éléments pour la qualification des adoux. Certains d'entre eux, comme l'adoux des Chabrends, présentent des températures dont l'évolution, au cours d'un cycle annuel, s'éloigne des caractéristiques propres aux adoux, à savoir un ruisseau de source présentant des températures relativement fraîches et constantes le long du linéaire. **L'origine des eaux, la longueur de l'adou et les apports de sources latéraux** sont des paramètres à prendre en compte pour comprendre l'évolution amont/aval du facteur thermique et savoir si l'adou considéré répond à la définition.



L'étude des invertébrés aquatiques, faune qui n'avait jamais été inventoriée auparavant dans ces milieux, est riche d'enseignements. Tout d'abord, pour la majorité des adoux, le peuplement est caractérisé par la présence d'espèces typiques de milieux de sources ou de ruisselets de sources (hypocrénion). Ces espèces sténothermes d'eau froides sont, par exemple, les Trichoptères *Silo nigricoris*, *Synagapetus dubitans*, *Odontocerum albicorne* ou *Wormaldia occipitalis*... Cette caractéristique, qui est commune à beaucoup d'adoux, est à prendre en compte lors de l'évaluation de l'état des adoux.

Outre ce point commun partagé par la majorité des adoux, les peuplements faunistiques permettent de dresser une typologie des adoux étudiés, transposables à d'autres milieux similaires dans des secteurs biogéographiques comparables. Il se distingue clairement un **gradient altitudinal** dont la température est le principal paramètre explicatif. Deux groupes se détachent nettement de l'ensemble des adoux : les adoux d'altitudes supérieures à 1400 m (adoux de Névache, du Bourget) où l'influence montagnarde est prédominante et les adoux présentant un réchauffement marqué (adou de Chabrends, du Bastidon), caractérisés par une forte richesse et la présence d'espèces d'eau plus chaudes et eurythermes.

Entre ces deux extrêmes, les **peuplements des adoux sont relativement homogènes**, avec un fond d'espèces communes caractérisant les ruisselets d'eaux fraîches du sud-est de la France. Les adoux du Haut Verdon, du Buëch, de l'Asse et de la Bléone, présentent des similitudes faunistiques marquées, qu'il est permis d'attendre dans l'ensemble des adoux de la région entre 500 et 1000 m d'altitude.

A une échelle plus fine, certaines nuances sont visibles à l'intérieur de ce groupe. Dans les adoux des **Collines de Basse Provence**, l'influence du climat méditerranéen et le contexte biogéographique, favorisent l'apparition dans le peuplement et la diversification de certaines familles faunistiques comme les Trichoptères Hydroptilidae ou Leptoceridae, ainsi que des Odonates. Dans **les adoux du Haut Verdon**, à cheval entre les hydro-écorégions Alpes internes et Préalpes du sud, le peuplement de source est complété par la présence d'espèces alpines, indiquant une influence montagnarde sur le peuplement.

Ces différentes nuances faunistiques, qui touchent les peuplements, soulignent l'importance de connaître le régime thermique de l'adou considéré, qui est à la base de la distribution des espèces dans les milieux d'eaux douces. Les études visant à évaluer la qualité d'un adou doivent considérer un peuplement de référence défini pour une zone biogéographique donnée. Pour des caractéristiques thermiques et hydro-morphologiques (faciès d'écoulement, substrat) comparables, la comparaison du peuplement étudié avec une **liste faunistique de référence** est un moyen efficace et fiable d'évaluer l'état d'un adou.

Les différents types d'adoux et les espèces « repères » constituant la liste faunistique de référence sont proposés ci-après sous forme de fiches.

Type de milieu : adoux de Haute-Durance

Hydro-écorégion : Alpes internes du sud

Altitude : > 1400 m

Régime thermique :

Minimale annuelle : 0,5 - 1°C

Maximales : <12°C

Moyenne estivale (juin/juillet 2018) : environ 7°C

Invertébrés aquatiques, cortège d'espèces repères :

Peuplement de ruisselets de source d'altitude des Alpes du sud

Peuplement d'Odonates, caractéristiques :

absent

Invertébrés aquatiques	
Présence	Absence
<i>Silo nigricornis</i>	<i>Synagapetus dubitans</i>
<i>Leuctra moselyi</i>	<i>Odontocerum albicorne</i>
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	<i>Gammarus sp</i>
<i>Nemoura mortoni</i>	<i>Wormaldia occipitalis</i>
<i>Nemurella picteti</i>	
<i>Protonemura nitida</i>	
<i>Isoperla rivulorum</i>	
<i>Apatania fimbriata</i>	
<i>Allogamus alpensis</i>	
<i>Potamophylax alpinus</i>	
<i>Rhyacophila torrentium</i>	
<i>Baetis alpinus</i>	
<i>Crenobia alpina</i>	

Flore aquatique, espèces repères :

cortège d'espèces alpines et de marais para-tourbeux

Exemple type : Adou de Névache (la Béalière)



Névache amont



Névache aval

Type de milieu : adoux du Buëch (moyenne altitude)

Hydro-écorégion : Préalpes du sud

Altitude : 600 à 800 m

Régime thermique :

Minimale annuelle : environ 6°C

Maximales : <15°C

Moyenne estivale (juin/juillet 2018) : 10-12°C

Invertébrés aquatiques, cortège d'espèces repères :

Peuplement de source d'altitude moyenne dans le sud-est de la France

Invertébrés aquatiques	
Présence	Absence
<i>Odontocerum albicorne</i>	<i>Leuctra moselyi</i>
<i>Elmis sp</i>	<i>Nemoura mortoni</i>
<i>Baetis rhodani</i>	<i>Apatania fimbriata</i>
<i>Gammarus sp</i>	<i>Allogamus alpensis</i>
<i>Polycelis felina</i>	<i>Crenobia alpina</i>
<i>Wormaldia occipitalis</i>	<i>Leuctra geniculata</i>
<i>Calopteryx sp</i>	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>
<i>Silo nigricornis</i>	
<i>Synagapetus dubitans</i>	

Peuplement d'Odonates, caractéristiques : peu représenté (présence de *Calopteryx sp*)

Flore aquatique, espèces repères : plantes et algues indicatrices d'une bonne qualité (oligotrophe) et très diversifiées

Exemples types : Adoux de Baumette ou de Garenne



Adou de Baumette



Adou de Garenne

Type de milieu : adoux du Haut Verdon

Hydro-écorégions : Alpes internes et Préalpes du sud

Altitude : entre 1000 et 1200 m

Régime thermique :

Minimale annuelle : environ 4°C

Maximales : 10-13°C

Moyenne estivale (juin/juillet 2018) : 8-11°C

Invertébrés aquatiques, cortège d'espèces repères :

Peuplement de source typique du sud-est de la France

à influence sud-alpine marquée

Invertébrés aquatiques	
Présence	Absence
<i>Odontocerum albicorne</i>	<i>Leuctra moselyi</i>
<i>Elmis sp</i>	<i>Nemoura mortoni</i>
<i>Baetis rhodani</i>	<i>Apatania fimbriata</i>
<i>Gammarus sp</i>	<i>Allogamus alpensis</i>
<i>Polycentropus felina</i>	<i>Crenobia alpina</i>
<i>Wormaldia occipitalis</i>	<i>Leuctra geniculata</i>
<i>Calopteryx sp</i>	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>
<i>Silo nigricornis</i>	
<i>Synagapetus dubitans</i>	
<i>Hydropsyche subalpina</i>	
<i>Potamophylax horgos</i>	
<i>Philipotamus ludificatus</i>	
<i>Plectrocnemia geniculata</i>	
<i>Baetis alpinus</i>	
<i>Rhyacophila vulgaris</i>	
<i>Rhyacophila tristis</i>	

Peuplement d'Odonates, caractéristiques : peu représenté (présence de *Calopteryx sp*)

Flore aquatique, espèces repères : bryophytes typiques des zones courantes en eau toute l'année

Exemples types : Adoux de Pont du Moulin et de Villars



Type de milieu : adoux de collines de basse Provence

Hydro-écorégion : Méditerranée

Altitude : environ 500 m

Régime thermique :

Minimale annuelle : $\geq 8-9^{\circ}\text{C}$

Maximales : $\leq 18^{\circ}\text{C}$

Moyenne estivale (juin/juillet 2018) : 12-14°C

Invertébrés aquatiques, cortège d'espèces repères :

Peuplement de source typique du sud-est de la France

à influence méditerranéennes marquées

Peuplement d'Odonates, caractéristiques :

Diversifié ; présence de *Coenagrion mercuriale*

Invertébrés aquatiques	
Présence	Absence
<i>Odontocerum albicorne</i>	<i>Leuctra moselyi</i>
<i>Elmis sp</i>	<i>Nemoura mortoni</i>
<i>Baetis rhodani</i>	<i>Apatania fimbriata</i>
<i>Gammarus sp</i>	<i>Allogamus alpensis</i>
<i>Polycentropus felina</i>	<i>Crenobia alpina</i>
<i>Wormaldia occipitalis</i>	<i>Leuctra geniculata</i>
<i>Calopteryx sp</i>	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>
<i>Silo nigricornis</i>	
<i>Synagapetus dubitans</i>	
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	
<i>Hydroptila vectis</i>	
<i>Hydropsyche modesta</i>	

Flore aquatique, espèces repères : plantes et algues indicatrices d'une bonne qualité (oligotrophe)

Exemple type : Adoux de La Marine



Type de milieu : adoux de Moyenne-Durance (et Buëch aval)

Hydro-écorégions : Méditerranée et Préalpes du sud

Altitude : < 500 m

Régime thermique :

Minimale annuelle : environ 6°C

Maximales : <19,5°C

Moyenne estivale (juin/juillet 2018) : 15-17°C

Invertébrés aquatiques, cortège d'espèces repères :

Influence diverses (sources, apport du cours d'eau principal, réchauffement des eaux...) participant à l'enrichissement du peuplement

Invertébrés aquatiques	
Présence	Absence
<i>Silo nigricornis</i>	<i>Synagapetus dubitans</i>
<i>Leuctra geniculata</i>	<i>Odontocerum albicorne</i>
<i>Hydropsyche incognita</i>	<i>Rhyacophila vulgaris</i>
<i>Hydroptila angulata</i>	<i>Polycelis felina</i>
<i>Hydroptila phaon</i>	
<i>Oecetis testacea</i>	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	
<i>Tinodes maculicornis</i>	
<i>Centroptilum luteolum</i>	

Peuplement d'Odonates, caractéristiques :

Très diversifié ; présence de *Coenagrion mercuriale*

Flore aquatique, espèces repères : plantes et algues indicatrices d'une bonne qualité (oligotrophe)

Exemples types : Adoux de Chabrand et de Bastidon



12.2. Etude de cas

La prise en compte de plusieurs adoux dans des contextes différents (forestier, agricole...) a permis de déceler l'influence de certaines pratiques sur la qualité des milieux. Dans l'aire géographique Colline de Basse Provence, la comparaison entre les peuplements de l'adou des Faysses et de l'adou de la Marine illustre l'intérêt de rechercher dans le peuplement la présence d'**espèces repères** qui renseignent sur la qualité du milieu. Dans le tableau présenté ci-dessous, l'abondance de ces espèces est mentionnée pour les deux adoux étudiés.

Espèces repères		Marine	Faysses
Groupe	<i>Odontocerum albicornue</i>	14	20
	<i>Elmis sp</i>	870	22
	<i>Baetis rhodani</i>	94	122
	<i>Gammarus sp</i>	1080	575
	<i>Polycelis felina</i>	94	112
	<i>Wormaldia occipitalis</i>	47	ABS.
	<i>Silo nigricornis</i>	91	2
	<i>Synagapetus dubitans</i>	2	ABS.
Sous-groupe	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	286	42
	<i>Ephemera danica</i>	2	1
	<i>Hydroptila vectis</i>	14	2
	<i>Hydropsyche incognita</i>	2	2
	<i>Hydropsyche modesta</i>	1	ABS.

Tableau 63: Comparaison des effectifs des espèces repères dans deux adoux situés dans la même zone biogéographique (adoux de La Marine et des Faysses)

La comparaison montre la raréfaction, voire l'absence, de certaines espèces repères dans l'adou des Faysses, comme les Trichoptères *Synagapetus dubitans* et *Wormaldia occipitalis*. Ces espèces sont typiques des cours d'eau à températures fraîches et constantes. Le genre *Wormaldia* est également caractérisé par sa polluo-sensibilité. A effort de prospection égal, il est permis de suspecter un **état dégradé** par rapport à ce qui est attendu, considérant la proximité de la source du Lavoir et la zone biogéographique similaire. L'analyse du régime thermique a montré une accentuation des températures et des amplitudes dans l'adou des Faysses. Cette observation peut s'expliquer par le fait que la partie amont de cet adou est en connexion avec un canal d'irrigation, issue de la Bléone en amont de Mallemoisson. Cet apport d'eau « parasite » en période d'arrosage entraîne également des dépôts de limons. Cette gestion des eaux influence donc directement le peuplement de l'adou des Faysses qui voit se raréfier, jusqu'à disparaître, **des espèces repères de conditions de ruisselets de sources**.

Dans les adoux du Fontenil et de St Crépin, l'étude du peuplement indique également une influence de l'hydrologie sur l'état biologique. Pour des raisons différentes (barrage de castor pour le premier et dérivation pour alimenter un plan d'eau pour le second), une partie des écoulements est dérivée. Il en ressort, par comparaison avec la station amont, une modification du régime thermique, caractérisé en aval des dérivations, par une plus grande réactivité du cours d'eau aux évolutions de la température atmosphérique. Dans les deux cas, ceci se traduit sur le peuplement par un « décalage » du peuplement par rapport à ce qui devrait être attendu dans les zones biogéographiques respectives. Les espèces typiques des ruisselets de source se raréfient ou disparaissent, et d'autres espèces, habituellement retrouvées dans des milieux plus eurythermes apparaissent. La figure ci-dessous illustre ce changement sur l'adou de Fontenil.

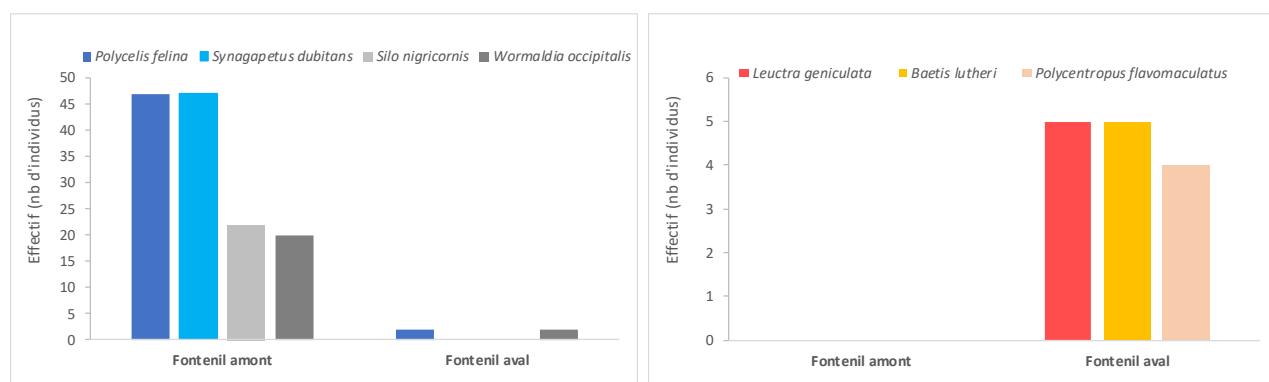


Figure 62 : Comparaison dans l'adou du Fontenil, entre la station amont et aval avec dans cette dernière la raréfaction des espèces les plus sténothermes d'eau froide (à gauche) et l'apparition des espèces les plus eurythermes (à droite)

Le peuplement faunistique de l'**adou de Saint Pierre le Bas** (bassin versant de l'Asse) est caractérisé par une richesse basse par rapport à l'ensemble des adoux étudiés. L'examen de la liste faunistique indique un peuplement marqué par la présence d'espèces sténothermes, typiques des milieux de sources en Provence (exemples : Trichoptères *Silo nigricornis*, *Odontocerum albicorne*). Au premier abord, il est difficile de relier la faible richesse à une éventuelle perturbation de l'adou qui, situé en pleine zone cultivée, pourrait subir des effets des pratiques agricoles (traitement phytosanitaire, engrais...). Pourtant, en comparant la liste des espèces repères communes aux adoux du même secteur biogéographique (adou de l'Estoublon), certaines observations sont révélatrices. Tout d'abord, il manque dans la liste une espèce régulière dans les adoux, *Synagapetus dubitans* (Trichoptère). De plus, une autre espèce de Trichoptère repère, *Wormaldia occipitalis*, présente des effectifs très faibles par rapport aux autres adoux de référence. L'absence ou la rareté de ces espèces sténothermes, xénosaprobes et polluo-sensibles, seraient à relier à une qualité de l'eau dégradée. Soulignons que ces deux espèces sont également celles qui disparaissent dans l'adou des Faysses par comparaison avec le peuplement de l'adou de La Marine (bassin de la Bléone). Elles constituerait les espèces repères les plus sensibles aux modifications de leur environnement, pouvant jouer un rôle de sentinelle.

D'autres espèces par leur abondance indiquent un enrichissement du milieu. Ainsi, le Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* présente dans l'adou de St Pierre le Bas des effectifs élevés. Ce Mollusque a tendance à proliférer dans les environnements aquatiques où le biofilm est bien développé, laissant supposer que son abondance dans l'adou considéré est liée au développement végétal observé.

Espèces repères		Estoublon	SPB
dans deux zone	<i>Odontocerum albicorne</i>	16	14
	<i>Elmis sp</i>	246	477
	<i>Baetis rhodani</i>	318	265
	<i>Gammarus sp</i>	958	977
	<i>Polycelis felina</i>	1	10
	<i>Wormaldia occipitalis</i>	237	1
	<i>Silo nigricornis</i>	11	55
	<i>Synagapetus dubitans</i>	14	ABS.
Groupe	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	73	2191
	<i>Hydroptila vectis</i>	2	29
	<i>Hydropsyche modesta</i>	2	10
Sous-groupe			

Tableau 64: Comparaison des effectifs des espèces repères adoux situés dans la même biogéographique (adou d'Estoublon et de Saint Pierre le Bas (SPB))

En effet, l'étude la flore aquatique dans cet adou indique un développement important d'espèces indicatrices d'eutrophisation, en particulier l'algue filamentuse *Cladophora* sp. Cette prolifération, couplée aux lacunes faunistiques observées, serait en lien avec les pratiques agricoles sur le milieu (apports de produits fertilisants).



Photo 52 : Prolifération algale (*Cladophora* sp.) dans l'adou de Saint Pierre le Bas (à gauche) et larve de *Wormaldia occipitalis* (à droite), espèce repère polluo-sensible se raréfiant quand la qualité se dégrade

La comparaison des peuplements faunistiques et floristiques des adoux dans une zone biogéographique donnée paraît donc être un outil pertinent pour évaluer l'état du cours d'eau considéré. Pour préciser les listes d'espèces repères servant de base à cette comparaison, il paraît nécessaire de poursuivre le travail d'inventaire dans d'autres adoux peu ou pas étudiés (exemple des adoux de l'Ubaye, du Drac...).

12.3. Sensibilité des adoux et pressions

Les adoux sont soumis aux mêmes risques de dégradation que la majorité des écosystèmes d'eau courante. Les rejets organiques, les apports de stations d'épuration, les rectifications du lit, les prélèvements d'eau auront des conséquences similaires sur le milieu. Cependant, les adoux étant des systèmes de petites tailles, peu ou pas soumis à de fortes variations de débit et hébergeant une faune relativement sélective (invertébrés de sources), l'influence de certaines pratiques est propre à ces milieux.

Situés dans la plaine alluviale jouxtant certains grands cours d'eau, certains d'entre eux peuvent subir une pression forte liée à l'activité agricole. La sensibilité des adoux face à certaines pressions recensées dans cette étude est présentée ci-dessous :

- **Prélèvements et dérivations :**

Les prélèvements d'eau ou les dérivations des écoulements (qu'elles soient naturelles ou artificielles) vont diminuer le débit de l'adou. En fonction de la proportion du cours d'eau dérivée, cette baisse de débit aura des conséquences directes sur le milieu. Outre une diminution concrète de la surface d'habitat, elle peut engendrer un changement du régime thermique qui aura pour conséquence une modification des peuplements faunistiques. Les espèces les plus sténothermes typiques de sources seront remplacées par des espèces plus eurythermes, souvent banales, rencontrées dans des cours d'eau de typologie inférieure. De plus, le cours d'eau est davantage soumis aux risques de réchauffement mais aussi de refroidissement, voire de prise en glace, lors de la période hivernale.



Photo 53 : Pompage en aval de l'adou de La Marine (à gauche) ; Adou des Faysses en aval de la confluence avec le canal d'irrigation apportant de l'eau dérivée de la Bléone (à droite)

- **Apports d'eaux « parasites » :**

A priori en contradiction avec la pression décrite précédemment, les apports d'eaux exogènes peuvent avoir des effets similaires. Ainsi, l'arrivée des eaux d'un canal d'irrigation (exemple de l'adou des Faysses, photo 53), peut avoir des conséquences notables sur les biocénoses. Le régime hydrologique subit d'abord une plus forte instabilité, perturbant des peuplements adaptés à un régime stabilisé. Ensuite, la thermie s'en trouve également bouleversée. Les eaux dérivées peuvent présenter des températures drastiquement différentes de celles de l'adou. Or, les communautés des sources et ruisselets de sources typiques des adoux, sont des sténotherme d'eau froides, ne supportant pas de fortes variations de leur environnement thermique. Les apports d'eaux parasites peuvent donc perturbés en profondeur les communautés aquatiques. D'autre part, elles peuvent véhiculer une charge polluante ou sédimentaire (limons) que les débits de l'adou ne peuvent diluer efficacement. Il a ainsi été observé des dépôts de limons en aval d'apports d'eaux d'irrigation, qui contribuent à colmater les substrats et à en réduire la capacité d'accueil pour les communautés animales.

- **Sensibilité à l'assèchement du lit :**

Plusieurs adoux ont montré lors du suivi réalisé de 2017 à 2019, une sensibilité accrue aux baisses de débit et aux assecs. Ainsi, trois stations ont été observées sans écoulement superficiel au cours de la période d'étiage. L'alimentation des adoux ayant une relation avec la nappe alluviale accompagnant le cours principal, il est permis de penser que les variations du toit de cette nappe conditionnent les écoulements des adoux. De multiples possibilités de fonctionnements sont envisageables en fonction de la distance de l'adou avec la nappe, du débit de la résurgence, de la sollicitation de la ressource souterraine... Une étude hydrogéologique, intégrant des relevés piézométriques dans les secteurs sensibles à l'abaissement de la nappe, permettrait de mieux cerner les modalités d'alimentation des adoux et d'identifier d'éventuels leviers d'action.



Photo 54 : Lits asséchés en amont de l'adou de La Batie en novembre 2017 (à gauche) et partie amont de l'adou de La Marine en septembre 2019 (photo de droite)

- **Curage du lit :**

L'action qui consiste à retirer du lit du cours d'eau une partie des sédiments et/ou de la végétation aquatique, à l'aide généralement d'une pelle mécanique, a des conséquences sur la biocénose des adoux. Tout d'abord, elle atteint directement l'habitat des espèces en place en les détruisant physiquement. En remettant en suspension une partie des sédiments fins, elle peut colmater d'autres habitats plus en aval, limitant ainsi la capacité d'accueil du milieu. Ces matières en suspension ont également une action asphyxiante sur certains invertébrés aquatiques à respiration externe (exemple des Ephéméroptères Baetidae et Heptageniidae), limitant les échanges gazeux entre l'eau et les branchies. Des curages ont pu être observés sur plusieurs adoux, principalement en secteur agricole (adoux de Saint Pierre le Bas, adoux des Faysses...). Les conséquences des curages sont bien sûr proportionnelles à la longueur du linéaire concerné.

- **Apports d'intrants (fertilisants et phytosanitaires)**

Les adoux situés en zones cultivées sont soumis aux risques de pollution par l'utilisation de produits phytosanitaires (pesticides). L'impact d'une pollution diffuse aux pesticides est difficilement quantifiable sur les peuplements, mais elle aurait une action destructrice insidieuse à long terme sur les communautés aquatiques, qui est encore mal évaluée dans les études de qualité. Pour limiter ce risque, il est nécessaire de privilégier les produits les moins nocifs possibles et de respecter les distances et les conditions d'épandages. Ces conditions font l'objet d'une réglementation à suivre par les agriculteurs.

Les fertilisants peuvent avoir une action sur les cours d'eau en favorisant le développement algal (eutrophisation), lui-même néfaste aux biocénoses en place. Là aussi, il existe une réglementation qui impose les pratiques à respecter pour limiter le risque de pollution des cours d'eau (bande enherbée ou haie, respect d'une distance de 5 m, limitation des épandages au strict nécessaire, mise en place d'une couverture végétale lors de l'interculture...). Le rappel et le respect de ces règles par l'agriculteur est un prérequis nécessaire à toutes mesures complémentaires visant à préserver les adoux des apports d'intrants.



Photo 55 : Adou en zone cultivée montrant la bande enherbée de 5 m (à gauche) ; développement algal dans le même adou (à droite), provoqué par l'apport de fertilisant, remettant en doute l'efficacité ou le bon respect des mesures de protection contre les intrants

13. CONCLUSION

L'étude des adoux de la région PACA, réalisée dans le cadre de l'appel à projet Biodiversité lancé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée en 2017, a pour objectif de fournir une vision de la diversité biologique et de la fonctionnalité de ces milieux. Annexes hydrauliques s'écoulant dans le lit majeur de certains cours d'eau du sud des Alpes, principalement sur le bassin versant de la Durance, les adoux peuvent être assimilés à des ruisselets de sources alimentés par des résurgences de la nappe alluviale. Leur rôle en tant que zone de reproduction pour la truite fario est bien connue, mais aucune étude n'avait été jusqu'alors réalisée sur les invertébrés aquatiques et la caractérisation fonctionnelle de ces milieux.

Le travail d'inventaire de la faune et de la flore aquatiques présenté ici, couplé avec une étude du régime hydrologique et thermique des adoux, révèle une diversité biologique importante dans ces milieux. Un peuplement typique des ruisselets de source du sud-est de la France caractérise ces cours d'eau (hypocrénon), avec pour chaque zone biogéographique des influences qui lui sont propres. L'analyse des débits et des températures permet de dresser le cadre de vie des peuplements et de proposer une typologie à partir d'une quinzaine d'adoux décrits, choisis a priori pour la majorité pour leur état préservé. Cette typologie, au regard des 300 adoux recensés sur l'ensemble de la région, demande d'être affinée par des prospections complémentaires, en particulier sur des bassin versants où des lacunes existent (Ubaye, Drac...). Les grandes lignes sont cependant tracées, et cette caractérisation des adoux de référence demande d'être utilisées comme un outil d'évaluation de l'état des adoux, préalable nécessaire à leur gestion et à leur préservation.

Dans une dernière partie, les sensibilités des adoux sont mentionnées, en particulier en contexte agricole où les menaces les plus importantes sont identifiées. Cette phase sera complétée dans un deuxième temps par un guide de gestion fournissant les bases d'une gestion concertée et efficace de ces milieux.

Cette étude, qui fournit un aperçu de la biodiversité et les bases de la connaissance fonctionnelle des adoux, révèle également le manque de connaissance de ces cours d'eau. Le fonctionnement hydrogéologique en particulier est mal connue. Le lien avec la nappe conditionne l'existence même des adoux, qui lors de certains épisodes de sécheresse, se voit gravement menacée. Un suivi piézométrique des secteurs identifiés comme étant à risque, permettrait de mieux comprendre ces interactions et de proposer des leviers d'action quand ils existent. Enfin, il a plusieurs fois été abordé lors des échanges avec les différents gestionnaires, l'influence des adoux sur le cours d'eau principal. Le rôle de réservoir biologique est connu, mais il est aussi fortement pressenti un rôle majeur en tant que soutien d'étiage (estival ou hivernal), ainsi que de régulation du régime thermique. Ce volet n'a pu être abordé dans cette étude, mais constitue une perspective d'étude à développer.

14. BIBLIOGRAPHIE

- AGUILAR et DOMMANGET, 1998.** Guides des libellules d'Europe et d'Afriques du Nord. Delachaux et Niestlé.
- AUBERT, J. 1959.** Plecoptera. Insecta Helvetica, Fauna, Lausanne, 1 : 1-140.
- BELFIORE, C. 1983.** Efemerotteri (Ephemeroptera). 24. Pp. 1-113 in : Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Verona.
- BERTHÉLEMY, C. 1969.** Contribution à la connaissance des Leuctridae (Plecoptera). Annales de Limnologie, 5 : 175-198.
- BOTOSANEANU, L. & J. GIUDICELLI. 2004 b.** Contributions to the knowledge of the fauna of Caddisflies (Insecta: Trichoptera) from south-east France, with description of new taxa. Annals of Limnology, 40 (1): 15 –32.
- BRULIN, M. 2007.** Atlas de distribution des Éphémères de France. 1ère partie: hors Baetidae et Heptageniidae (Insecta, Ephemeroptera). Ephemera, 2006, 8 (1) : 1-73.
- BRULIN, M. 2010.** Atlas de distribution des Éphémères de France. 2ème partie : famille des Heptageniidae (Ephemeroptera). Ephemera, 2009, 11 (2) : 71-133.
- BRULIN, M. 2011.** Atlas de distribution des Éphémères de France. 3ème partie : familles des Ametropodidae et des Baetidae (Ephemeroptera). Ephemera, 2010, 12 (2) : 65-109.
- COPPA G. & LE GUELLEC G., 2016.** Présence d'*Apatania zonella* (Zetterstedt, 1840) dans le Parc National du Mercantour (Alpes-Maritimes, France) [Trichoptera, Apataniidae]. Ephemera, 2016 (2017), Vol. 18 (1) : 21-30
- FERRAND, M. & S. JOLIVET. 2014.** Inventaire des Éphéméroptères, Plécoptères, Tri-choptères, Coléoptères aquatiques et Odonates du Parc national du Mercantour. Office pour les insectes et leur environnement/Parc national du Mercantour. Rapport non publié. 89 pp + annexes.
- FOCHETTI, R. & J. M. TIERNO DE FIGUEROA. 2008.** PLECOPTERA. Fauna d'Italia. Calderini. ILLIES, J. 1966. Katalog der rezenten Plecoptera. Das Tierreich, Berlin, 82 : 1-632.
- GRAND D., BOUDOT JP, 2006.** Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), 480p.
- QUENEY P. 2014.** Les Coléoptères aquatiques dans la biodiversité du massif du Mercantour (Alpes-de-Haute-Provence et Alpes-Maritimes, France) (Insecta, Coleoptera). Le Coléoptériste, 2014, 7(2) : 93-109.
- QUENEY P. 2018.** Les Coléoptères aquatiques Coléoptères aquatiques du massif du Mercantour : données complémentaires pour Barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence, France) (Alpes-de-Haute-Provence et Alpes-Maritimes, France) (Insecta, Coleoptera). Le Coléoptériste, 2018, 21(1) : 10-14
- LE GUELLEC G., NIEL A., CAGAN O. et COPPA G., 2012.** Deux espèces nouvelles de Trichoptères pour la faune de France, département des Alpes-Maritimes *Stactobia alpina* Bertuetti, Lodovici & Valle, 2004 [Trichoptera, Hydroptilidae] et *Tinodes luscinia*, Ris 1903 [Trichoptera, Psychomyiidae]. Ephemera, 2012 (2013), Vol. 14 (1) : 35-38.
- LUBINI, V., S. KNISPEL & G. VINÇON. 2012.** Plecoptera, identification. Fauna Helvetica N°27. Centre Suisse de cartographie de la faune sauvage. Neuchâtel. 270 pp.
- LUBINI, V., S. KNISPEL, M. SARTORI, H. VICENTINI & A. WAGNER. 2012.** Listes rouges Éphémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel. L'Environnement pratique n° 1212 : 111 pp
- MALICKY, H. 2004.** Atlas of European Trichoptera. 2° éd., Springer, Dordrecht : 359 pp.
- MORETTI, G.P. 1991.** Nouvelles espèces et sous-espèces de Trichoptères italiens et exemples de variabilité des populations des Alpes Méridionales et des Apennins. Pp.385-402 in Proceedings of the 6th International Symposium on Trichoptera, C. Tomaszewski (ed.).
- OLÁH, J., P. CHVOJKA, G. COPPA, W. GRAF, H. IBRAHIMI, O. LODOVICI, A. RUIZ GARCIA, M. SAINZ-BARIAIN, M. VALLE & C. ZAMORA-MUÑOZ. 2014.** The genus *Allogamus* Schmid, 1955 (Trichoptera, Limnephilidae): revised by sexual selection- driven adaptive, non-neutral traits of the phallic organ. Opuscula Zoologica, 45 (1): 33-82. Budapest.

- RAVIZZA, C. & G. VINÇON.** 1998. Les Leuctridae (Plecoptera, Leuctridae) des Alpes. Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft, 71 : 285-342.
- RIGHETTI, B. & C. BELFIORE.** 1999. Additions à la faune des Éphémères de France (5): *Electrogena grandiae* (Belfiore, 1981) et comparaison biométrique de différentes populations (Ephemeroptera, Heptageniidae). Ephemera, 1 (2): 123-130.
- SARTORI, M. & P. LANDOLT.** 1999. Atlas de distribution des Éphémères de Suisse. Fauna Helvetica 3. Centre suisse de cartographie de la faune. Neuchâtel. 214 pp. Vinçon, 1996
- STUDEMANN, D., P. LANDOLT, M. SARTORI, D. HEFTI & I. TOMKA.** 1992. Ephemeroptera. Insecta Helvetica Fauna, 9. 175 pp.
- IUCN France, MNHN & Opie (2018).** La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Ephémères de France métropolitaine. Paris, France.
- VINÇON, G.** 1996. Les Plécoptères des Alpes françaises. Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft, 69 : 61-75.
- VINÇON, G. & C. RAVIZZA.** 2005. A review of the French Protonemura (Plecoptera, Nemouridae). Annales de Limnologie, 41 : 99-126.
- WENDLER, NUSS,** 1997. Guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale. SFO.



Photo 56 : Larve de *Baetis alpinus* (Ephéméroptère), espèce commune dans les adouxs alpins

ANNEXES

Annexe 1 : listes faunistiques par ordre

Plécoptères

Ordre	Famille	Taxons	Fréquence (%)																																		
			Occurrence			Somme			Névache			Villars																									
			Leuctridae	<i>Leuctra alpina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4																					
			Leuctridae	<i>Leuctra ameliae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	4																					
			Leuctridae	<i>Leuctra fusca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3	11																					
			Leuctridae	<i>Leuctra geniculata</i>	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	10	3	11																				
			Leuctridae	<i>Leuctra handlirschi</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	11																				
			Leuctridae	<i>Leuctra hexacantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4																				
			Leuctridae	<i>Leuctra hippopus</i>	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	7	2	7																				
			Leuctridae	<i>Leuctra leptogaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4																			
			Leuctridae	<i>Leuctra mortoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	0	0	4																			
			Leuctridae	<i>Leuctra moselyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261	3	11																			
			Leuctridae	<i>Leuctra rauscheri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4																			
			Leuctridae	<i>Leuctra schmidti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	4																			
			Leuctridae	<i>Leuctra zwicki</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	11																			
			Leuctridae	<i>Leuctra sp</i>	0	81	7	1	33	4	34	4	81	0	0	173	117	61	71	0	0	156	5	866	17	63											
			Nemouridae	<i>Amphinemura sulcicollis</i>	0	0	3	0	0	0	0	8	0	0	0	10	0	0	1	13	0	0	0	0	0	35	5	19									
			Nemouridae	<i>Amphinemura triangularis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	7									
			Nemouridae	<i>Nemoura cinerea</i>	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	19	7	26							
			Nemouridae	<i>Nemoura marginata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1	4							
			Nemouridae	<i>Nemoura mortoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	2	7							
			Nemouridae	<i>Nemoura sp</i>	0	0	2	2	2	0	0	0	5	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	2	1	0	4	0	0	0	2	0	25	11	41		
			Nemouridae	<i>Nemurella picteti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	1	15	0	0	0	0	0	0	0	61	3	11				
			Nemouridae	<i>Protoneuria intricata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5	2	7			
			Nemouridae	<i>Protoneuria lateralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4				
			Nemouridae	<i>Protoneuria nitida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	3	11		
			Nemouridae	<i>Protoneuria risi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	11	1	4		
			Nemouridae	<i>Protoneuria sp</i>	0	0	0	4	0	1	108	0	43	0	0	0	3	0	0	0	34	0	0	17	123	360	139	0	0	0	0	0	174	1	1007	12	44
			Taeniopterygidae	<i>Taeniopteryx kuehreiberi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	7		
			Chloroperlidae	<i>Chloroperla tripunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	19		
			Perlidae	<i>Dinocras cephalotes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	7		
			Perlidae	<i>Perla marginata</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	7		
			Perlodidae	<i>Isoperla grammatica</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	4	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	18	7	26	
			Perlodidae	<i>Isoperla rivulorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	5	286	40	0	0	0	0	0	1	3	447	6	22		
			Perlodidae	<i>Perlodes intricatus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	7			

Trichoptères (1/2)

Trichoptères (2/2)

Ordre	Famille	Taxons	fréquence (%)															
			Somme					occurrence										
			St Crépin amont	0	0	108	4	15										
			Villars aval	0	0	0												
			SPB	0	0													
			Thunmin	0	0	0												
			St Crétin aval	0	30													
			Pont du Moulin	0														
			Névache aval	69														
			Névache amont	8														
			Neigeas	0	0													
			Marine aval	0	0													
			Marine amont	0														
			Le Bourget	1														
			Garenne aval source	0	0													
			Garenne aval	0														
			Garenne amont	0	0													
			Fontenil aval	0	0													
			Fontenil amont	0	0													
			Estoublon amont	0														
			Baumette amont	0														
			Chaussegros	0	0													
			Chabreands	0	0													
			Baumette aval	0														
			Fayse aval	0	0													
			Estoublon aval	0														
			Tinodes dives	0	12	45	6	8	0	0	0	0	5	1	2	0	0	
			Tinodes maculicornis	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
			Tinodes unicolor	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
			Tinodes sp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
			Rhyacophilidae															
			Rhyacophilidae	Rhyacophila dorsalis persimilis	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Rhyacophilidae	Rhyacophila simulatrix vinconi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Rhyacophilidae	Rhyacophila intermedia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Rhyacophilidae	Rhyacophila torrentium	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	15
			Rhyacophilidae	Rhyacophila vulgaris	0	0	53	12	59	3	1	0	0	0	0	2	0	0
			Rhyacophilidae	Rhyacophila pubescens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Rhyacophilidae	Rhyacophila tristis	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
			Rhyacophilidae	Rhyacophila sp	0	5	29	1	52	7	15	2	5	0	7	1	8	0
			Sericostomatidae	Sericostoma galeatum	5	0	0	0	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0
			Sericostomatidae	Sericostoma personnatum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
			Sericostomatidae	Sericostoma sp	5	0	1	3	4	1	3	7	1	0	0	1	6	4

Ephéméroptères et Coléoptères

Ordre	Famille	Taxons			Somme	fréquence (%)
			occurrence			
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Alainites muticus</i>	0	0	0	37
	Baetidae	<i>Baetis alpinus</i>	0	0	0	9
	Baetidae	<i>Baetis lutheri</i>	1	0	0	33
	Baetidae	<i>Baetis pentaphlebodes</i>	0	0	0	11
	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	8	2	104	14
	Baetidae	<i>Baetis vernus</i>	0	0	0	4
	Baetidae	<i>Baetis sp</i>	0	11	7	15
	Baetidae	<i>Centroptilum luteolum</i>	10	4	0	19
	Baetidae	<i>Cloeon simile</i>	0	5	0	5
	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	0	70	0	1
Coléoptères	Caenidae	<i>Caenis macrura</i>	0	70	0	1
	Caenidae	<i>Caenis pusilla</i>	0	0	0	4
	Caenidae	<i>Caenis sp</i>	0	0	0	1
	Ephemerofilidae	<i>Serratella ignita</i>	1	0	0	52
	Ephemerofilidae	<i>Ephemerella danica</i>	2	0	0	41
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus alpinus</i>	0	0	6	11
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus helveticus</i>	0	0	0	11
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus venosus</i>	0	22	0	5
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus sp</i>	1	0	2	26
	Heptageniidae	<i>Epeorus alpicola</i>	0	0	0	4
	Heptageniidae	<i>Epeorus assimilis</i>	0	0	2	11
	Heptageniidae	<i>Rhithrogena gratianopolitanus</i>	0	0	0	1
	Heptageniidae	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	0	0	1	4
	Leptophlebiidae	<i>Habroleptoides confusa</i>	0	0	2	26
	Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia eldae</i>	0	0	0	7
	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia marginata</i>	0	0	0	4
	Dryopidae	<i>Dryops sp</i>	0	0	0	2
	Dryopidae	<i>Pomatinus sp</i>	0	7	0	7
	Dytiscidae	<i>Agabus guttatus</i>	0	1	0	1
	Dytiscidae	<i>Colymbetinae</i>	0	0	0	2
	Dytiscidae	<i>Hydroporinae</i>	0	3	0	1
	Elmidae	<i>Elmis sp</i>	1	11	55	96
	Elmidae	<i>Esolus sp</i>	0	14	0	26
	Elmidae	<i>Limnius sp</i>	0	4	0	56
	Elmidae	<i>Oulimnius sp</i>	0	0	0	1
	Elmidae	<i>Riolus sp</i>	1	0	0	41
	Gyrinidae	<i>Orectochilus sp</i>	3	0	0	2
	Haliplidae	<i>Haliplus sp</i>	0	1	0	15
	Helophoridae	<i>Helophorus sp</i>	0	0	0	7
	Hydraenidae	<i>Hydraena sp</i>	0	0	0	44
	Hydrophilidae	<i>Hydrophilinae</i>	0	0	0	1
	Scirtidae	<i>Elodes sp</i>	0	0	0	14
	Scirtidae	<i>Hydrocyphon sp</i>	0	0	0	19

Diptères et autres insectes

Ordre	Famille	Taxons	fréquence (%)																																			
			occurrence														somme																					
Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogonidae</i>	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Anthomyiidae	<i>Anthomyiidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Athericidae	<i>Athericidae</i>	0	2	0	0	3	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Ceratopogoninae	<i>Ceratopogoninae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	2	541	189	0	209	165	115	43	68	269	31	28	92	81	39	125	0	680	23	76	647	934	1062	335	8	75	622	166	0	257	1	6883	28	104		
	Culicidae	<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4			
	Dixidae	<i>Dixa sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	15		
	Dixidae	<i>Dixidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	9	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	21	0	0	2	6	0	0	2	0	1	0	51	12	44	
	Empididae	<i>Empididae</i>	0	6	1	0	2	4	2	0	5	6	1	0	3	5	0	2	0	1	0	4	0	20	2	3	0	0	9	0	0	4	0	80	18	67		
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>	0	1	1	0	0	2	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	10	2	2	4	21	11	1	0	0	6	5	0	2	1	74	18	67		
	Psychodidae	<i>Psychodidae</i>	0	0	3	0	7	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	10	2	1	0	0	2	64	0	2	0	98	12	44			
	Ptychopteridae	<i>Ptychopteridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	7	
	Scatophagidae	<i>Scatophagiidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	3	11	
	Sciomyzidae	<i>Sciomyzidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	
	Simuliidae	<i>Simulium angustitarsis (?)</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	4
	Simuliidae	<i>Simulium aureum</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	15	
	Simuliidae	<i>Simulium carthusiense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	4	
	Simuliidae	<i>Simulium costatum</i>	0	0	0	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	2	7	
	Simuliidae	<i>Simulium equinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	
	Simuliidae	<i>Simulium intermedium</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	11	
	Simuliidae	<i>Simulium latinum (?)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Simuliidae	<i>Simulium monticola</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	11
	Simuliidae	<i>Simulium ornatum</i>	0	0	0	0	0	0	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	2	7
	Simuliidae	<i>Simulium pseudequinum</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	4
	Simuliidae	<i>Simulium sp</i>	3	345	30	1	796	162	230	1	32	248	63	85	56	15	403	1326	0	153	4	135	5	80	951	114	1	0	21	61	1	304	0	5626	28	104		
	Simuliidae	<i>Simulium variegatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
	Stratiomyidae	<i>Stratiomyidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	19
	Tabanidae	<i>Tabanidae</i>	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	1	13	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	31	9	33
	Tipulidae	<i>Tipulidae</i>	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	26	
	Blephariceridae	<i>Liponeura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	1	4	
Odonates	Calopterygidae	<i>Calopteryx sp</i>	1	2	0	0	0	1	10	6	0	0	0	0	2	1	2	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	12	44
	Coenagrionidae	<i>Coenagrion sp</i>	0	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2	7
	Coenagrionidae	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4
	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	7	26
	Gomphidae	<i>Oncychogomphus sp</i>	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	7
Hétéroptères	Lestidae	<i>Chalcolestes viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	11
	Libellulidae	<i>Orthetrum sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	4
	Libellulidae	<i>Sympetrum danae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
	Corixidae	<i>Micronecta sp</i>	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2	7
Hyménoptères	Gerridae	<i>Gerris sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	11
	Hydrometridae	<i>Hydrometra sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4
	Nepidae	<i>Nepa cinerea</i>	0	0	0</td																																	

Autres invertébrés (hors insectes)